

**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA

TEMA:

**“ESTUDIO Y DISEÑO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE  
ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICO PARA EL LABORATORIO CLÍNICO  
CHAN UBICADO EN LA CIUDAD DE ZARUMA”.**

AUTOR:

Chan Samaniego, Javier Alexander

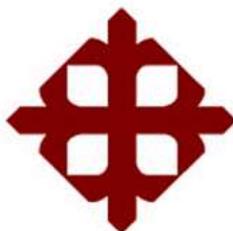
Trabajo de Titulación previo a la obtención del grado de  
**INGENIERO EN ELÉCTRICO MECÁNICO**

TUTOR:

Ing. Montenegro Tejada, Raúl, M.Sc.

Guayaquil, Ecuador

14 de septiembre del 2018



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr. **Chan Samaniego Javier Alexander** como requerimiento para la obtención del título de **INGENIERO EN ELÉCTRICO MECÁNICO**.

TUTOR

---

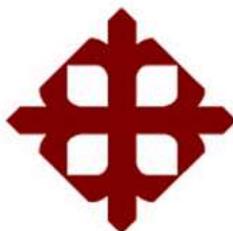
Ing. Montenegro Tejada, Raúl, M.Sc.

DIRECTOR DE CARRERA

---

Ing. Heras Sánchez, Miguel Armando, M. Sc

Guayaquil, 14 de septiembre del 2018



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **Chan Samaniego, Javier Alexander**

**DECLARO QUE:**

El trabajo de titulación **“Estudio y diseño para la implementación de un sistema de energía solar fotovoltaico para el Laboratorio Clínico Chan ubicado en la ciudad de Zaruma”** previo a la obtención del Título de **Ingeniero en Eléctrico Mecánica**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

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

Guayaquil, 14 de septiembre del 2018

EL AUTOR

---

CHAN SAMANIEGO, JAVIER ALEXANDER



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA

**AUTORIZACIÓN**

**Yo, Chan Samaniego, Javier Alexander**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: **“Estudio y diseño para la implementación de un sistema de energía solar fotovoltaico para el Laboratorio Clínico Chan ubicado en la ciudad de Zaruma”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

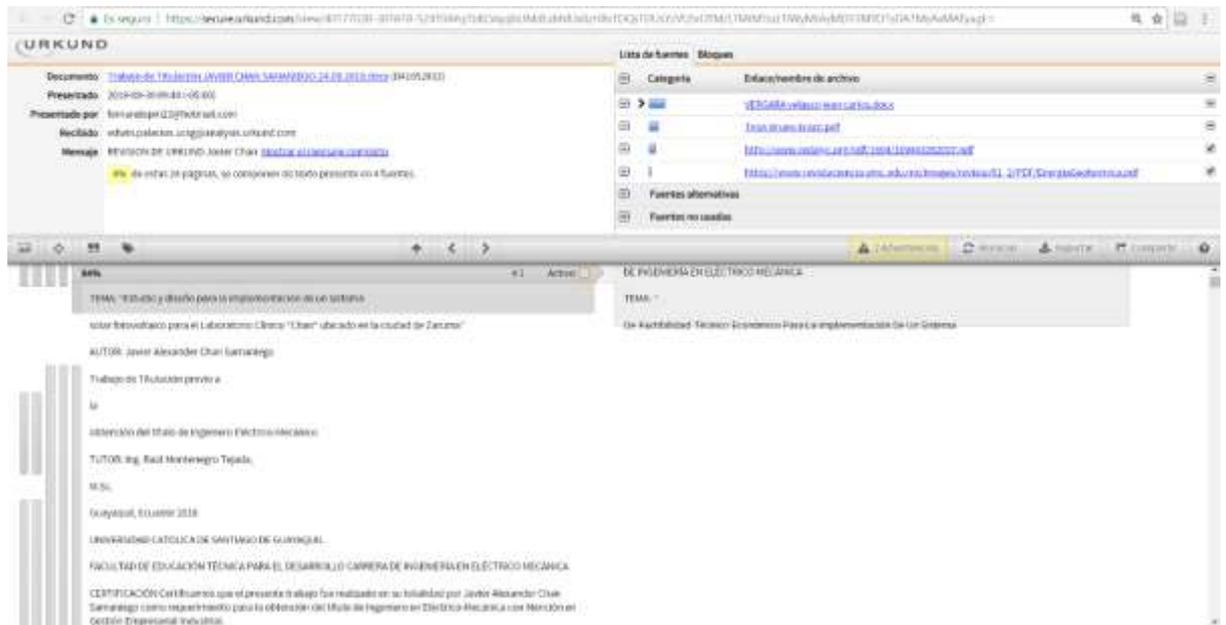
Guayaquil, 14 de septiembre del 2018

EL AUTOR

---

CHAN SAMANIEGO, JAVIER ALEXANDER

## REPORTE DE URKUND



Documento: Trabajo de Titulación UNIVER CHAN SAMANIEGO 24.09.2018.docx (34.025.283)

Presentado por: samanaleja@univer.edu.ec

Recibido: whales.palacios.123@univer.edu.ec

Mensaje: 9% de estas 24 paginas, se componen de texto presente en 4 fuentes.

Lista de fuentes: Bloques

Categoría	Enlace/nombre de archivo
	<a href="#">[PDF] [enlace] [enlace].docx</a>
	<a href="#">[enlace] [enlace].pdf</a>
	<a href="#">[enlace] [enlace] [enlace] [enlace] [enlace].pdf</a>
	<a href="#">[enlace] [enlace] [enlace] [enlace] [enlace] [enlace] [enlace].pdf</a>

DE INGENIERIA EN ELECTRO MECANICA

TEMA: "Estudio y diseño para la implementación de un sistema solar fotovoltaico para el Laboratorio Clínico "Chan" ubicado en la ciudad de Zaruma"

AUTOR: Javier Alexander Chan Samaniego

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Eléctrico Mecánico

TUTOR: Ing. Raúl Montenegro Tejada, M.Sc.

Guayaquil, Ecuador 2018

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTAGO DE GUAYAS

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA DE INGENIERIA EN ELECTRO MECANICA

CERTIFICACIÓN: Con el presente se certifica que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por Javier Alexander Chan Samaniego como requisito previo para la obtención del Título de Ingeniero en Eléctrico Mecánica con Mención en Gestión Empresarial Industrial.

El presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por Chan Samaniego Javier Alexander, se adjunta documento de reporte de URKUND de la revisión final. El porcentaje de coincidencia es del 4% como requerimiento para la obtención de título de INGENIERO ELÉCTRICO MECÁNICO

Atentamente.

---

Ing. Raúl Montenegro Tejada, M.Sc.

DOCENTE – TUTOR

## **AGRADECIMIENTO**

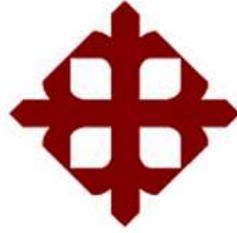
Primeramente, agradezco a Dios por mantenerme con salud y brindarme la fuerza necesaria para seguir adelante con mis metas.

A mi madre y a toda mi familia en general por apoyarme en cada objetivo que me proponga brindándome toda su confianza para poder llegar a mi meta.

A todos mis amigos que de una u otra manera me brindaron su apoyo incondicional demostrando ser grandes personas.

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de titulación va dedicado especialmente a mi madre Dra. Rosa Samaniego Iñiguez por haberme brindado su apoyo incondicional, por todos sus buenos consejos para seguir el camino del bien, por ayudarme a crecer siendo una mejor persona.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

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

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

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

**ING. ROMERO PAZ, MANUEL DE JESÚS, M. Sc.**  
DECANO

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

**ING. RAÚL MONTENEGRO TEJADA, M. Sc.**  
DIR COORDINADOR DEL ÁREA O DOCENTE DE LA CARRERA

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

**ING. VALLEJO SAMANIEGO, LUIS VICENTE, M. Sc.**  
OPONENTE

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS .....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT .....	xvi
ABREVIATURAS .....	xvii
CAPÍTULO 1 .....	2
INTRODUCCIÓN.....	2
1.1. Justificación .....	2
1.2. Planteamiento del problema.....	2
1.3. Antecedentes.....	2
1.4. Objetivos.....	3
1.5.1. Objetivo general .....	3
1.5.2. Objetivos específicos .....	3
1.5. Hipótesis.....	3
1.6. Tipo de investigación.....	3
CAPÍTULO 2 .....	4
TIPOS DE ENERGÍA.....	4
2.1. Energía renovable .....	4
2.1.1 Energía mareomotriz.....	4
2.1.2 Energía geotérmica .....	7
2.1.3 Energía hidráulica .....	11
2.1.4 Energía eólica .....	12
2.1.5 Energía biomasa.....	14
2.1.6 Energía solar.....	16
2.2. Energía no renovable.....	17
2.2.1. Combustibles fósiles .....	18
2.2.2. Gas natural.....	19
2.2.3. Energía nuclear .....	20

<b>CAPÍTULO 3 .....</b>	<b>22</b>
<b>ENERGÍA SOLAR .....</b>	<b>22</b>
3.1. Tecnología y uso de la tecnología solar .....	22
3.2. Radiación solar .....	23
3.2.1 Programa Meteonorm.....	24
3.2.2 Mapa de radiación solar .....	24
3.3. Energía solar fotovoltaica.....	25
3.4. Paneles solares fotovoltaicos .....	26
3.5. Partes de los paneles solares .....	29
3.5.1 Cubierta exterior .....	29
3.5.2 Encapsulante.....	29
3.5.3 Protección posterior .....	30
3.5.4 Marco metálico .....	30
3.5.5 Cableado y bornes de conexión.....	30
3.5.6 Diodos de protección.....	30
3.6 Evolución de la energía solar fotovoltaica en el Ecuador .....	30
3.7 Inversores híbridos .....	31
3.7.1 Inversor híbrido On Grid.....	31
3.7.2 Inversor híbrido Off Grid.....	32
<b>CAPÍTULO 4 .....</b>	<b>34</b>
<b>ESTUDIO Y DISEÑO DEL SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO .....</b>	<b>34</b>
4.1. Introducción .....	34
4.2. Datos de Zaruma .....	35
4.2.1 Ubicación del laboratorio .....	35
4.2.2 Radiación solar en Zaruma.....	36
4.3 Estudio de la carga del Laboratorio Clínico Chan .....	37
4.3.1 Rendimiento de la instalación .....	41
4.3.2 Energía real actual a suministrar .....	42
4.4 Horas sol pico (HSP).....	43
4.4.1 Potencia real que debe generar el sistema solar fotovoltaico .....	44
4.5 Características del panel solar.....	44
4.5.1 Número de paneles solares .....	45
4.6 Selección de inversor .....	45

<b>4.7</b>	<b>Conexión de los paneles solares fotovoltaicos .....</b>	<b>47</b>
<b>4.7.1</b>	<b>Conexión de paneles solares en serie .....</b>	<b>47</b>
<b>4.7.2</b>	<b>Conexión de paneles solares en paralelo .....</b>	<b>47</b>
<b>4.8</b>	<b>Cálculo del banco de baterías .....</b>	<b>48</b>
<b>4.9</b>	<b>Inclinación de los paneles .....</b>	<b>48</b>
<b>4.9.1</b>	<b>Distancia mínima para la ubicación de las filas de los paneles solares.</b>	<b>49</b>
<b>4.9.2</b>	<b>Ubicación de los paneles .....</b>	<b>50</b>
<b>4.10</b>	<b>Conductores de acometida al panel de breakers.....</b>	<b>51</b>
<b>4.11</b>	<b>Rentabilidad del sistema solar fotovoltaico .....</b>	<b>52</b>
	<b>CAPÍTULO 5 .....</b>	<b>53</b>
	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>53</b>
<b>5.1</b>	<b>Conclusiones.....</b>	<b>53</b>
<b>5.2</b>	<b>Recomendaciones.....</b>	<b>54</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>55</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>70</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

### Capítulo 2:

<b>Tabla 2. 1: Proyectos de generación de energía de Ecuador.....</b>	<b>12</b>
---	-----------

### Capítulo 4:

<b>Tabla 4. 1 Consumo mensual de energía. ....</b>	<b>34</b>
<b>Tabla 4. 2 Valores promedios de radiación en Zaruma. ....</b>	<b>36</b>
<b>Tabla 4. 3 Valores nominales de los equipos del Laboratorio Clínico "Chan" .</b>	<b>37</b>
<b>Tabla 4. 5 Datos nominales del panel solar.....</b>	<b>44</b>
<b>Tabla 4. 6: Datos nominales del inversor.....</b>	<b>46</b>
<b>Tabla 4. 7: Rentabilidad del sistema solar fotovoltaico.....</b>	<b>52</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

### Capítulo 2

<b>Figura 2. 1 Generación eléctrica para energías renovables. ....</b>	<b>4</b>
<b>Figura 2. 2 Central mareomotriz de efecto simple.....</b>	<b>6</b>
<b>Figura 2. 3 Funcionamiento de un sistema mareomotriz de doble efecto.....</b>	<b>7</b>
<b>Figura 2. 4 Sistema de rocas para la producción de energía geotérmica.....</b>	<b>8</b>
<b>Figura 2. 5 Formación de manantiales calientes para energía geotérmica.....</b>	<b>9</b>
<b>Figura 2. 6 Formación de campos de vapor para energía geotérmica.....</b>	<b>9</b>
<b>Figura 2. 7 Funcionamiento de una planta geotermoeléctrica. ....</b>	<b>10</b>
<b>Figura 2. 8 Planta de energía eólica .....</b>	<b>13</b>
<b>Figura 2. 9 Aerogeneradores del Parque Eólico Villonaco en la provincia de Loja. .....</b>	<b>14</b>
<b>Figura 2. 10 Esquema principal de las partes de un central de biomasa.....</b>	<b>15</b>
<b>Figura 2. 11 Proceso de transformación de biomasa desde producto crudo hasta producto final. ....</b>	<b>16</b>
<b>Figura 2. 12: Paneles solares de planta fotovoltaica. ....</b>	<b>17</b>
<b>Figura 2. 13: Fuentes de consumo energético en Ecuador en el año 2014.....</b>	<b>18</b>
<b>Figura 2. 14 Pozo petrolero. ....</b>	<b>19</b>
<b>Figura 2. 15 Proceso de producción de gas licuado de petróleo en Monteverde - El chorrillo.....</b>	<b>20</b>
<b>Figura 2. 16 Exteriores de los reactores nucleares.....</b>	<b>21</b>

### Capítulo 3

<b>Figura 3. 1 Tecnologías que aprovechan la luz solar.....</b>	<b>22</b>
<b>Figura 3. 2 Tecnologías que aprovechan la luz solar.....</b>	<b>23</b>
<b>Figura 3. 3 Radiación global de Sudamérica .....</b>	<b>25</b>
<b>Figura 3. 4 Paneles solares. ....</b>	<b>26</b>
<b>Figura 3. 5 Paneles solares fotovoltaicos.....</b>	<b>28</b>
<b>Figura 3. 6 Partes de los paneles solares .....</b>	<b>29</b>
<b>Figura 3. 7 Esquema básico de conexión de un inversor híbrido .....</b>	<b>31</b>
<b>Figura 3. 8 Funcionamiento del inversor ON GRID.....</b>	<b>32</b>
<b>Figura 3. 9 Funcionamiento de inversor OFF GRID.....</b>	<b>33</b>

**Capítulo 4:**

<b>Figura 4. 1</b>	<b>Temperara máxima y mínima de la ciudad de Zaruma .....</b>	<b>35</b>
<b>Figura 4. 2</b>	<b>Ubicación del Laboratorio Clínico "Chan" .....</b>	<b>36</b>
<b>Figura 4. 3</b>	<b>Distancia mínima entre filas de paneles solares. ....</b>	<b>49</b>
<b>Figura 4. 4</b>	<b>Distancia mínima entre paneles e inclinación.....</b>	<b>50</b>
<b>Figura 4. 51</b>	<b>Ubicación de las filas de los paneles solares .....</b>	<b>51</b>

## **RESUMEN**

En el presente trabajo, se realizó el estudio y diseño para la implementación de un sistema de energía solar fotovoltaico, con la finalidad de garantizar el correcto funcionamiento de los equipos del laboratorio sin que afecte los cortes de energía eléctrica convencional. Para este estudio se tomó en cuenta los datos nominales de todos los equipos electrónicos del Laboratorio Clínico "Chan", obteniendo la demanda respectiva para realizar el cálculo del sistema solar fotovoltaico, que consta de paneles solares, inversor, controlador, baterías y cables. Para la realización del cálculo de las corrientes del circuito, se utilizó el método de investigación descriptiva, debido a que se necesitó calcular la potencia y corriente que circula por el sistema solar fotovoltaico, para luego realizar el cálculo del calibre de conductor a utilizar. A continuación, se realizó el dimensionamiento de los paneles solares y su respectivo ángulo de inclinación para captar el máximo grado de luminosidad.

**PALABRAS CLAVES:** ENERGÍA RENOVABLE, ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA, PANEL SOLAR, RADIACIÓN SOLAR.

## **ABSTRACT**

The following work is about the study and design for the implementation of a photovoltaic solar energy system, in order to guarantee the correct operation of the work equipments in the "Chan" laboratory clinical located in Zaruma city without letting power cuts affect their performance. In this study, the electronic equipments nominal data were taken in consideration to obtain the actual energy demand, this was done to achieve the photovoltaic solar energy system design. The components of this system are, solar panels, inverter, control system, bateries and electric cables. To obtain the circuit currents, the descriptive research method was used, this was done because the power and current of the photovoltaic solar system were needed, then with these values the conductor gauge was obtained. Finally, the solar panels dimensions and also their respective inclination angle were calculated in order to achieve the maximun luminosity degree.

## ABREVIATURAS

CNEL: Corporación Nacional de Electricidad

INER: Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables

W: vatio

Wh/día: vatio hora al día

KWh: Kilovatio hora

KW: Kilo vatio

MG: Megavatios

TWh: Teravatio hora

KWp: Kilo vatio pico

MGp: Megavatio pico

m<sup>2</sup>: metro cuadrado

Msnm: metros el sobre nivel del mar

HSP: Horas sol pico

# CAPÍTULO 1

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. Justificación

En el presente trabajo se realizará el diseño de un sistema híbrido de generación de energía fotovoltaica, con la finalidad de garantizar un suministro constante de energía eléctrica para abastecer toda la carga del Laboratorio Clínico "Chan".

En la ciudad de Zaruma se producen constantes interrupciones de la energía eléctrica suministrada por CNEL, el sistema fotovoltaico que se propone sería la mejor solución y la más amigable con el medio ambiente, este sistema permitiría una reducción de consumo de energía de la red convencional eléctrica debido a que el panel fotovoltaico reemplazaría la misma

### 1.2. Planteamiento del problema

Las interrupciones inesperadas de energía eléctrica en la ciudad de Zaruma afectan de forma evidente al Laboratorio Clínico "Chan", éste cuenta con un conjunto de equipos electrónicos tecnológicos los cuales deben estar conectados a la red de energía eléctrica durante todo el día debido a los largos períodos en que se analizan las muestras clínicas, se requiere una completa continuidad del suministro de energía para garantizar la eficiencia de los equipos de laboratorio, ya que si existen cortes de energía inesperados los equipos sufren una desconfiguración por lo que obliga a reiniciar los procesos de análisis de pruebas causando pérdidas de reactivos, una baja eficiencia de servicio y grandes pérdidas económicas.

### 1.3. Antecedentes

Según estadísticas de las interrupciones de energía mensuales que ocurren en la ciudad de Zaruma se tiene que al menos 2 veces por mes hay un corte de energía con una duración aproximada de 4 horas, además en los sectores rurales de la ciudad ocurren en mayor frecuencia las caídas de tensión, como consecuencia de lo antes mencionado sucede que los equipos electrónicos se acorta su vida útil y que otros tiendan a dañarse.

## **1.4. Objetivos.**

### **1.5.1. Objetivo general**

Estudio de la viabilidad para la implementación de un sistema solar fotovoltaico mediante inversor híbrido para abastecer la carga total del Laboratorio Clínico "Chan".

### **1.5.2. Objetivos específicos**

- Conocer y analizar la demanda eléctrica en el Laboratorio Clínico "Chan".
- Conocer la rentabilidad y reducción de costes por consumo de planilla eléctrica que se obtendría al implementar un sistema solar fotovoltaico.
- Realizar el diseño de un generador solar fotovoltaico.
- Garantizar un 100% de eficiencia en el funcionamiento de los equipos electrónicos del laboratorio mediante el sistema solar fotovoltaico, cuando ocurran cortes de energía en la ciudad.

## **1.5. Hipótesis**

La instalación de un sistema solar fotovoltaico en el Laboratorio Clínico "Chan", tendrá como consecuencia el mejor funcionamiento de equipos y por tanto los resultados de los análisis clínicos del Laboratorio serán más exactos, además los equipos tendrán un tiempo de vida útil más amplio

## **1.6. Tipo de investigación**

Para el desarrollo del actual trabajo de titulación se utilizarán dos tipos los cuales son: investigativo y descriptivo.

Es investigativo porque considera la obtención de información de distintas fuentes confiables con el objetivo principal de obtener los conocimientos necesarios de los tipos de energía y principalmente sobre los paneles solares fotovoltaicos.

Mediante el tipo de investigación descriptivo se desea conocer cuál es la capacidad requerida por cada panel solar para abastecer la carga del Laboratorio Clínico "Chan" y describir detalladamente como realizar el proceso del diseño para la implementación del sistema solar fotovoltaico

## PARTE I MARCO TEÓRICO

### CAPÍTULO 2

#### TIPOS DE ENERGÍA

##### 2.1. Energía renovable

La energía renovable es aquella cuya fuente es inagotable, y que está presente en nuestro planeta de forma natural, sin ningún tipo de intervención del hombre. Este tipo de energía se presenta ante nosotros de forma continua. A continuación, se muestra algunos tipos de energía renovable utilizados en los sistemas energéticos, y otros en vías de desarrollo (INER. Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables., 2016).

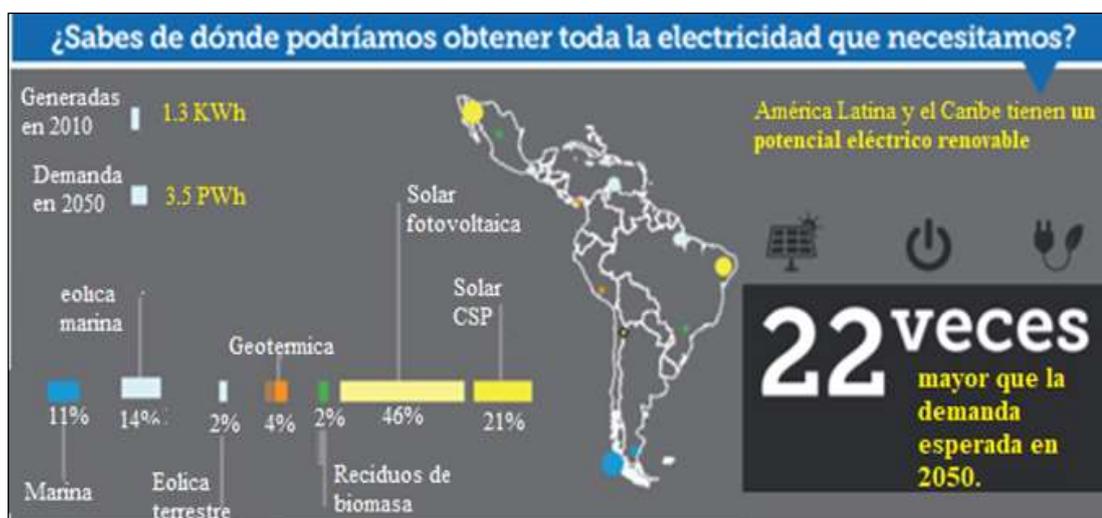


Figura 2. 1 Generación eléctrica para energías renovables

Fuente: (INER. Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables., 2016).

##### 2.1.1 Energía mareomotriz

La energía mareomotriz ofrece un desarrollo tecnológico que no ha sido explotado en su totalidad. El potencial que poseen los mares, océanos y ríos no habían sido considerados como una posibilidad energética hasta hace pocos años. Dada la circunstancia de un posible aprovechamiento de este tipo de factor, las alternativas tecnológicas para aprovechar este recurso natural han obtenido como resultado una mayor inversión en este sector. Actualmente existen varios tipos de energía mareomotriz:

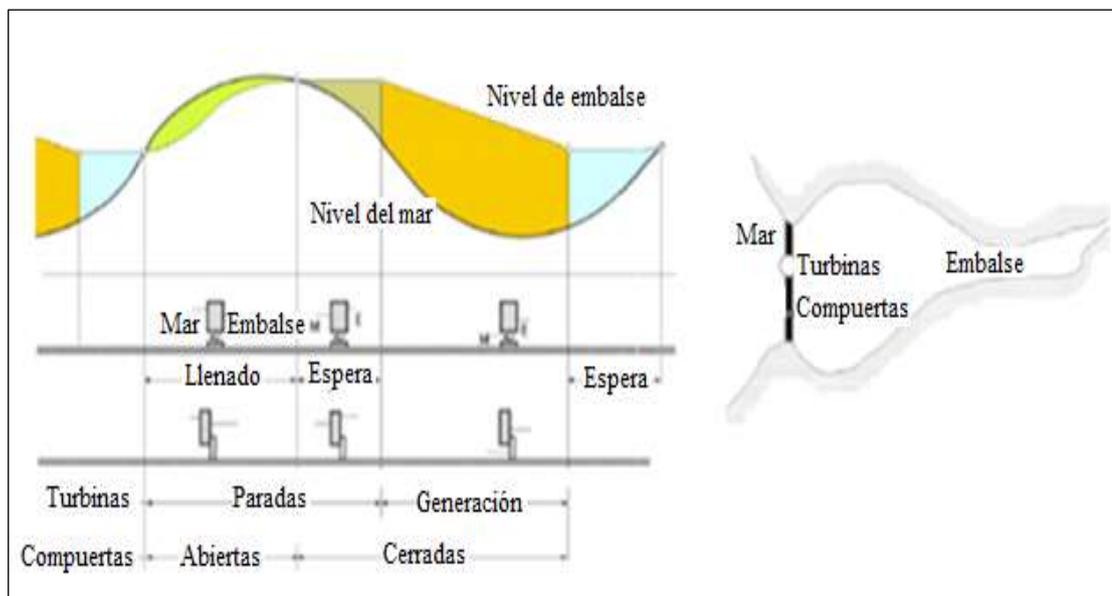
- Energía de las corrientes: se hace uso de la energía cinética que poseen las corrientes marinas mediante la instalación submarina de estructuras similares a un aerogenerador.
- Energía mareotérmica: emplea la variación entre la temperatura de la superficie y la temperatura de aguas profundas, requiriéndose un gradiente térmico de al menos 20°C.
- Energía undimotriz o energía a partir del movimiento de las olas: utiliza la fuerza con la que se desplaza determinada masa de agua a causa del rozamiento con las corrientes de aire (oleaje); la potencia osmótica o también llamada energía azul, obtenida mediante ósmosis por la diferencia de concentraciones de sal entre el agua de mar y agua de ríos.
- Energía mareomotriz: que aprovecha el ascenso y descenso del agua del mar producidos por las fuerzas gravitatorias del sol y la luna (Quintero González & Quintero González, 2015).

Esta última posibilidad, requiere de un equipo especial que ha sido desarrollado a partir de turbinas, para que este sea un factor importante en la producción de energía mareomotriz. El principio físico utilizado en una planta mareomotriz es muy similar al utilizado en una hidroeléctrica. Primero la energía potencial es convertida en energía cinética para que, de este modo la energía cinética es la que va a provocar el movimiento en las turbinas, produciendo finalmente energía eléctrica. En la actualidad existen dos tipos de central mareomotrices. La primera es el sistema de producción mareomotriz de simple efecto en la que se utiliza un solo tanque que se encuentra ubicado en la zona donde se produzca mayor concentración de agua. Existen tres fases en el funcionamiento de este tipo de central.

La primera fase consta del llenado del tanque en la que las turbinas se encuentran sin funcionamiento y la compuerta de entrada de agua se encuentra abierta. Cuando

este tanque se llena por causa de una subida de marea, este pasa a través de las compuertas dándole seguimiento a la segunda fase de producción.

La segunda fase para producción de energía mareomotriz consiste en esperar a que la marea baje para que la diferencia que exista entre los niveles de agua que se encuentre en el tanque y el nivel del mar. A este punto las turbinas aún se encuentran paradas, con la diferencia que las compuertas en esta fase permanecen abiertas. La fase final, la cual es la fase de producción, a consecuencia de la caída de agua provocada por la diferencia de altura que existe entre el estanque y el mar, las turbinas comienzan a funcionar, en la figura 2.2 se muestra el funcionamiento de una central mareomotriz de efecto simple.



**Figura 2. 2 Central mareomotriz de efecto simple**  
**Fuente: (Universidad Nacional Autónoma de México, 2011).**

El otro tipo de central mareomotriz existente es similar al presentado anteriormente, con la única diferencia que las turbinas no esperarán el llenado solamente. Este tipo de sistema se lo conoce como sistema de efecto doble, ya que la generación de energía se produce tanto en la subida como en la bajada de la marea, queriendo decir que se mantiene la parte del llenado del tanque se produce en la subida de la marea, y después se procede con el proceso de vaciado del tanque, que surge al iniciar la bajada de la marea. Este proceso mantiene la idea de aprovechar la diferencia de altura que hay entre el tanque y el mar.

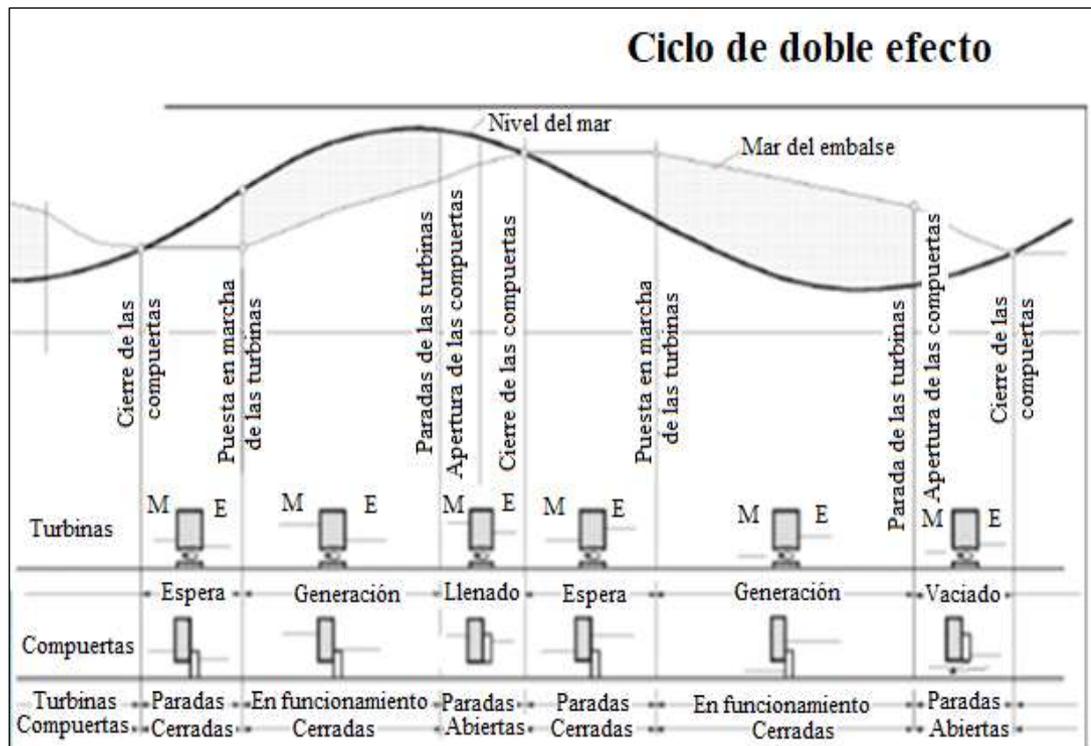


Figura 2. 3 Funcionamiento de un sistema mareomotriz de doble efecto  
Fuente: (Universidad Nacional Autónoma de México, 2011).

### 2.1.2 Energía geotérmica

La energía geotérmica es producida por la Tierra, la cual es renovable e inagotable. Sin embargo, para poder aprovechar al máximo este tipo de energía es necesario implementar sistemas con la capacidad no solamente de generar electricidad, sino también de localizar áreas donde se encuentran sistemas de rocas, como se puede ver en la figura 1.5. Debido a las propiedades de estos sistemas, las emisiones de donde se obtiene la energía provienen prácticamente del vapor de agua, y la generación y captación de esta energía no presenta ningún tipo de riesgo (Santoyo & Barragán - Reyes, 2016).

El calor que proviene desde el interior de la tierra es producto de un colapso gravitatorio que se forma a partir de la desintegración de forma radioactiva de elementos como uranio, torio y potasio en la esfera terrestre. La cantidad de calor que contiene la Tierra es tan inmensa que excede a los 12,6 billones de exajoules la cual es medida en energía y de este mismo modo la corteza terrestre también posee una cantidad de 400 millones de exajoules (Santoyo & Barragán - Reyes, 2016).



*Figura 2. 4 Sistema de rocas para la producción de energía geotérmica  
Fuente: (Santoyo & Barragán - Reyes, 2016).*

Como todo sistema de producción de energía, estos pueden existir y presentarse de diferentes formas. A continuación, mencionaremos los más importantes.

Sistema hidrotermal convectivo: es el sistema que está formado por la fuente de energía la cual se la reconoce como una roca permeable donde se almacena agua y otros fluidos, y esta además tiene una capa que la rodea, la cual lleva por nombre roca sello. La explicación para la presencia de fluidos en la roca se debe a que estos se pueden filtrar por medio de la corteza de la tierra y este a su vez viaja por las aberturas presentes de forma natural en la superficie, como se puede ver en las figuras 2.5 y 2.6.

Debido a este fenómeno, en la superficie terrestre podemos contar con diferentes tipos de manantiales calientes, lagunas de lodo hirvientes o suelos calientes. Todos estos yacimientos poseen vapor o líquido caliente, por lo general, a altas temperaturas.

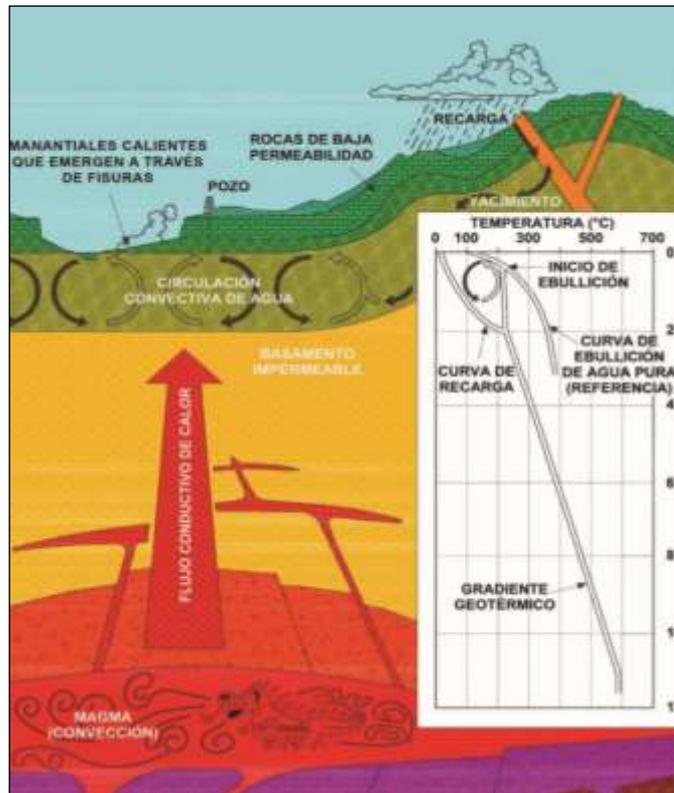


Figura 2. 5 Formación de manantiales calientes para energía geotérmica  
 Fuente: (Santoyo & Barragán - Reyes, 2016).

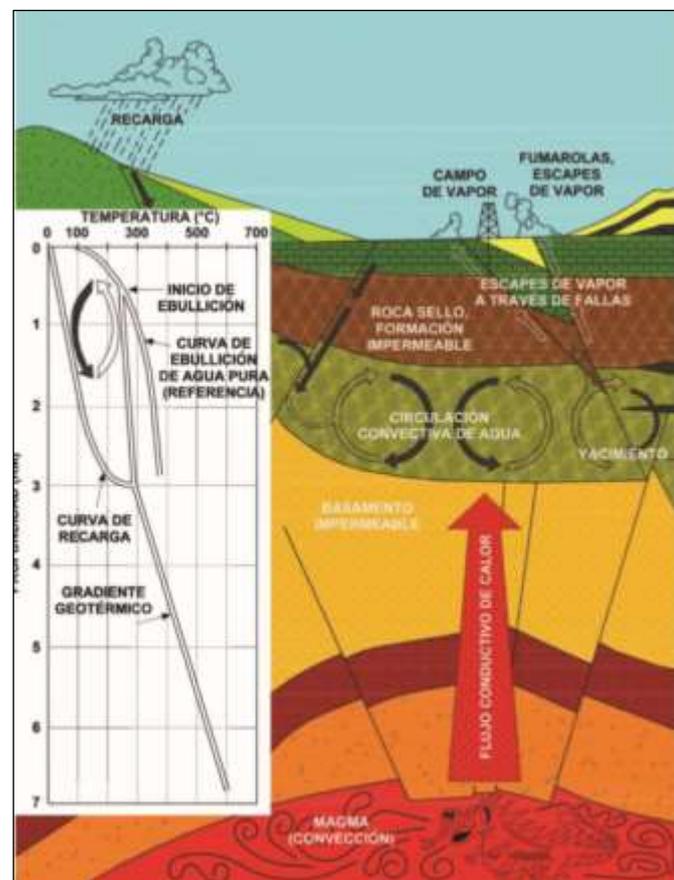
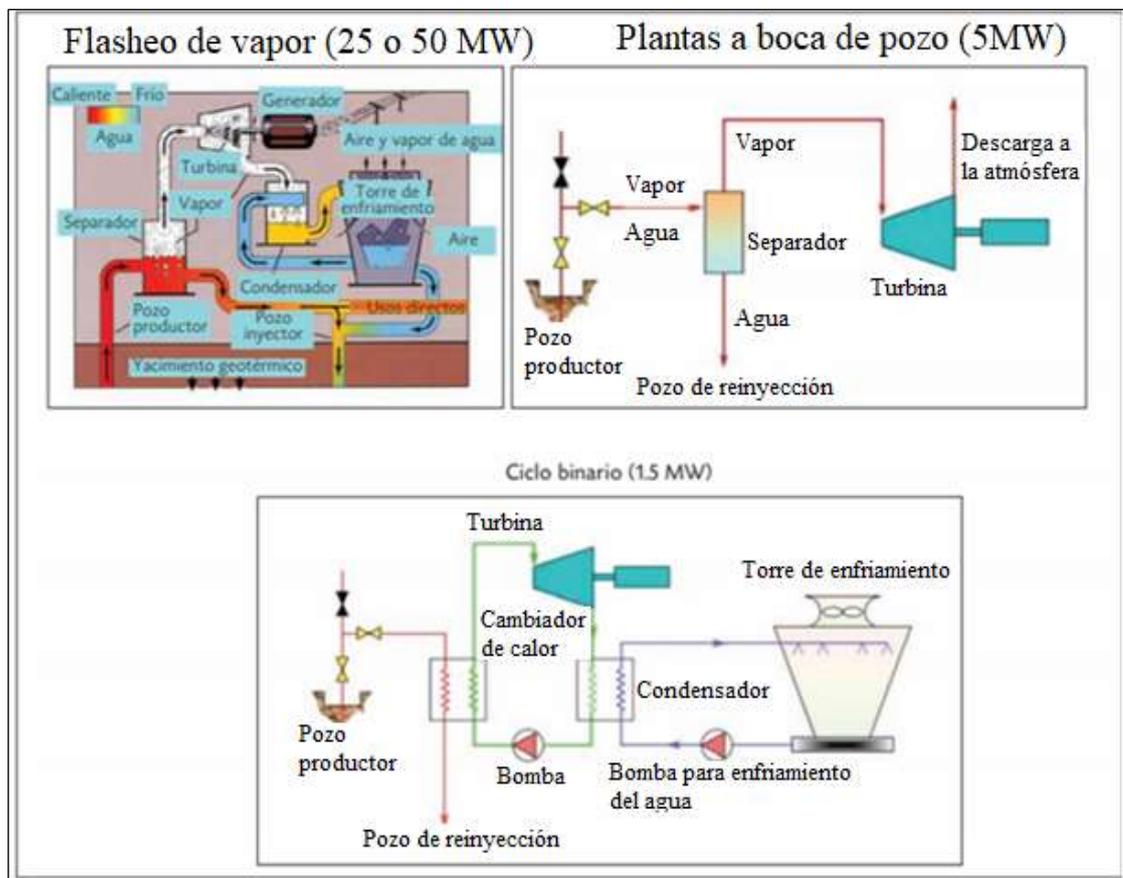


Figura 2. 6 Formación de campos de vapor para energía geotérmica  
 Fuente: (Santoyo & Barragán - Reyes, 2016).

Para la producción de energía a partir de esta fuente, se considera ideal el punto de extracción de líquido y vapor a altas temperaturas, comúnmente son temperaturas superiores a los 200 grados centígrados, luego estos fluidos bifásicos son transportados a la superficie y después a las turbinas de generación de energía, como se puede ver en la figura 2.7, y de este modo la separación de agua y vapor es aprovechada al máximo. Por lo general, se procede con el máximo aprovechamiento de este proceso para evitar daños al medio ambiente.



**Figura 2. 7 Funcionamiento de una planta geotermoeléctrica**  
**Fuente: (Santoyo & Barragán - Reyes, 2016).**

- Sistema geotérmico de roca seca caliente: también llamado sistema geotérmico mejorado, tiene como propósito el aprovechamiento de las rocas secas a muy altas temperaturas, las cuales ascienden los 650 grados centígrados, y se encuentran en un rango de 2 a 4 kilómetros de profundidad, como su propio nombre lo dice, roca seca, este no contiene fluidos. Por lo tanto, se debe agregar fluidos para la generación de energía eléctrica.

- Sistema geotérmico geopresurizado: este tipo de fuentes tiene agua y metano ya mezclado y una presión de aproximadamente 700 bar y una temperatura que oscila entre los 90 y 200 grados centígrados.
- Sistemas geotérmicos magmáticos: Se caracterizan por utilizar rocas que han sido fundidas a temperaturas de 800 grados centígrados, están asociados a varios sistemas volcánicos activos

### **2.1.3 Energía hidráulica**

La energía hidroeléctrica es aquella cuya fuente proviene del agua. La producción de este tipo de energía obedece a la caída de agua desde algún nivel propicio para la generación. Las centrales hidroeléctricas utilizan dentro de su composición física agua estancada por medio de una presa, que puede ser ubicada convenientemente en sectores de acumulación de agua. Las construcciones de este tipo de sistemas se basan en la implementación de turbinas y generadores vinculados directamente con el movimiento de los alabes que se mueven por la caída del agua. Como ventaja principal de este tipo de sistema, podemos decir que el agua utilizada durante todo el proceso no tiene ningún tipo de problemas con respecto a su calidad y no produce desechos de ningún tipo que pueda dañar el ecosistema (Instituto Tecnológico de Canarias, S.A., 2008).

En Ecuador, como parte principal de los proyectos de planificación de energía, se planteó que además de la producción de energía eléctrica, también se tiene que llevar a cabo proyectos relacionados con este plan. Durante el año 2012, se establece que el trabajo con empresas en el sector eléctrico debe cumplir los siguientes aspectos (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, 2012).

- Incrementar la oferta de generación y transmisión eléctrica.
- Incrementar el uso eficiente de la demanda de energía eléctrica.
- Incrementar la eficiencia de las empresas de distribución.
- Incrementar la calidad del servicio de energía eléctrica.
- Incrementar la seguridad integral en el uso de las radiaciones ionizantes y la aplicación de la energía atómica y nuclear.
- Incrementar la cobertura del servicio eléctrico en el país.

- Incrementar la eficiencia operacional.
- Incrementar el desarrollo del talento humano

Los proyectos hidráulicos que se han ejecutado se observan en la siguiente tabla 2.1

**Tabla 2.1 Proyectos de generación de energía de Ecuador**

Nombre	Tipo	Ubicación	Empresa ejecutora	Inicio de operación	Avances %	Potencia (MW)	Energía (GWh/Año)
Cocacodo Sinclair	H	Sucumbios y Napo	COCA SINCLAIR EP	Ene-16	27.39%	8.743	2245,0
Toachi-Pitalón	H	Limite Pichincha, Santo Domingo y Cotopaxi	CELEC EP	Abr-15	22.03%	1.120	528,0
Sopladora	H	Límite de Azuay y Morona Santiago	CELEC EP	Dic-14	22.53%	2.800	656,5
Quijos	H	Napo	CELEC EP	Dic-15	11.91%	355	118,3
Manduriacu	H	Límite Imbabura y Pichincha	CELEC EP	Oct-14	15.27%	341	132,9
Minas San Francisco	H	Limite Azuay y El Oro	CELEC EP	Dic-15	7.00%	1.290	508,8
Mazar- Dudas	H	Cañar	CELEC EP	Feb-14	7.63%	125	51,2
Delsitanisagua	H	Zamora Chinchipe	CELEC EP	Dic-15	7.61%	904	215,8
<b>TOTAL</b>						15.678	4.456,2

*Fuente: (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, 2012)*

#### 2.1.4 Energía eólica

Se conoce como energía eólica aquel tipo de energía producto de la energía cinética que se produce a partir del viento. La diferencia de velocidades que produce el viento se las aprovecha de tal forma que con una máquina eólica y una aeroturbina se puede crear energía eléctrica. Este tipo de energía es una de las industrias que más se ha desarrollado en el mundo, por su competitividad económica y por el tipo de tecnología que se utiliza para la creación de energía eléctrica (Rosero & Chiliquinga, 2011).

*“El mercado de la energía eólica se está desarrollando con tasas anuales de crecimiento entorno al 30%, habiendo pasado de los 2.500 MW en el año 1992, a 94.000 MW a 1 de enero de 2008, con lo que se proporciona energía suficiente para satisfacer las necesidades de unos 50 millones de hogares, más de 120 millones de personas” (Moratilla Soria, 2016).*

En Ecuador, la energía eólica se está llevando a cabo dentro de un contexto investigativo el cual se está desarrollando por medio de la INER con varios proyectos que aprovechan los fenómenos meteorológicos y eléctricos que puedan mejorar la producción de energía eléctrica, como se lo está haciendo mediante el proyecto eólico Villonaco, localizado en la provincia de Loja (INER, 2017).



**Figura 2. 8** *Planta de energía eólica*  
**Fuente:** (INER, 2017).

Como proyecto energético, el Parque Eólico Villonaco, se instala en la provincia de Loja, en una altura promedio de 2720 metros sobre el nivel del mar. Dentro de este parque eólico se instaló 11 aerogeneradores de 62 metros de altura y con palas generadoras de 35 metros. Este proyecto ha contribuido de manera satisfactoria con el 25% de la demanda eléctrica únicamente de la provincia de Loja (INER, 2017).

Inversión total:	US\$ 48'356.117,05	
Potencia instalada:	16,5 MW	
No. Unidades:	11	
Tipo de aerogenerador:	GW70/1500 Direct Drive	
Población beneficiaria directa	76.687 habitantes	
Población beneficiaria indirecta	15'104.322 habitantes	

*Figura 2. 9 Aerogeneradores del Parque Eólico Villonaco en la provincia de Loja  
Fuente: (CELEC EP - GENSUR, 2014).*

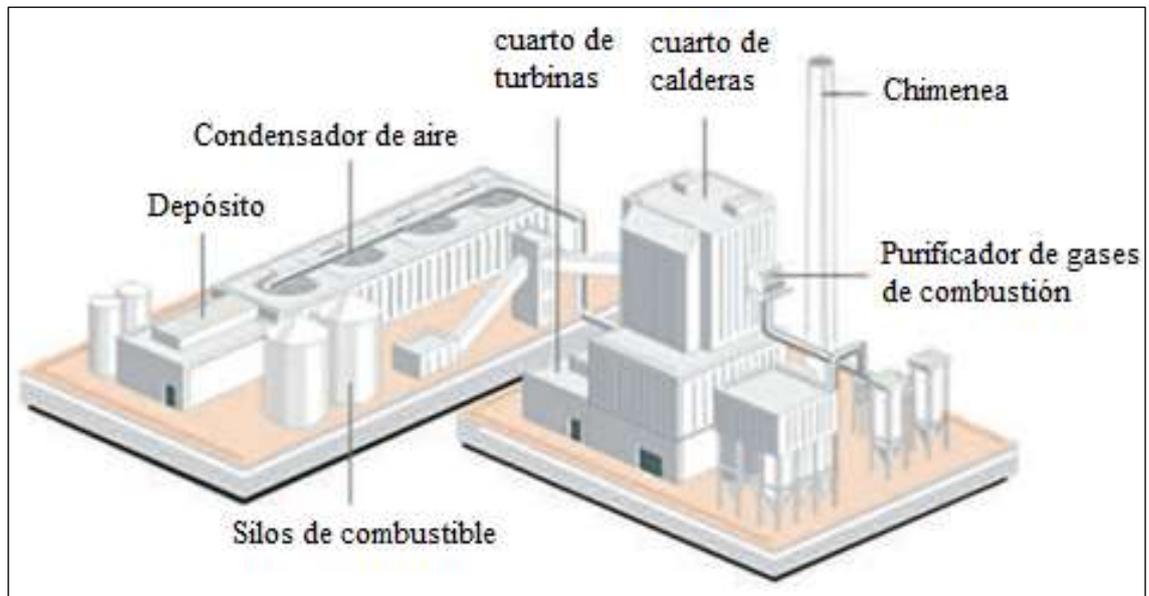
### 2.1.5 Energía biomasa

La biomasa es aquel tipo de energía renovable que proviene de una fuente orgánica animal o vegetal, mediante un proceso biológico, natural o artificial se produce energía eléctrica y cuyos residuos pueden ser aprovechados en actividades referentes a la ganadería, forestal o agrícola.

A diferencia de productos como el carbón, gas o petróleo, estos no se consideran biomasa por el proceso fotosintético que si se encuentran en los productos orgánicos.

En la actualidad, existen varios tipos de biomasa que contribuyen de manera positiva al proceso energético que se desea llevar en diferentes tipos de proyectos.

En la siguiente figura 2.10 se puede apreciar las partes fundamentales de una central de biomasa.

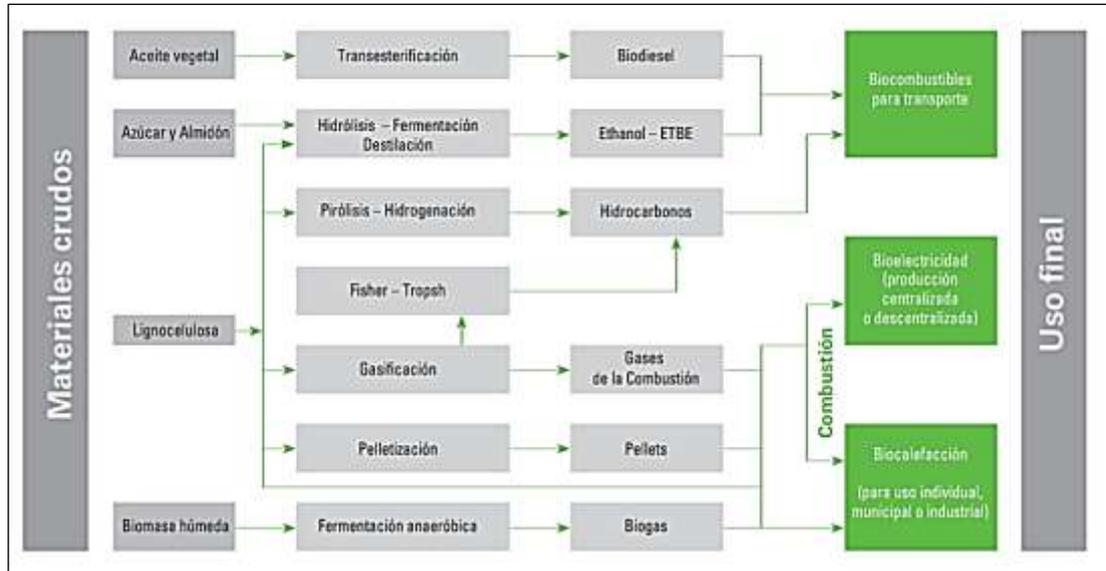


*Figura 2. 10 Esquema principal de las partes de un central de biomasa  
Fuente: (EPEC - Empresa Provincial de Energía de Córdoba, 2012).*

Entre los tipos de biomasa que podemos mencionar, encontramos los siguientes:

- Biomasa natural: es la que se genera en ecosistemas naturales, su explotación en grandes cantidades y de formas intensivas de este recurso no es amigable con la protección del medio ambiente.
- Biomasa residual seca: es aquella que se genera por las actividades humanas que utilizan materia orgánica, su eliminación en la mayor parte de sus casos genera problemas.
- Cultivos energéticos: estos son cultivos específicos que son dedicados exclusivamente para la generación de energía, a diferencia de los agrícolas tradicionales, estos tienen una característica principal que su gran productividad de biomasa y su elevada rusticidad es expresada en características tales como resistencia a la sequía, a las enfermedades, precocidad de crecimiento, capacidad de rebote y adaptación a terrenos marginales.

En la siguiente figura 2.11 se muestra el proceso de transformación de la biomasa desde que el producto se encuentra en un estado crudo hasta que el producto se encuentra finalizado listo para su comercialización.



**Figura 2. 11** Proceso de transformación de biomasa desde producto crudo hasta producto final  
Fuente: (EPEC - Empresa Provincial de Energía de Córdoba, 2012).

### 2.1.6 Energía solar

La energía solar tiene uno de los potenciales más importantes que puede ofrecer en el mundo, ya que su procedencia es limpia, segura y confiable. La energía solar fotovoltaica ha experimentado uno de los avances más importantes con respecto al desarrollo tecnológico y el aprovechamiento eficiente de este recurso. Primero se inició con la esquemmatización de celdas fotovoltaicas basadas en semiconductores, y ahora se ha transformado en sistemas mucho más complejos con presencia de más equipos que permiten aprovechar el potencial energético al máximo. (Alrikabi, 2014).

- Proyecto Fotovoltaico Baltra de 200 KWp, con un sistema de almacenamiento de baterías industriales híbridas a base de ion litio y plomo ácido de 900 kW de potencia.
- Proyecto Fotovoltaico Puerto Ayora de 1,5 MWp.
- Proyecto Híbrido Isabela, formado por una planta térmica dual de 1,2 MW, una instalación solar fotovoltaica de 1,15 MWp y un sistema de almacenamiento de energía con un banco de baterías de 3,3 MWh.

- Cuatro instalaciones fotovoltaicas de 10 KW, en cada una de las islas de Santa Cruz, San Cristóbal, Isabela y Floreana (INER. Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables., 2016).



*Figura 2. 12 Paneles solares de planta fotovoltaica*

*Fuente: (INER. Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables., 2016).*

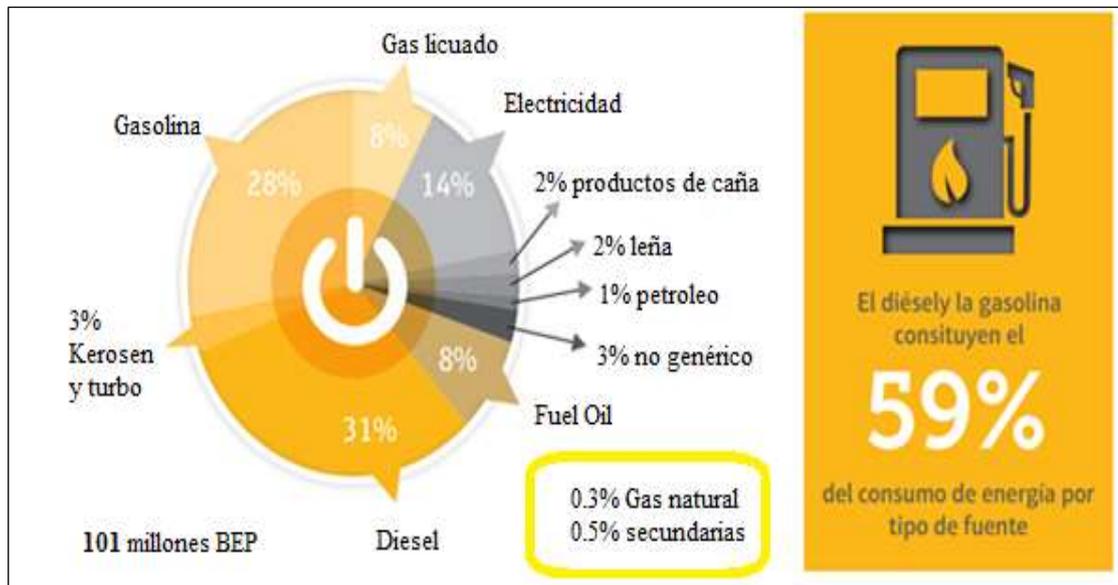
## **2.2. Energía no renovable**

Aunque los avances tecnológicos han tenido gran importancia dentro del sector energético, sin embargo, Ecuador aún sigue utilizando los combustibles fósiles (INER. Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables., 2016).

La práctica de energía no renovable produce un problema muy delicado, relacionando directamente al ser humano como el principal culpable de cualquier tipo de contaminación al medio ambiente. La utilización de automotores y el funcionamiento de industrias producen este tipo de problema contaminando notablemente el aire la cual provoca enfermedades de respiración ocasionando alrededor de 500.000 muertes en todo el mundo (Ponce de León, 2011).

Como se puede ver en la figura 2.13, Ecuador posee una dependencia del petróleo no solo como fuente de energía eléctrica, también para diferentes actividades que necesita el país, con respecto a los sectores como el de la transportación, las industrias, el gas licuado, entre otras actividades. Teniendo en cuenta únicamente los diferentes proyectos energéticos tratan de reducir un poco esta dependencia, y además

con el desarrollo de las nuevas tecnológicas, se busca que esto también pueden cooperar con la disminución de uso del petróleo en los sectores mencionados.



*Figura 2. 13 Fuentes de consumo energético en Ecuador en el año 2014*

*Fuente: (INER. Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables., 2016).*

### 2.2.1. Combustibles fósiles

Los combustibles fósiles son aquellos que se obtienen a partir de un medio orgánico y con la participación de la fotosíntesis podemos decir que transforma la energía electromagnética del sol en energía química. Esta materia se mantiene acumulado por un periodo de tiempo importante, y con la llegada de la revolución industrial este tipo de hidrocarburos, como el petróleo, el gas o el carbón, forman parte importante de este hecho histórico. En esta misma época también se inicia la revolución automovilística y automáticamente el petróleo llega a formar parte importante como la energía necesaria para motores de combustión interna (Castro, 2011).



*Figura 2. 14 Pozo petrolero*  
*Fuente: (PETROAMAZONAS EP, 2016).*

### **2.2.2. Gas natural**

El gas natural es un hidrocarburo compuesto por metano el cual está asociado directamente como un derivado del petróleo, sus propiedades energéticas son muy similares a las del petróleo. Este tipo de hidrocarburo no contamina de forma importante al ambiente y su rendimiento es superior comparado con otros hidrocarburos (Dirección General de Industria, Energía y Minas, 2012).

El gas natural llega a los lugares de consumo luego a un proceso de encapsulado de gas licuado. La figura 2.15 corresponde al proceso de encapsulado de gas licuado que es una de las fuentes energéticas en nuestro país.



*Figura 2. 15 Proceso de producción de gas licuado de petróleo en Monteverde - El chorrillo  
Fuente: (EP Petroecuador, 2014).*

### **2.2.3. Energía nuclear**

La energía nuclear es una fuente de energía inagotable, la tecnología utilizada para su obtención disminuye cualquier tipo de emisión de gases de invernadero y reduce de forma importante la dependencia energética producto de la extracción de petróleo. Los países industrializados han optado por la instalación de reactores nucleares para poder tener una fuente de energía eléctrica (Mínguez, 2015).

A medida que va incrementando el consumo eléctrico a nivel global, se predice que el número de reactores nucleares operativos en el mundo crezca. A pesar de los diferentes accidentes que ha habido con respecto a la inestabilidad que existe en los reactores, la preferencia por este tipo de energía no ha disminuido (Mínguez, 2015).



*Figura 2. 16 Exteriores de los reactores nucleares  
Fuente: (García, 2012).*

# CAPÍTULO 3

## ENERGÍA SOLAR

### 3.1. Tecnología y uso de la tecnología solar

El uso de tecnologías en el ámbito energético ha sido de gran importancia para su desarrollo y eficacia a nivel mundial. Este tipo de desarrollo ha sido tal, que no solamente la industria energética ha evolucionado. En la actualidad, diferentes tipos de industrias y disciplinas han tomado esta iniciativa para poder desarrollar más tecnologías que puedan beneficiar al consumidor y personas que están interesados en tener menos impacto ambiental a partir del uso de la energía eléctrica (Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología -Iberoamericana e Interamericana, 2014).

En la figura 3.1 y 3.2 se presentan los tipos de tecnologías para producir energía eléctrica aprovechando la luz solar. En la imagen a) y b) se aprecia los tipos de energía solar térmica que son activas: cuando utilizan la energía solar para transformarla en calor y generar corrientes de aire para la ventilación o refrigeración por medio de equipos eléctricos o mecánicos que pueden ser bombas o ventiladores. Y las pasivas aprovechan la energía solar de manera directa sin necesidad de equipos eléctricos o mecánicos y es utilizada para la calefacción de agua.

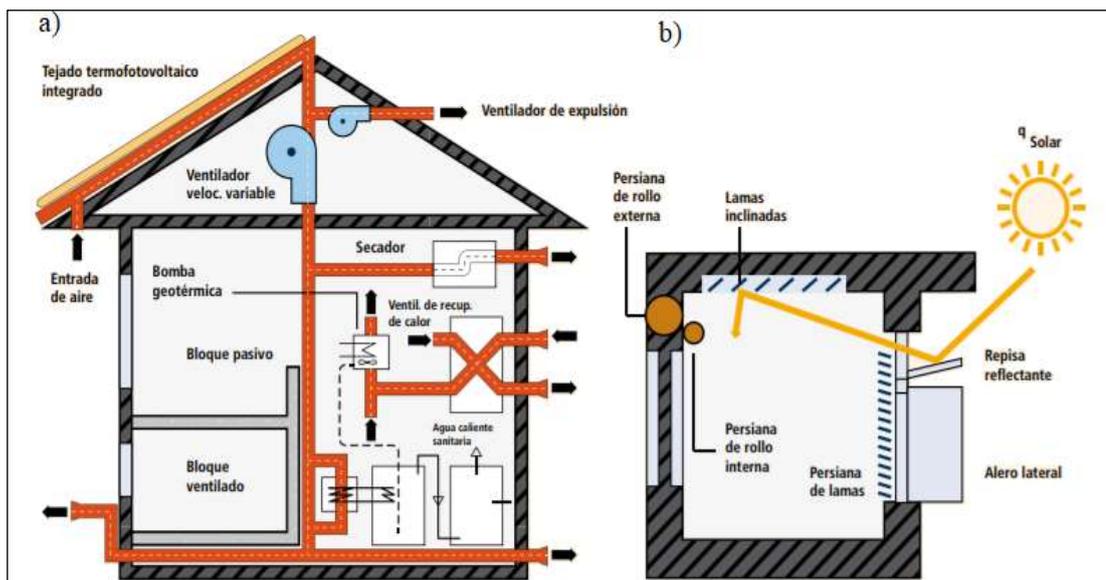
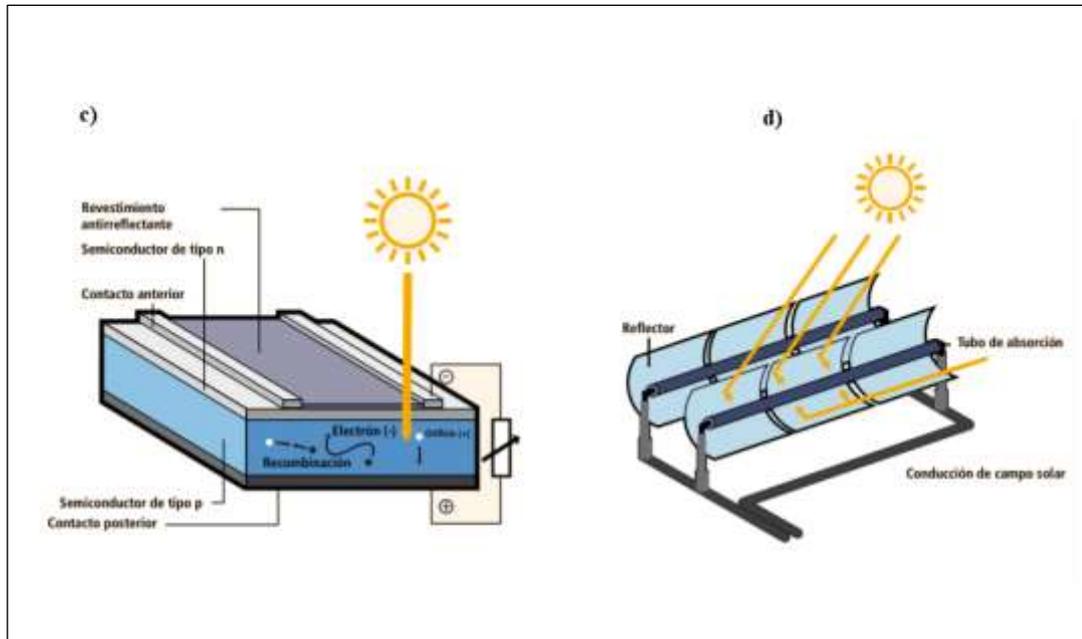


Figura 3. 1 Tecnologías que aprovechan la luz solar  
Fuente: (IPCC, 2012).

En la imagen c) se muestra el dispositivo fotovoltaico que se encarga en convertir la energía solar en energía eléctrica y en la imagen d) se muestra un colector cóncavo que es un dispositivo térmico encargado de coleccionar la energía del sol.



**Figura 3. 2 Tecnologías que aprovechan la luz solar**  
*Fuente: (IPCC, 2012).*

### 3.2. Radiación solar

La radiación solar es una forma de energía que está agrupada de ondas electromagnéticas que vienen principalmente del sol, su principal característica es una forma de energía capaz de atravesar el espacio, los factores más importantes para recibir esta radiación depende de la distancia entre la Tierra y el sol, el ángulo en que dichas radiaciones atraviesan la atmósfera y el movimiento de la tierra girando alrededor del sol (Andrade, 2015).

La radiación solar que atraviesa la superficie del planeta se presenta como:

Radiación difusa: es aquella que se obtiene de la atmósfera por aquella dispersión que existe de parte de la radiación solar en ella, esta energía puede suponerse un 15% de la radiación global en los días que no exista la presencia de nubes, pero cuando existe la presencia de nubes la radiación directa baja considerablemente y su radiación difusa supone un porcentaje notablemente mayor (Hernández, 2014).

Radiación directa: como su nombre lo dice es aquella que es proveniente del sol sin ningún obstáculo (*Hernández, 2014*).

Radiación reflejada: como su nombre lo dice es aquella que es refejada en la superficie de la tierra y su radiación solamente depende del coeficiente de reflexión, solamente las superficies verticales son las que reciben esta radiación (*Hernández, 2014*).

### **3.2.1 Programa Meteonorm**

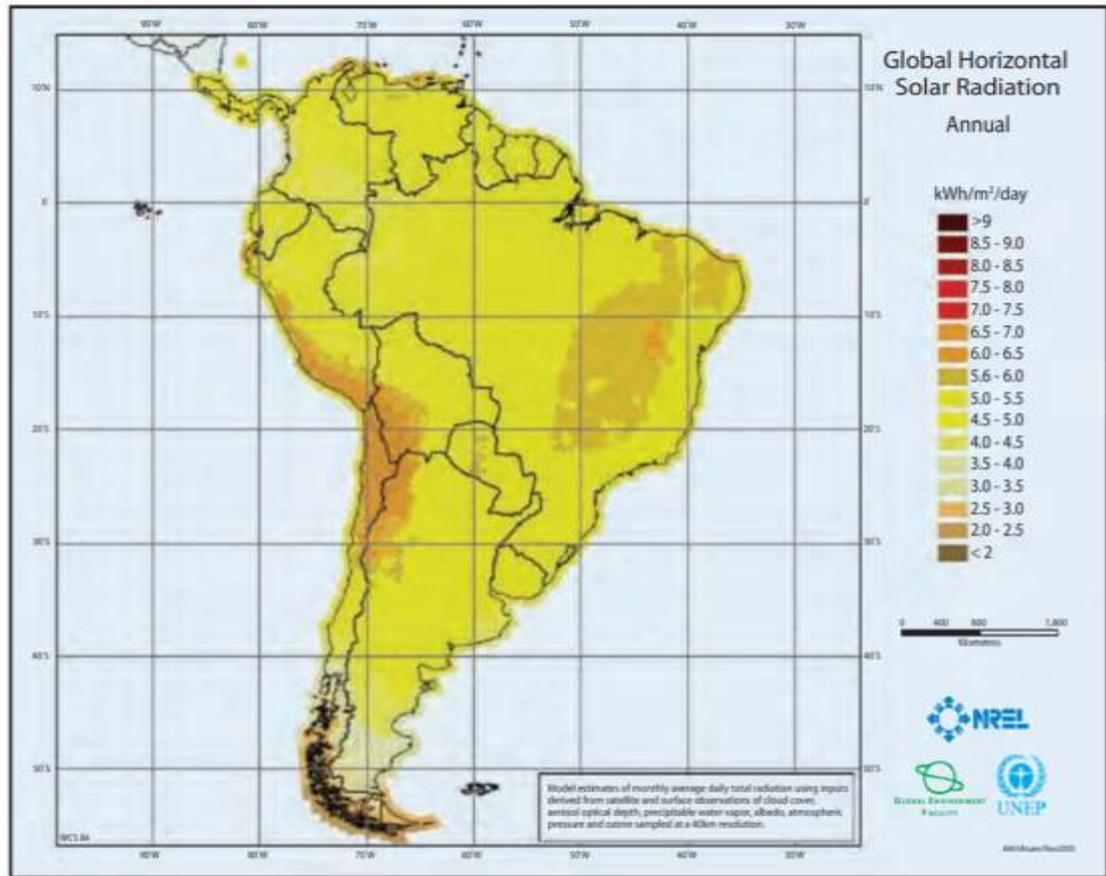
Para el presente estudio el programa Meteonorm versión 7.2, ha sido de gran importancia ya que mediante este programa se puede obtener datos importantes como la temperatura, precipitación, humedad, radiación, insolación, en la ubicación exacta donde se pretende realizar una instalación de un sistema solar fotovoltaico. Este programa facilita brindando datos meteorológicos de todo el mundo a quienes trabajan con la climatología y la energía solar.

Mediante estos datos brindados por dicho programa es de gran ayuda para las personas que realizan estos tipos de trabajos climatológicos y especialmente en energía solar, ya que con la ayuda de estos datos brindados por el programa Meteonorm les garantiza una mejor eficiencia de los equipos al momento de realizar la implementación de los sistemas climatológicos y solares ya que se obtiene unos datos muy aproximados a los reales simulando una predicción en cuanto al aspecto climatológico.

### **3.2.2 Mapa de radiación solar**

Según los valores del Atlas solar del Ecuador en la imagen 3.3 se aprecia el promedio anual de radiación de Sudamérica con los siguientes valores, principalmente se utilizan para realizar estudios de energía solar por lo cual se puede observar el nivel de radiación promedio en donde que desea realizar el estudio.

El factor astronómico y geográfico ayuda de una forma muy importante al cálculo de la radiación que se recibe en la zona donde se desea realizar el tipo de instalación fotovoltaica, teniendo muy en cuenta la trayectoria diaria, mensual y anual que realiza el sol.



**Figura 3. 3 Radiación global de Sudamérica**  
**Fuente: (CONELEC, 2015).**

### 3.3. Energía solar fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica ha evolucionado de tal forma, que poniéndolo en contexto, en el 2009 los sistemas fotovoltaicos en conjunto producían aproximadamente a 7,5 GW a nivel mundial. En la actualidad la cantidad de energía solar ha aumentado a 22GW con la posibilidad de que este pueda desarrollarse y alcanzar unos 26TWh anuales. (IPCC, 2012).

Como se muestra en la figura 3.4, los paneles solares son la tecnología más importante para la generación de energía eléctrica a partir de la luz solar. Además, si se pone en consideración la industria de los paneles solares fotovoltaicos ha estado en crecimiento por algunos años debido a su tecnología que ya es considerada madura (Estrada Gasca, 2013).

“Como se sabe, la forma más común de las celdas solares se basa en el efecto fotovoltaico, en el cual la luz que incide sobre un dispositivo semiconductor de dos

capas produce una diferencia de fotovoltaje o de potencial entre las capas. Este voltaje es capaz de conducir una corriente a través de un circuito externo para producir trabajo útil” (Estrada Gasca, 2013).



*Figura 3. 4 Paneles solares.*

*Fuente: (INER. Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables., 2016).*

### **3.4. Paneles solares fotovoltaicos**

Los paneles solares fotovoltaicos están diseñados para la generación de energía eléctrica aprovechando de la luz solar, estos paneles se encargan de recibir las partículas de radiación solar que se denominan fotones que transportan gran cantidad de energía. Estos fotones luego de llegar a la célula producen pares electrón-hueco estos son distanciados por un campo eléctrico que se produce en la parte interna de la interfaz creando de esta manera cargas negativas en una parte de la superficie de contacto y las positivas al otro lado. Al producirse esta separación de cargas se genera una tensión eléctrica que, al momento de acoplar una carga, en ambos lados de la célula iluminada la corriente pasa de un lado los de tipo P (protones) y del otro lado los de tipo N (neutrones), produciéndose de esta manera electricidad de forma continua (DC) (Romo Fernández, 2016).

El efecto fotovoltaico se encarga del procedimiento mediante el cual una célula transforma la radiación solar en electricidad. Cuando estos fotones chocan directamente a la célula y son absorbidos, únicamente allí se puede generar electricidad.

Se puede decir que la parte más importante del panel solar son los semiconductores, estos son los que se encargan de que la luz solar transmita la energía a los electrones, estos semiconductores son tratados de una forma especial para crear dos capas distintas dopadas de tipo P-N para crear un campo eléctrico siendo así positivo en un lado y negativo en el otro lado. Cuando los rayos de sol chocan a la célula se desplazan electrones que una mayor parte de ellos son atraídos por el campo eléctrico formándose una corriente eléctrica (Berrío & Zuluoaga, 2014).

Una celda fotovoltaica es en si el punto de partida para la generación de energía eléctrica. Entre más celdas haya en un sistema fotovoltaico, mayor será la cantidad de energía creada. La electricidad de corriente continua creada en estos sistemas, requieren de baterías para el almacenamiento de la electricidad. Los sistemas solares fotovoltaicos también poseen dispositivos conocidos como inversores, que transforman la corriente continua en corriente alterna (Berrío & Zuluoaga, 2014).

Como se puede ver en la figura 3.5, estos dispositivos pueden tener una acogida importante debido a que su manufactura es mucho más agilizada y automatizada, en consecuencia, los precios de los dispositivos en general bajan (Berrío & Zuluoaga, 2014).

En Ecuador, existen algunos proyectos de generación de energía fotovoltaica importantes para la contribución a la red eléctrica. Entre los más importantes se puede mencionar:

- Proyecto Fotovoltaico Baltra de 200 kWp, con un sistema de almacenamiento de baterías industriales híbridas a base de ion litio y plomo ácido de 900 kW de potencia.
- Proyecto Fotovoltaico Puerto Ayora de 1,5 MWp

- Proyecto Híbrido Isabela, formado por una planta térmica dual de 1,2 MW, una instalación solar fotovoltaica de 1,15 MWp y un sistema de almacenamiento de energía con un banco de baterías de 3,3 MWh
- Proyecto fotovoltaico de las islas de Santa Cruz de 10 KW
- Proyecto fotovoltaico de la isla Isabela de 10 KW
- Proyecto fotovoltaico de la isla San Cristóbal de 10 KW
- Proyecto fotovoltaico de la isla Floreana de 10 KW (INER. Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables., 2016).

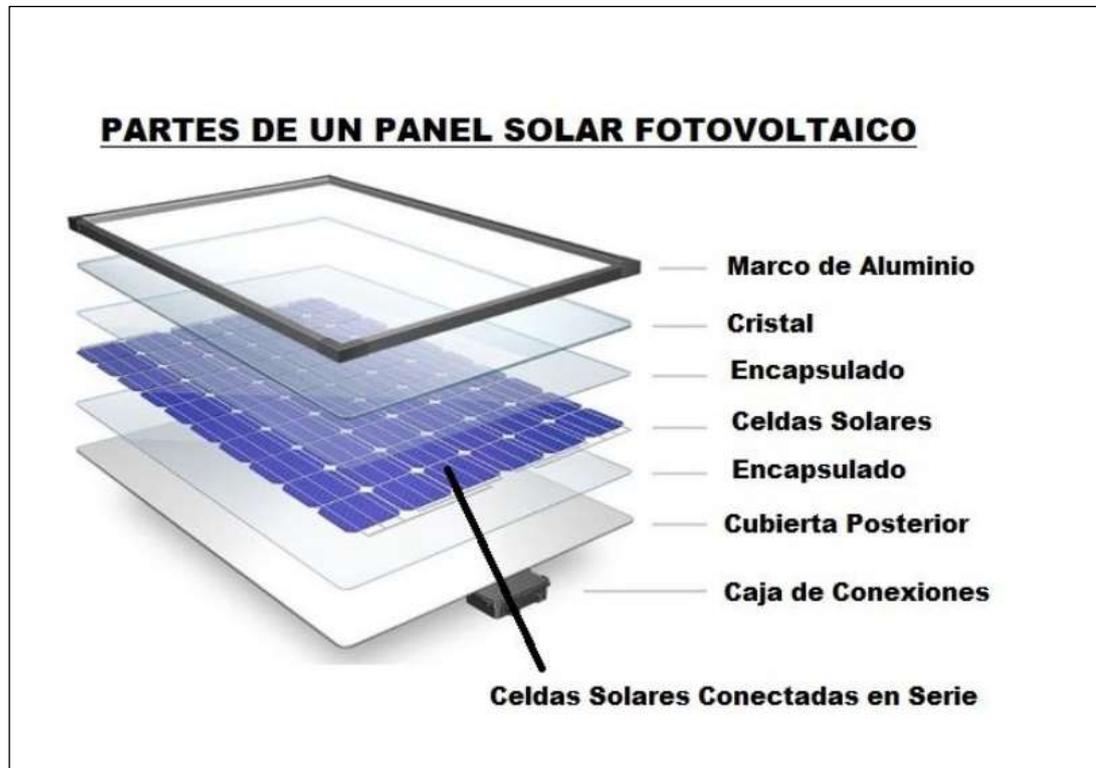


*Figura 3. 5 Paneles solares fotovoltaicos*

*Fuente: (INER. Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables., 2016).*

### 3.5. Partes de los paneles solares

Los paneles solares se componen de las siguientes partes:



*Figura 3. 6 Partes de los paneles solares*  
*Fuente: (McGraw-Hill Education, 2017).*

#### 3.5.1 Cubierta exterior

La cubierta exterior puede variar en su composición, pero en general está constituida por un vidrio templado el cual facilita la transmisión de luz solar hacia las celdas fotovoltaicas, y este a su vez tiene una capacidad importante para la resistencia independiente de las condiciones climatológicas que se puedan presentar. (McGraw-Hill Education, 2017).

#### 3.5.2 Encapsulante

Lo que corresponde como el encapsulante está formado de un material que posee el poder de transmisión de radiación alta y además de un grado de degradabilidad baja con respecto a la recepción de los rayos solares (McGraw-Hill Education, 2017).

### **3.5.3 Protección posterior**

Los sistemas fotovoltaicos poseen una cubierta posterior que tiene como misión de proteger de todo tipo de partículas atmosféricas. Esta protección está compuesta generalmente por un grupo de capas produciendo una barrera protectora, favoreciendo de esta manera la eficiencia del panel reflejando la luz solar que producen las células (McGraw-Hill Education, 2017).

### **3.5.4 Marco metálico**

El marco metálico de los sistemas fotovoltaicos por lo general está conformado por estructuras metálicas de aluminio. Estas estructuras proveen la rigidez necesaria para su instalación en diferentes tipos de estructuras. Esta estructura sirve de soporte (McGraw-Hill Education, 2017).

### **3.5.5 Cableado y bornes de conexión**

Corresponde a la caja de terminales que se encuentra en el sistema fotovoltaico para que todo esté conectado entre sí en el momento que se haga la conversión de energía solar a energía eléctrica (McGraw-Hill Education, 2017).

### **3.5.6 Diodos de protección**

Los diodos de protección son los encargados de impedir los efectos ocasionados por los puntos calientes y las sombras que afectan de forma negativa la eficiencia del funcionamiento del panel solar (McGraw-Hill Education, 2017).

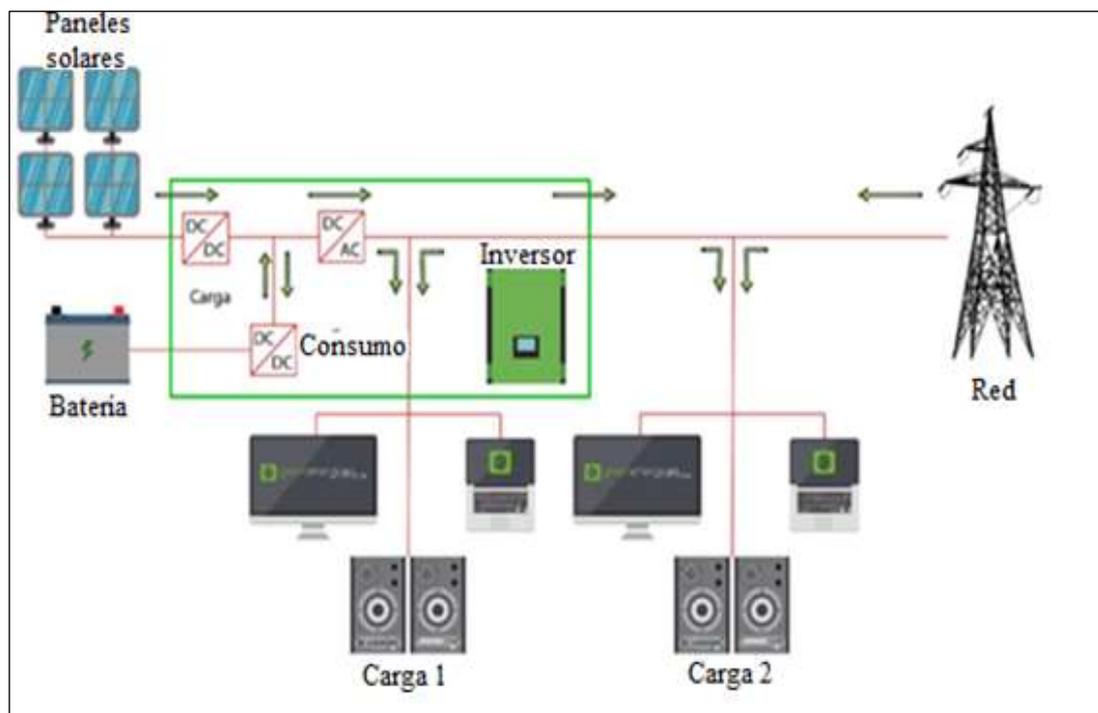
## **3.6 Evolución de la energía solar fotovoltaica en el Ecuador**

La evolución de las energías renovables en Ecuador se ha desarrollado favorablemente y el CONELEC cada cierto tiempo plantea un plan maestro de Electrificación, hoy en día este plan cubre desde el año 2012 hasta el 2021, donde se plantea detalladamente numerosos métodos y estudios para mejorar el sistema eléctrico en el país, tomando en cuenta que la demanda eléctrica cada vez va incrementando de esta manera se intenta abastecer dicha demanda con energías renovables evitando así la generación de energía eléctrica a base de combustibles fósiles (CONELEC, 2015).

El plan maestro de electrificación desde el 2009 hasta el 2020 indica que en la actualidad el Ecuador cuenta con una potencia fotovoltaica instalada de 26.48 MW, según datos del Balance Nacional de Energía de abril 2018 la energía solar fotovoltaica corresponde solamente a un 0.33% de generación eléctrica en el Ecuador (CONELEC, 2015).

### 3.7 Inversores híbridos

Los inversores son dispositivos electrónicos que tienen como función convertir la energía de corriente continua que proviene de una fuente ya sea esta una batería o un panel solar a corriente alterna para que esta pueda ser de utilidad para los diferentes utensilios electrónicos que se tienen en el hogar. Los inversores híbridos tienen como objetivo entregar corriente alterna a la red eléctrica de un domicilio. Como respaldo para el continuo suministro de energía debe haber un banco de baterías que acumule energía (Green Energy Latin America, 2017).



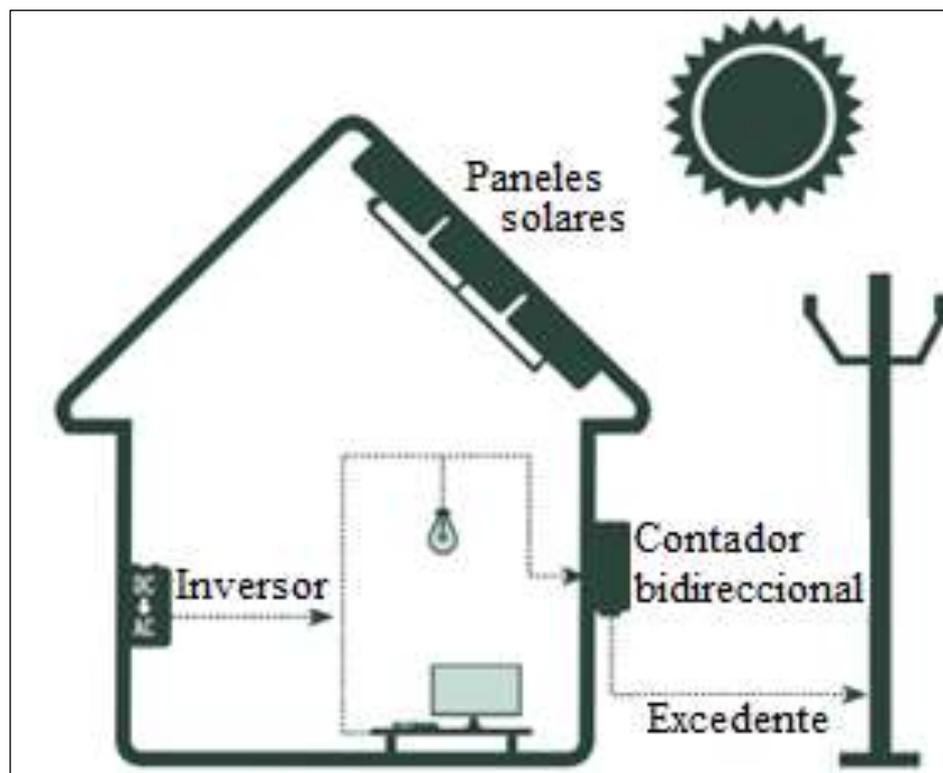
**Figura 3. 7 Esquema básico de conexión de un inversor híbrido**  
Fuente: (Green Energy Latin America, 2017).

#### 3.7.1 Inversor híbrido On Grid

Los inversores ON GRID se sincronizan con la red eléctrica para poder distribuir energía en caso de que exista un desabastecimiento producido por la red

eléctrica, de tal forma que el domicilio o lugar donde se esté proveyendo energía eléctrica no sufra ningún desabastecimiento.

Como se puede ver en la figura 3.8 muestra la sincronización del inversor On Grid conectado a la red.



*Figura 3. 8 Funcionamiento del inversor ON GRID  
Fuente: (Green Energy Latin America, 2017).*

### **3.7.2 Inversor híbrido Off Grid**

Los inversores para sistemas aislados, también conocidos como Off-grid, (fuera de red o autónomos), convierten la corriente directa acumulada en el banco de baterías en corriente alterna. Estos inversores están hechos para operar en lugares donde no hay acceso a energía eléctrica y por tanto se utilizan fuentes alternas como sistema solar fotovoltaico y sistema eólico para cargar las baterías. El inversor posteriormente toma la energía de las baterías y es convertida para alimentar lámparas, televisores, refrigeradores y electrodomésticos convencionales.

Como se puede ver en la figura 3.9, muestra el esquema de in inversor Of Grid .



*Figura 3. 9 Funcionamiento de inversor OFF GRID*  
*Fuente: (Green Energy Latin America, 2017).*

## PARTE II APORTACIONES

### CAPÍTULO 4

#### ESTUDIO Y DISEÑO DEL SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAIC

##### 4.1. Introducción

El Laboratorio Clínico "Chan" viene funcionando desde hace más de 40 años ofreciendo sus servicios a la comunidad, con el transcurso del tiempo de funcionamiento, en el laboratorio se han actualizado los equipos, hoy cuenta con más de 14 equipos tecnológicos modernos, todos estos equipos forman parte del consumo energético del laboratorio además de otros elementos eléctricos. De acuerdo con el reporte de la empresa eléctrica de El Oro en la actualidad el Laboratorio Clínico "Chan" mensualmente consume aproximadamente 315 KWh por mes.

Este reporte se lo puede apreciar en la tabla 4.1

*Tabla 4.1 Consumo mensual de energía.*



*Fuente: Autor*

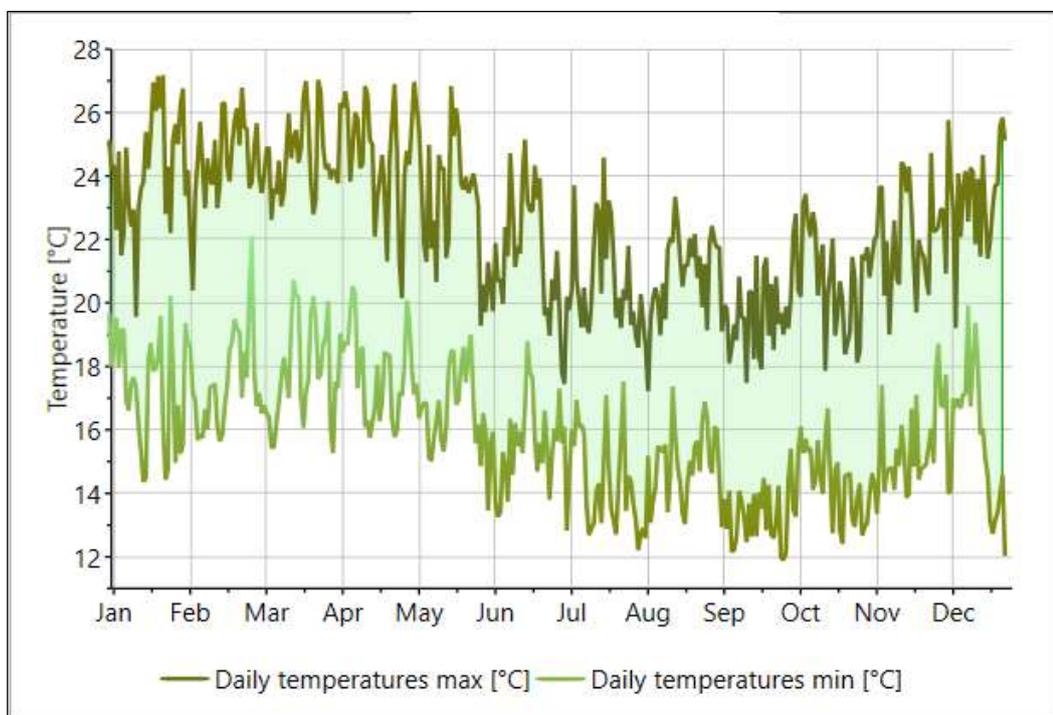
## 4.2. Datos de Zaruma

Zaruma está localizada en la parte alta de la provincia de El Oro con una altitud aproximada de 1200 m.s.n.m. con un clima templado que rodea los 22° C, sus coordenadas geográficas son:

Latitud: -3°41'28"

Longitud: -79°36'42"

La temperatura máxima y mínima se puede apreciar en la siguiente figura 4.1



*Figura 4.1 Temperara máxima y mínima de la ciudad de Zaruma*  
*Fuente: Autor*

### 4.2.1 Ubicación del laboratorio

El Laboratorio Clínico "Chan" se encuentra ubicado en la calle San Francisco y la calle 26 de Noviembre en el centro de la ciudad de Zaruma con una altitud exacta de 1310 msnm y sus coordenadas geográficas son:

Latitud: -3°41'17" S

Longitud: -79°36'24" O



**Figura 4. 2 Ubicación del Laboratorio Clínico "Chan"**  
**Fuente: Autor**

#### **4.2.2 Radiación solar en Zaruma**

Los datos meteorológicos y solares son obtenidos de la Nasa (EOSWEB LARC), esta importante empresa reconocida a nivel mundial tiene el propósito de facilitar y ayudar en el diseño de los sistemas de energía solar, brindando valores de radiación solar que se podría obtener por cada metro cuadrado de panel solar instalado, estos valores son promedios obtenidos en los últimos 10 años (NASA Prediction Of Worldwine Energy Resources, s.f.).

En la tabla 4.2 se puede ver los KWh/m<sup>2</sup> de panel solar obtenidos en todos los meses del año.

**Tabla 4. 2 Valores promedios de radiación en Zaruma.**

MESES	KWh/m <sup>2</sup> (MES)	KWh/m <sup>2</sup> (DÍA)
ENERO	150	4.83
FEBRERO	134	4.80
MARZO	160	5.19
ABRIL	146	4.88

MAYO	144	4.65
JUNIO	138	4.59
JULIO	144	4.65
AGOSTO	153	4.93
SEPTIEMBRE	155	5.18
OCTUBRE	153	4.95
NOVIEMBRE	158	5.26
DICIEMBRE	157	5.07

*Fuente: (NASA Prediction Of Worldwine Energy Resources, s.f.)*

### 4.3 Estudio de la carga del Laboratorio Clínico Chan

El Laboratorio Clínico "Chan" cuenta con 14 equipos, sobre los cuales se hace el estudio de carga en base a los datos nominales de placa de cada uno de los equipos, incluyendo también los distintos dispositivos eléctricos que se encuentran dentro del laboratorio.

En la tabla 4.3 se muestra los datos nominales de cada equipo.

**Tabla 4. 3 Valores nominales de los equipos del Laboratorio Clínico "Chan"**

Foto del equipo	Nombre	Potencia	Voltaje	Fases
	Contador hematólogo "HumanCount 30 TS"	50 watts	110/120	1ø
	Rotador de tubos "Globe"	30watts	110v/ 120v	1ø

	<p>Rotador de tubos (rocking plataform)</p>	<p>30 watts</p>	<p>110v/120v</p>	<p>1ø</p>
	<p>Impresora "Hp Láser Jet P2035n"</p>	<p>100 watts</p>	<p>110V-127V</p>	<p>1ø</p>
	<p>Espectro fotómetro semiautomático "dirvi dr- 7000d"</p>	<p>80 watts</p>	<p>100- 240VAC</p>	<p>1ø</p>
	<p>Coagulómetro "HumanClot Junior"</p>	<p>40 watts</p>	<p>112-120V</p>	<p>1ø</p>
	<p>Lector de microelisa</p>	<p>40 watts</p>	<p>112-120V</p>	<p>1ø</p>

	Baño María	130 watts	110 V AC	1ø
	Centrífuga	160 watts	110V AC	1ø
	Esterilizador	100 watts	120 V AC	1ø
	Refrigeradora	600 watts	110/120 v AC	1ø
	Refrigeradora	500 watts	110/120 v	1ø
	Microscopio	15 watts	110 v	1ø

	Microscopio	15 watts	110 v	1ø
	Focos (8)	160 watts	110 v	1ø
	Toma corriente (3)	450 watts	110 v	1ø
	Computadora (1)	100 watts	110 v	1ø
$\Sigma_{TOTAL} =$		2600 watts		

*Fuente: Autor*

La sumatoria total de las potencias nominales obtenidas de las placas de los equipos del laboratorio, tomas de corriente disponible e iluminación. Esta potencia total nominal se la multiplicará por un total de 8 horas que es el tiempo que permanecerán trabajando los equipos del laboratorio en el transcurso del día, de esta multiplicación se obtendrá los Wh/día.

$$\Sigma_{TOTAL} = 2600 \text{ watts}$$

$$\text{Wh/día} = 2600 \text{ watts} \times 8 \text{ horas/día}$$

El resultado a continuación sería energía que consumirían los equipos del Laboratorio en un día de trabajo.

$$\text{Wh/día} = 20800$$

Para este resultado obtenido se considerará un factor de demanda del 0.8 por tanto la carga la carga total con demanda es la siguiente:

$$\text{Wh/día} = 20800 \times f.d$$

$$\text{Wh/día} = 20800 \times 0.8$$

$$\text{Wh/día} = 16640$$

Este resultado será la energía necesaria que tendría que abastecer el sistema solar fotovoltaico diariamente.

#### 4.3.1 Rendimiento de la instalación

Se aplicará la siguiente fórmula para tomar en cuenta las pérdidas que se presentan en la instalación

$$R = 1 - \left[ (1 - b - c - v) a \times \frac{N}{Pd} \right] - b - c - v$$

Donde:

$R$  = Rendimiento de la instalación

$a$  = coeficiente de descarga (normalmente se asume un valor de 0.005)

$b$ : coeficiente de pérdidas por rendimiento en las baterías

0.05 si no se precisan descargas fuertes

0.1 para casos muy desfavorables

Siendo conservador se utilizará un coeficiente de pérdidas de 0.1 considerando este caso como desfavorable

$c$ : coeficiente de pérdidas del inversor

0.2 para inversores senoidales  
 0.1 para inversores de onda cuadrada  
 v: coeficiente de otras perdidas  
 0.15 es un valor de otras perdidas  
 0.05 mínimo ese valor  
 N: días de autonomía 3  
 Pd: profundidad de descarga 0.5

$$R = 1 - \left[ (1 - 0.1 - 0.2 - 0.15) 0.005 \times \frac{3}{0.5} \right] - 0.1 - 0.2 - 0.15$$

$$R = 0.534$$

#### 4.3.2 Energía real actual a suministrar

Para calcular la energía necesaria que suministrará el sistema solar fotovoltaico se utilizará el resultado de la energía que se obtuvo anteriormente con la sumatoria de todas las potencias nominales y se dividirá para el rendimiento de la instalación.

$$E_{real} = \frac{E_{NOMINAL}}{R} \text{ (Wh/día)}$$

Donde:

$E_{real}$ : Energía real Actual a suministrar

$E_{Nominal}$ : energía nominal de los equipos del laboratorio

R: rendimiento de la instalación

$$E_{real} = \frac{16640}{0.534}$$

$$E_{real} = 31161.04 \text{ Wh/día}$$

Obteniendo que la instalación de los módulos fotovoltaicos entregará 31161.04 Wh/día de energía para abastecer la demanda del laboratorio.

#### 4.4 Horas sol pico (HSP)

La hora sol pico es la cantidad de energía que se obtiene en 1m<sup>2</sup> de una superficie del panel fotovoltaico que el sol trasmite 1000w/m<sup>2</sup> en su punto máximo que es del medio día, durante la trayectoria del sol que va desde el amanecer hasta el ocaso su irradiancia no va a ser constante en todas las horas del día. Para encontrar las horas sol pico en la ciudad de Zaruma se utilizará la siguiente formula y se utilizará la radiación de dicha ciudad y se obtendrá las horas sol pico promedio de cada mes como se podrá ver en la tabla 5.1.

$$HSP = \frac{Radiación}{\frac{1000 Wh}{m^2}} \cdot día$$

**Tabla 4. 4 Horas promedio de horas sol pico en Zaruma**

MESES	HSP
ENERO	4.83
FEBRERO	4.80
MARZO	5.19
ABRIL	4.88
MAYO	4.65
JUNIO	4.59
JULIO	4.65
AGOSTO	4.93
SEPTIEMBRE	5.18
OCTUBRE	4.95
NOVIEMBRE	5.26
DICIEMBRE	5.07

**Fuente: Autor**

#### 4.4.1 Potencia real que debe generar el sistema solar fotovoltaico

Esta será la potencia que debe generar el sistema solar fotovoltaico por un numero de las horas sol pico, para calcular la potencia real se dividirá la energía real actual a suministrar para las horas sol pico del mes con menor número de horas, en este caso se tomará el mes de junio con 4.59 HSP:

$$P_{\text{real}} = \frac{E_{\text{real}}}{HSP}$$

Donde:

$P_{\text{real}}$ : Potencia pico

$E_{\text{real}}$ : Energía necesaria actual a suministrar

$HSP$ : Hora sol pico para el mes que menor radiación solar recibe

$$P_{\text{real}} = \frac{31161.04 \text{ Wh}}{4.59 \text{ h}}$$

$$P_{\text{real}} = 6788.89 \text{ W}$$

#### 4.5 Características del panel solar

Para el presente estudio se eligió un panel solar policristalino de 350 Wp con las siguientes características:

**Tabla 4. 4 Datos nominales del panel solar**

Potencia	350 Wp
Voltaje circuito abierto (VOC)	38.71v
Corriente cortocircuito/ optimo	9.04 A
NOCT:	45°C+ / -2°C
Max voltaje string	1000VDC
Diodos bypass	SI
DIMENSIONES	1956 × 992 × 40mm

**Fuente: Autor**

Las dimensiones del panel solar se podrá ver en el anexo 4.1

#### 4.5.1 Número de paneles solares

Para calcular el número de paneles necesario para la instalación se utiliza la siguiente formula:

$$N_{PS} = \frac{E_{real}}{HSP \times P_{módulo}}$$

Donde:

$E_{real}$ : energía real

$N_{PS}$ : número de paneles solares

$P_{módulo}$ : potencia del módulo

$$N_{PS} = \frac{31161.04}{4.59 \times 350}$$

$$N_{PS} = 19.39$$

Se necesita 20 paneles.

#### 4.6 Selección de inversor

Para calcular que inversor se debe utilizar en este proyecto se tomará en cuenta la potencia pico por el coeficiente de simultaneidad de uso de los equipos del laboratorio, para ello se utilizará la siguiente ecuación:

$$P_{Inv} = P_{real} \times f.c$$

Donde:

$P_{Inv}$ : potencia del inversor

$P_{real}$ : potencia real

$f.c$ : coeficiente de simultaneidad

$$P_{Inv2} = 6788.89 \times 0.65$$

$$P_{Inv2} = 4412.77 W$$

Dados estos resultados se elegirá un inversor con mayor capacidad en este caso se trabajará con inversor híbrido Xtender de 4.5KW de potencia, con las siguientes características:

**Tabla 4. 5 Datos nominales del inversor**

INPUT DC	
Max. usable DC power	4500 W
Max. DC voltaje	600 V
Rated MPPT voltage range	175 – 480 V
MPPT operating voltage range	125 V – 500 V
Min. DC voltage / start voltage	125 V / 150 V
Max. input current / per MPP tracker	24 A / 15 A
Number of MPP trackers / strings per MPP tracker	2 / 2
OUTPUT AC	
AC nominal power	3840 W
Max. AC apparent power	3840 VA
Nominal AC voltage / adjustable	240 V
AC voltage range	110v /240v
AC grid frequency; range	60 Hz / 59.3 – 60.5 Hz
Max. output curren	16 A
Power factor (cos $\phi$ )	1
Output phases / line connections	1/2
Harmonics	< 4%

**Fuente: Autor**

## 4.7 Conexión de los paneles solares fotovoltaicos

Las conexiones de los paneles solares es muy importante ya que pueden ser configuradas en serie o paralelo para ello existen los cálculos para determinar cuántos paneles serán configurados en serie y cuántos en paralelo, esto se debe a que si se los conecta en serie es para aumentar su voltaje, y si se los conecta en paralelo es para aumentar la corriente esto se debe a que los paneles deben entregar la intensidad y voltaje necesaria que el inversor requiere y pueda cumplir sus funciones específicas.

### 4.7.1 Conexión de paneles solares en serie

Para la determinación de los paneles solares en serie se necesita datos de los valores del panel solar seleccionado a instalar y datos del inversor escogido anteriormente y se utilizará la siguiente fórmula para determinar cuántos paneles se requiere conectar en serie:

$$\# \text{ paneles en serie} = \frac{Vm_{inv}}{VOC}$$

Donde

$Vm_{inv}$ : voltaje máximo del inversor

$VOC$ : voltaje de circuito abierto del panel

$$\# \text{ paneles en serie} = \frac{600 \text{ vdc}}{38.71 \text{ vdc}}$$

$$\# \text{ paneles en serie} = 15.49$$

Se tendrá que configurar 16 paneles en serie

### 4.7.2 Conexión de paneles solares en paralelo

Para encontrar cuantos paneles deberán ir conectados en paralelo se requieren el valor de la intensidad máxima del inversor y la intensidad nominal del panel solar, para el cálculo se utilizará la siguiente formula:

$$\# \text{ paneles en paralelo} = \frac{I_{MAX.inv}}{I_N}$$

Donde:

$I_{inv}$ : intensidad máxima del inversor

$I_N$ : intensidad nominal del panel

$$\# \text{ paneles en paralelo} = \frac{30 \text{ A}}{9.04 \text{ A}}$$

$$\# \text{ paneles en paralelo} = 3.31$$

Se tendrá que configurar 4 paneles en paralelo.

#### 4.8 Cálculo del banco de baterías

Para el presente estudio se ha escogido una batería modelo SBB GELL 150Ah/ 12Vdc, es una batería de muy buena calidad recomendada para los sistemas solares fotovoltaicos por tener un buen rendimiento.

por lo tanto, para calcular el número de baterías necesarias para el sistema solar fotovoltaico se dividirá la energía real para el voltaje de la batería por la capacidad de la batería, utilizando la siguiente formula:

$$\# \text{ baterias} = \frac{E_{real}}{Vdc_{BAT} \times Capacidad_{BAT}}$$

Donde:

$Vdc_{BAT}$ : voltaje de la batería

$Capacidad_{BAT}$  : Capacidad de la batería (amperio-hora)

$$\# \text{ baterias} = \frac{31161.04 \text{ Wh}}{12 \text{ vdc} \times 150\text{Ah}}$$

$$\# \text{ baterias} = 17.31$$

Para el sistema solar fotovoltaico de este trabajo se necesitarán 18 baterías.

#### 4.9 Inclinación de los paneles

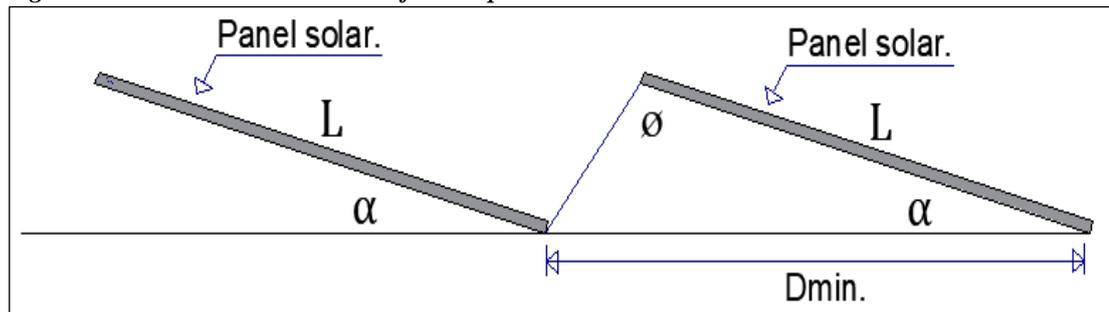
El Angulo de inclinación de los paneles solares es un tema muy importante en cuanto se debe tomar una decisión con respecto a su ángulo de inclinación para obtener una buena eficiencia y mayor captación de los rayos solares.

En teoría para que los paneles solares reciban la mayor captación de rayos solares deberían ser instalados con una inclinación de  $0^\circ$ , pero hay que tomar en cuenta que si se lo instala a  $0^\circ$  el panel en el transcurso del tiempo se acumulará una gran cantidad de partículas de polvo quitándole eficiencia al mismo, por ende, el fabricante recomienda que se instalen a partir de los  $10^\circ$  de inclinación para que las partículas de polvo se deslicen fácilmente por la reacción de la gravedad. Luego de haber realizado los cálculos y tomando en cuenta la recomendación del fabricante, el ángulo de inclinación será de  $10^\circ$

#### 4.9.1 Distancia mínima para la ubicación de las filas de los paneles solares

Al momento de instalar los paneles solares es muy importante tomar en cuenta el espacio mínimo de cada panel, evitando de esta manera el sombreado que se pueda presentar por el panel más cercano.

*Figura 4. 3 Distancia mínima entre filas de paneles solares.*



*Fuente: Autor*

Donde:

$l$ : la longitud del panel

$\alpha$ : ángulo de inclinación del panel en este caso  $10^\circ$

Datos del panel:  $1956\text{mm} \times 992\text{mm} \times 40\text{mm}$

latitud del lugar:  $-3^\circ$

Para calcular el espacio mínimo de ubicación de cada panel se utilizarán las siguientes ecuaciones.

$$\theta = (90^\circ - \text{latitud del lugar}) - 23.45^\circ$$

$$\theta = (90^\circ + 3^\circ) - 23.45^\circ$$

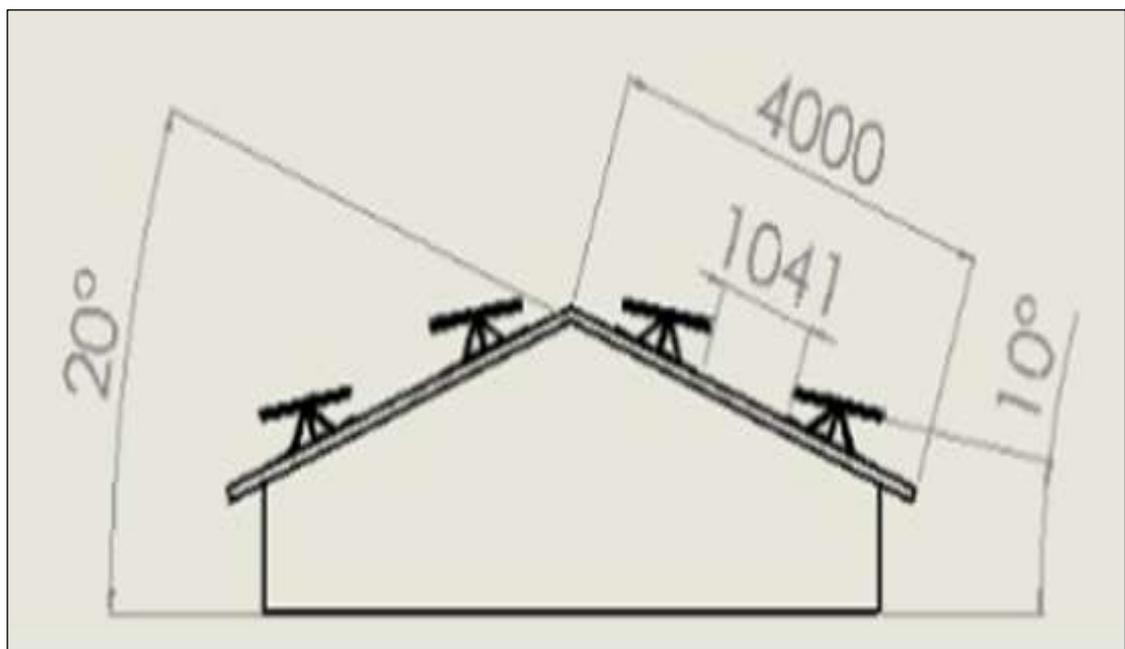
$$\theta = 69.55^\circ$$

$$D_{\text{MIN}} = L \times \left( \cos \alpha + \frac{\text{sen } \alpha}{\text{tg } \varnothing} \right)$$

$$D_{\text{MIN}} = 99.2 \text{ cm} \times \left( \cos 10^\circ + \frac{\text{sen } 10^\circ}{\text{tg } 69.55^\circ} \right)$$

$$D_{\text{MIN}} = 104.11 \text{ cm}$$

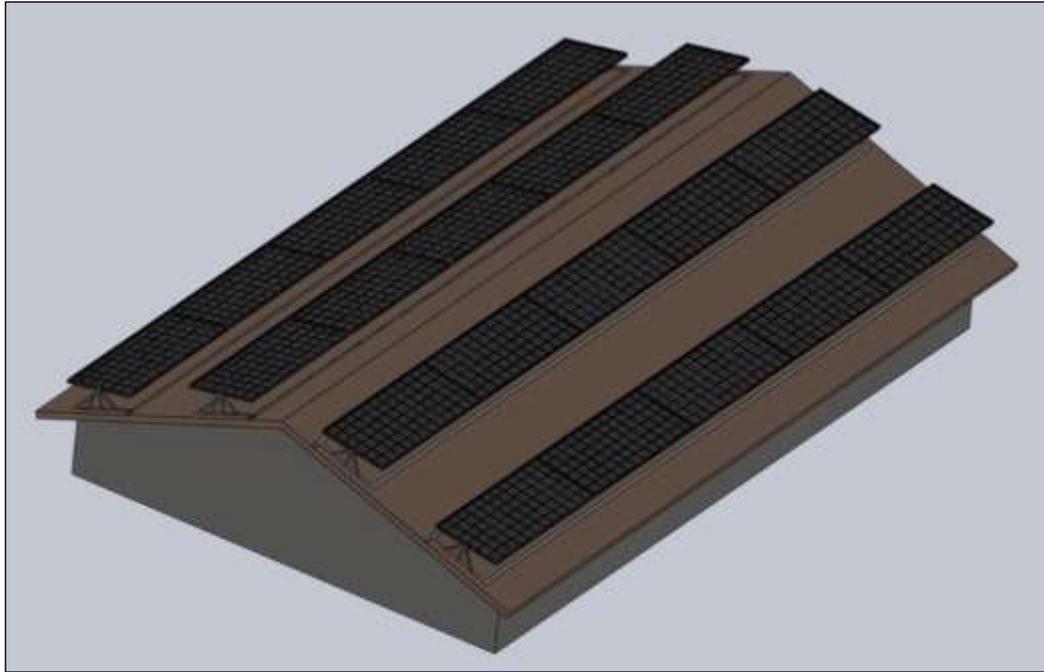
La distancia mínima de cada panel a instalar es de 104.11 cm para que no exista ningún sombreado sobre los paneles solares.



*Figura 4. 4 Distancia mínima entre paneles e inclinación.  
Fuente: Autor*

#### **4.9.2 Ubicación de los paneles**

Los módulos fotovoltaicos serán instalados en el techo del Laboratorio, para la instalación de los módulos fotovoltaicos cada uno de estos dispone de un soporte metálico que manualmente se lo puede ajustar dependiendo al grado de inclinación a utilizarse, se podrá apreciar desde otro punto de vista la ubicación de los paneles mostrada en el anexo 4.2



*Figura 4. 51 Ubicación de las filas de los paneles solares*  
*Fuente: Autor*

#### **4.10 Conductores de acometida al panel de breakers**

En el laboratorio se instalará un panel de breaker para que alimente toda la carga, la misma que tiene una intensidad nominal de 22 A, y está dividida en varios circuitos debidamente balanceados como se muestra en el diagrama unifilar.

Bajo estas condiciones la acometida al panel de breakers estará compuesta por 2 conductores #8 de cobre para fase y neutro y un conductor # 10 de cobre para la tierra que proviene de una varilla copperweld de 5/8"  $\times$  1.5 metros, instalada al pie del panel de breakers, se podrá ver el tipo de conductor en el anexo 4.3.

La corriente nominal que recorre desde los paneles solares hasta el inversor es de 9.04A C.C., por lo que se usará 2 conductores #12 de cobre AWG, se podrá ver el tipo de conductor en el anexo 4.4

Los cálculos anteriormente encontrados sirvieron como referencia para realizar el diagrama unifilar de todo el sistema solar fotovoltaico y los circuitos eléctricos en general del Laboratorio Clínico "Chan", como se aprecia en el anexo 4.6 y el plano respectivamente con sus circuitos eléctricos claramente detallados en el anexo 4.7.

#### 4.11 Rentabilidad del sistema solar fotovoltaico

Considerando que el Laboratorio Clínico "Chan" cancela un valor aproximado de \$645.36 anuales se analizará la rentabilidad a un plazo de 25 años que es el tiempo estimado de vida útil del sistema solar fotovoltaico, para conocer la viabilidad de la implementación del sistema, se multiplicará el valor aproximado de la planilla por los 25 años de vida útil del sistema solar fotovoltaico.

La cotización del sistema solar fotovoltaico se puede ver en el anexo 4.5

*Tabla 4.6 Rentabilidad del sistema solar fotovoltaico*

Red eléctrica convencional	Sistema solar fotovoltaico
$\$645.36 \times 25 \text{ años} = \$16,134$	\$17,660

*Fuente: Autor*

Como se puede notar el solar fotovoltaico tiene una diferencia económica de \$1526, pero cabe recalcar que si se realiza la instalación fotovoltaica garantizará un funcionamiento continuo de los equipos electrónicos del Laboratorio Clínico "Chan" evitando daños y desconfiguración de equipos cuando existen cortes inesperados de la energía eléctrica convencional. Además, cabe recalcar que al utilizar esta energía se colabora con el desarrollo sustentable de Zaruma y se incentivará a la comunidad para que utilice esta energía la zona rural y urbana.

## CAPÍTULO 5

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

- La utilización de energía solar fotovoltaica se considera una opción viable debido a que el flujo de energía sería constante e ininterrumpido, en el presente caso garantiza un correcto funcionamiento de equipos de laboratorio donde la continuidad del servicio eléctrico es un factor primordial para la configuración de los equipos
- Los costos de mantenimiento de los equipos de energía renovable son mínimos lo cual incide en el ahorro económico para el laboratorio.
- La demanda de energía para el funcionamiento de equipos de laboratorio es de 16640Wh/día y la generación fotovoltaica es de 31161.04 Wh/día con lo que se cubriría sin problema la demanda total de energía del laboratorio y se tendrá disponible una flexibilidad para la instalación de nuevos equipos.
- Para el diseño del sistema solar fotovoltaico se consideró varios factores como; el número de paneles necesarios, la distancia mínima entre filas de los paneles, su inclinación y configuración de los mismos, la potencia pico de cada panel, valores nominales de consumo de todo el laboratorio.

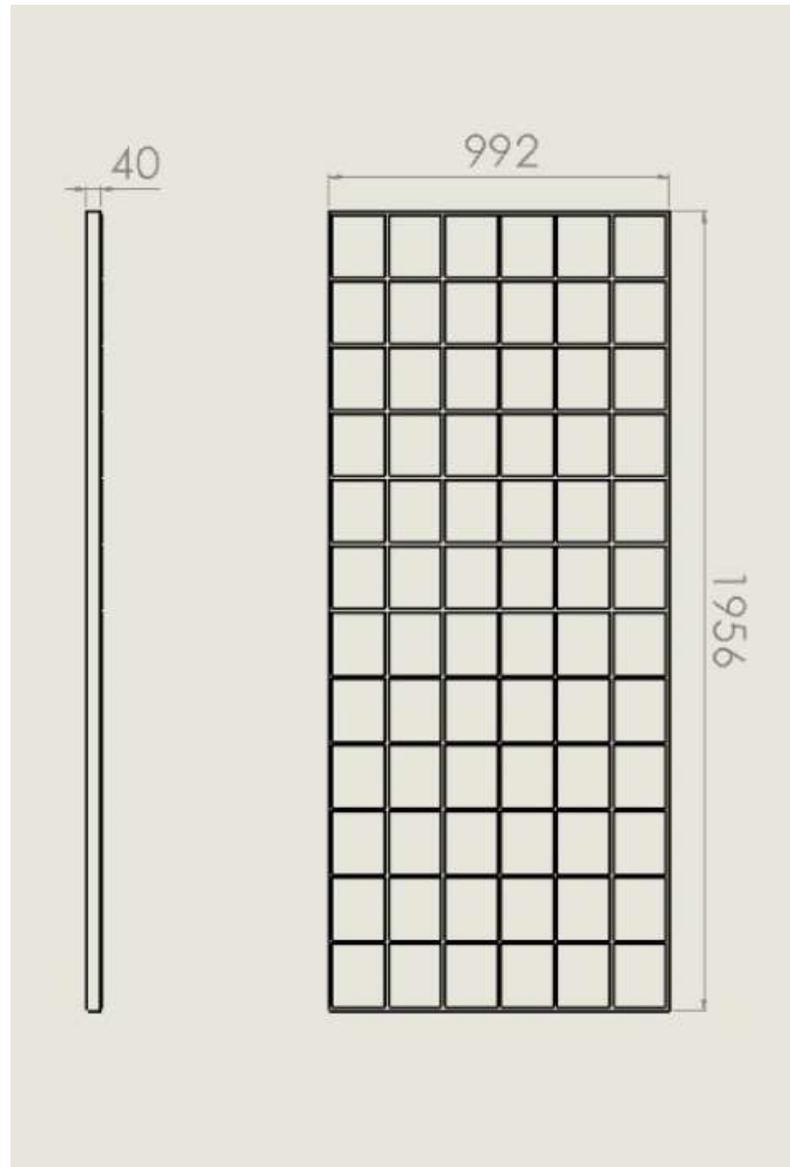
## 5.2 Recomendaciones

- Se recomienda que se utilice energía renovable como la implementación de paneles solares fotovoltaicos ya que su obtención mediante el sol es inagotable; como en el presente estudio se aplicó a un centro de bioanálisis clínico. Considerando que Ecuador un país de gran potencial para la obtención de energías limpias sin mayor impacto ambiental, reduciendo considerablemente gran cantidad de CO<sub>2</sub> que es un gas contaminante para el medio ambiente.
  
- La utilización de paneles solares es de gran beneficio por su eficiencia y durabilidad de 25 años libre de mantenimiento lo cual implica un ahorro sustancial con respecto a los valores que se presentan en la planilla eléctrica.
  
- La producción y la utilización de la energía eléctrica fotovoltaica puede ser utilizada en cualquier ámbito, en este estudio se ha diseñado un sistema solar fotovoltaico para un laboratorio clínico es decir donde se brinda atención privada de salud.
  
- Se deja por sentado un precedente, en el uso de energía renovable en cuanto a su ilimitado uso, haciendo hincapié que no existen antecedentes de uso de energía renovable en sector considerado salud como laboratorios clínicos, consultorios médicos, clínicas etc. Y con este estudio queda demostrado que se puede implementar en diferentes sitios de atención de salud pública y privada.

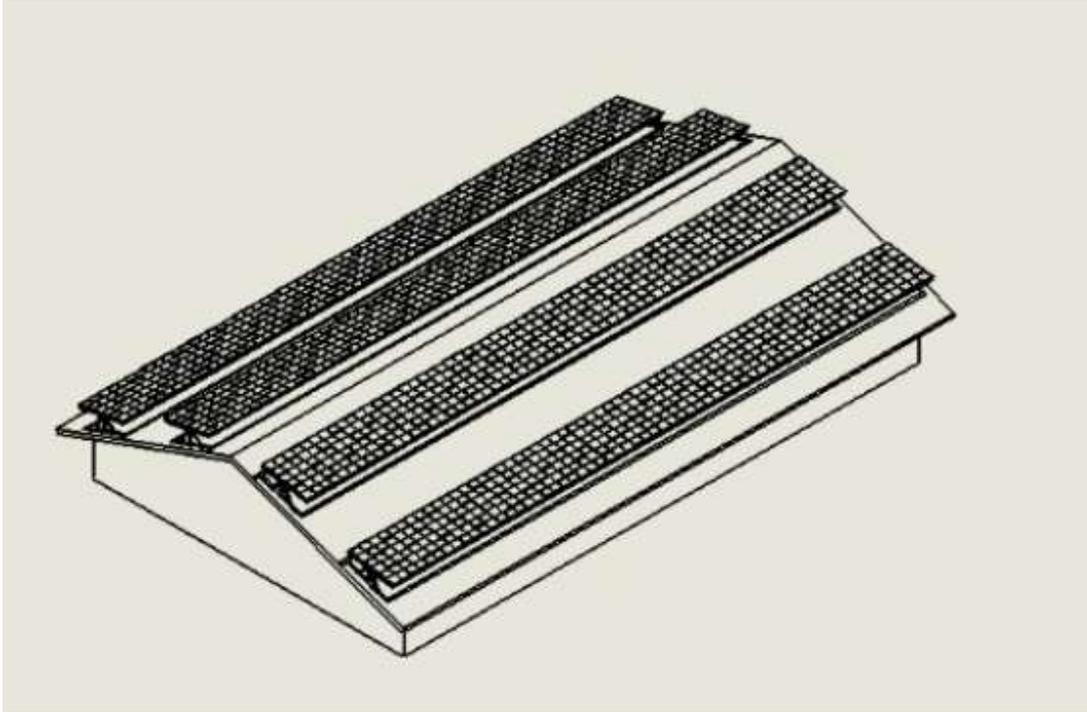
## **ANEXOS**

#### Anexo 4. 1 Dimensiones del panel solar fotovoltaico

Dimensiones del panel solar fotovoltaico



## Anexo 4. 2 Ubicación de los paneles solares con su respectivo ángulo de inclinación



### Anexo 4. 3 Amperaje que soporta los cables de cobre para corriente alterna

## Amperaje que soportan los cables de cobre

Nivel de temperatura:	60°C	75°C	90°C		
Tipo de aislante:	TW	RHW, THW, THWN	THHN, XHHW-2, THWN-2		
			SPT		
Medida / calibre del cable	Amperaje soportado			Medida / calibre del cable	Amperaje soportado
14 AWG	15 A	15 A	15 A	20 AWG	2 A
12 AWG	20 A	20 A	20 A	18 AWG	10 A
10 AWG	30 A	30 A	30 A	16 AWG	13 A
8 AWG	40 A	50 A	55 A	14 AWG	18 A
6 AWG	55 A	65 A	75 A	12 AWG	25 A
4 AWG	70 A	85 A	95 A		
3 AWG	85 A	100 A	115 A		
2 AWG	95 A	115 A	130 A		
1 AWG	110 A	130 A	145 A		
1/0 AWG	125 A	150 A	170 A		
2/0 AWG	145 A	175 A	195 A		
3/0 AWG	165 A	200 A	225 A		
4/0 AWG	195 A	230 A	260 A		

#### Anexo 4. 4 Conductores eléctricos de corriente continua

Conductores eléctricos de corriente continua

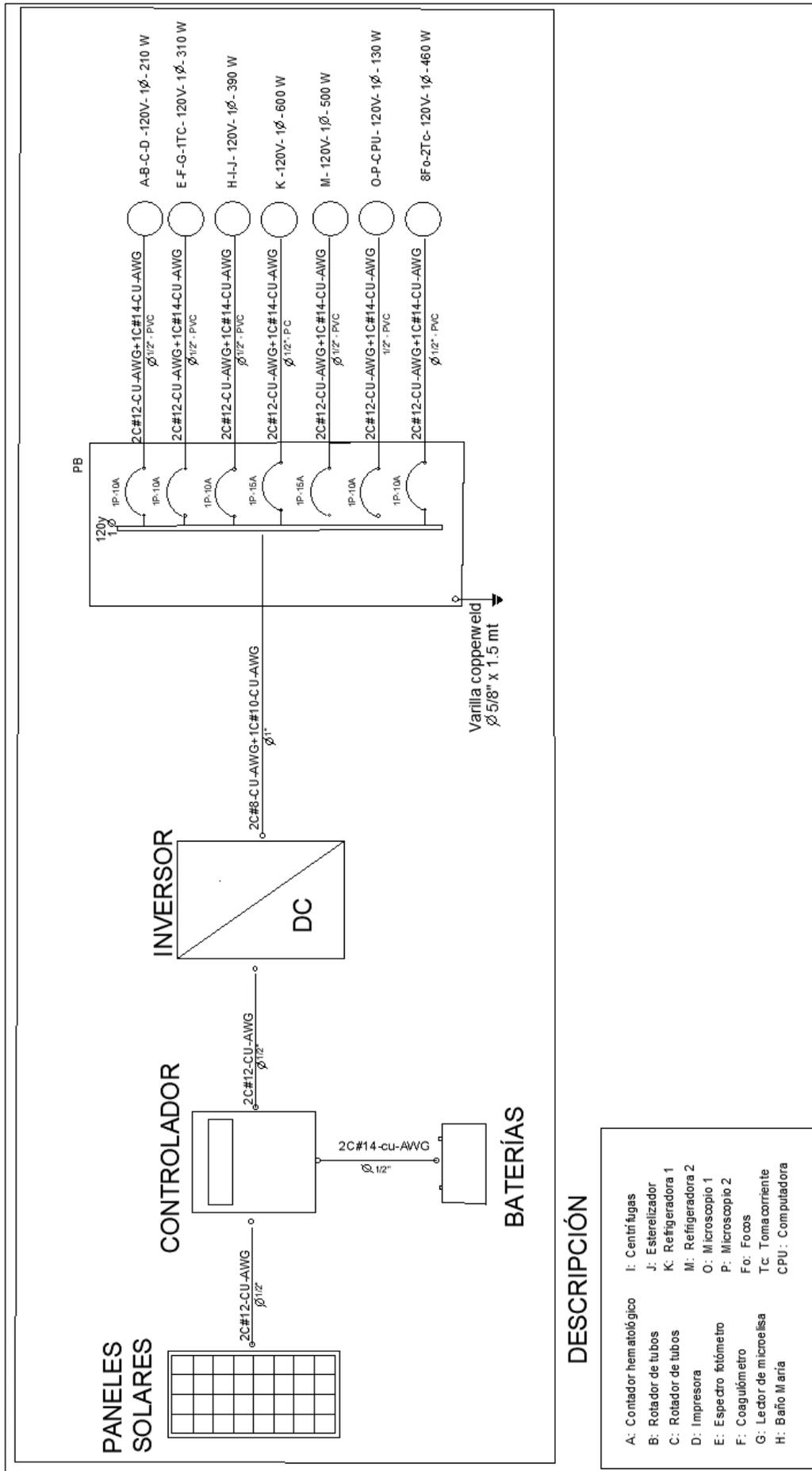
Calibre AWG - MCM	Sección Real (mm <sup>2</sup> )	Intensidad Admisible (Amperios)
14	2.081	30
12	3.309	40
10	5.261	55
8	8.366	70
6	13.300	100
4	21.150	130
3	26.670	150
2	33.630	175
1	42.410	205
1/0	53.480	235
2/0	67.430	275
3/0	85.030	320
4/0	107.200	370
250 MCM	126.700	410
300 MCM	151.000	460

#### Anexo 4. 5 Cotización de los elementos del sistema solar fotovoltaico

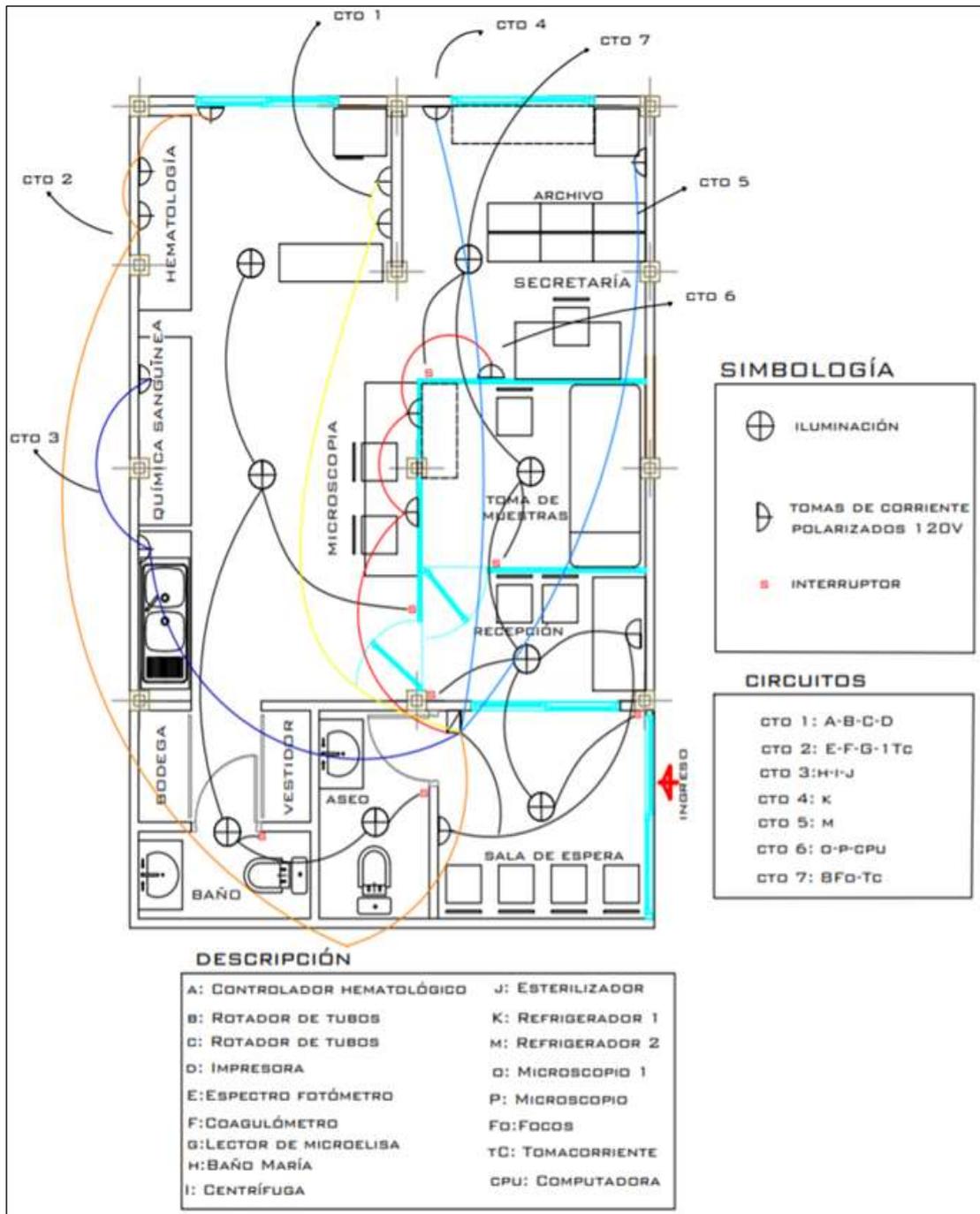
Cotización de los elementos del sistema solar fotovoltaico

Cantidad	Descripción		Unidad	Total
20	Panel solar policristalino ECO GREEN 350W/24 VDC		\$330	\$6600
2	Controlador Morningstar TriStar 66		\$280	\$560
1	Inversor SUNNY BOY 3800 LT-US DE 4500W		\$1500	\$1500
18	Baterías SBB GEL 150Ah/12Vdc		\$400	\$7200
20	Estructura de soporte paneles solares		\$90	\$1800
<b>VALOR TOTAL</b>				<b>\$17660</b>

#### Anexo 4. 6 Diagrama unifilar



Anexo 4. 7 Plano del laboratorio



## BIBLIOGRAFÍA

- Alrikabi, N. K. (Enero de 2014). *Journal of Clean Energy Technologies*. Obtenido de Renewable energy types: <http://www.jocet.org/papers/092-J30008.pdf>
- Andrade, M. P. (21 de 02 de 2015). *Definición ABC*. Obtenido de Definición ABC: <https://www.definicionabc.com/ciencia/radiacion-solar.php>
- Berrío, L. H., & Zuluoaga, C. (Julio de 2014). *Smart Grid y la energía solar fotovoltaica para la generación distribuida: una revisión en el contexto energético mundial*. Obtenido de Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal.: <http://www.redalyc.org/pdf/852/85232596010.pdf>
- Castro, M. (Noviembre de 2011). *Centro Ecuatoriano de Derecho Ambiental*. Obtenido de Hacia una matriz energética diversificada en Ecuador: <http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/cg00344.pdf>
- CELEC EP - GENSUR. (2014). *Ministerio de Electricidad y Energía Renovable*. Obtenido de Informe de rendición de cuentas 2014: <https://www.celec.gob.ec/gensur/images/cuentas2015/Rendici%C3%B3n%20de%20Cuentas%20GENSUR%202014%20vf.pdf>
- CONELEC. (8 de Diciembre de 2015). *Estudio de gestión de la demanda eléctrica*. Obtenido de Plan Maestro de Electrificación 2013 - 2022: <http://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/12/Vol2-Estudio-y-gesti%C3%B3n-de-la-demanda-el%C3%A9ctrica.pdf>
- Dirección General de Industria, Energía y Minas. (30 de Julio de 2012). *El gas natural*. Obtenido de El recorrido de la energía: <https://www.fenercom.com/pdf/aula/recorrido-de-la-energia-gas-natural.pdf>

- EP Petroecuador. (Noviembre de 2014). *Sistema de GLP Monteverde - Chorrillo*.  
Obtenido de Una megaobra que beneficia a todo el Ecuador:  
<http://www.ekosnegocios.com/revista/pdfTemas/1089.pdf>
- EPEC - Empresa Provincial de Energía de Córdoba. (1 de Junio de 2012). *Energía renovable*. Obtenido de La biomasa:  
<https://www.epec.com.ar/docs/educativo/institucional/biomasa.pdf>
- Estrada Gasca, C. A. (14 de Mayo de 2013). *Transición energética, energías renovables y energía solar de potencia*. Obtenido de Instituto de Energías Renovables. Universidad Nacional Autónoma de México. :  
<http://www.redalyc.org/pdf/570/57030971010.pdf>
- García, S. V. (Septiembre de 2012). *Universidad de Almería*. Obtenido de Energía nuclear ¿controversia o consenso en prensa? y su uso en el aula:  
[http://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/2177/Garcia\\_Vaquero.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/2177/Garcia_Vaquero.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Green Energy Latin America. (26 de Julio de 2017). *Informativo Técnico #22*.  
Obtenido de Inversores híbridos vs Inversores multifuncionales:  
<https://www.greenenergy-latinamerica.com/inversores-hibridos-vs-inversores-multifuncionales/>
- Hernández, P. J. (8 de Marzo de 2014). *Eficiencia energética*. Obtenido de Eficiencia energética: <https://pedrojhernandez.com/2014/03/08/radiacion-directa-difusa-y-reflejada/>
- INER. (16 de Febrero de 2017). *Energía Eólica*. Obtenido de Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables: [https://www.iner.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/12/EOLICO\\_DOSSIER.pdf](https://www.iner.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/12/EOLICO_DOSSIER.pdf)

- INER. Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables. (2016). *INER. Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables. Obtenido de Análisis de las oportunidades en eficiencia energética y energías renovables en Ecuador.:* <http://iner.ec/plataforma/Documento.pdf>
- Instituto Tecnológico de Canarias, S.A. (Abril de 2008). *Gobierno de Canarias. Consejería de Economía, Industria, Comercio y Conocimiento. Obtenido de Energías renovables y eficiencia energética:* <https://www.cienciacanaria.es/files/Libro-de-energias-renovables-y-eficiencia-energetica.pdf>
- IPCC. (28 de Octubre de 2012). *Fuentes de energías renovables y mitigación del cambio climático* . Obtenido de Informe especial sobre fuentes de energía: [https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srren/srren\\_report\\_es.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srren/srren_report_es.pdf)
- McGraw-Hill Education. (21 de Noviembre de 2017). *Componentes de una instalacion fotovoltaica*. Obtenido de Partes de una red fotovoltaica: <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf>
- Mínguez, E. (2015). *Instituto Español de Estudios Energéticos*. Obtenido de El futuro de la energía nuclear hacia 2020: [http://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs\\_trabajo/2015/DIEEET15-2015\\_FuturoEnergiaNuclear\\_E.Minguez.pdf](http://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs_trabajo/2015/DIEEET15-2015_FuturoEnergiaNuclear_E.Minguez.pdf)
- Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. (2012). *Informe de rendición de cuentas 2012*. Obtenido de <https://www.energia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/10/7.8-Informe-Rendici%C3%B3n-de-Cuentas-MEER-2012.pdf>
- Moratilla Soria, B. Y. (2016). La energía eólica. *DYNA*, 21-25.

- NASA *Prediction Of Worldwine Energy Resources*. (s.f.). Obtenido de NASA  
 pREDICTION Of Worldwine Energy Resources:  
[https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-  
 bin/sse/grid.cgi?email=skip%40larc.nasa.gov&step=1&lat=-3.7&lon=-  
 79.6&submit=Submit](https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi?email=skip%40larc.nasa.gov&step=1&lat=-3.7&lon=-79.6&submit=Submit)
- PETROAMAZONAS EP. (2016). *Reporte gerencial 2016*. Obtenido de Reporte  
 gerencial 2016: [http://www.petroamazonas.gob.ec/wp-  
 content/uploads/downloads/2017/02/Reporte\\_Gerencial\\_2016\\_3-2-17.pdf](http://www.petroamazonas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/02/Reporte_Gerencial_2016_3-2-17.pdf)
- Ponce de León, J. I. (5 de Diciembre de 2011). *Universidad de las Américas Puebla*.  
 Obtenido de Problemática ambiental del uso de combustibles fósiles:  
[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lad/idigoras\\_p\\_j/capitulo2.  
 pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lad/idigoras_p_j/capitulo2.pdf)
- Quintero González, J. R., & Quintero González, L. E. (2 de Diciembre de 2015).  
*Universidad Nacional de Colombia*. Obtenido de Energía mareomotriz:  
 potencial energético y medio ambiente:  
<http://www.redalyc.org/pdf/1694/169443282007.pdf>
- Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología -Iberoamericana e Interamericana. (16 de  
 Enero de 2014). *La investigación y desarrollo en energías renovables en  
 iberoamérica. Situación actual y tendencias*. . Obtenido de RICYT:  
[http://www.ricyt.org/files/2\\_1\\_La\\_investigacion\\_y\\_el\\_desarrollo\\_en\\_energia  
 s\\_renovables.pdf](http://www.ricyt.org/files/2_1_La_investigacion_y_el_desarrollo_en_energias_renovables.pdf)
- Romo Fernández, L. M. (2016). *Universidad de Extremadura. Departamento de  
 Información y Comunicación*. Obtenido de Repositorio Institucional  
 Universidad Extremadura:

[http://dehesa.unex.es/bitstream/handle/10662/4033/TDUEX\\_2016\\_Romo\\_Fernandez.pdf](http://dehesa.unex.es/bitstream/handle/10662/4033/TDUEX_2016_Romo_Fernandez.pdf)

Rosero, E., & Chiliquina, B. (Agosto de 2011). *Observatorio de energías renovables en América Latina y el Caribe*. Obtenido de Organización Latinoamericana de Energía:

[http://www.renenergyobservatory.org/uploads/media/Ecuador\\_Producto\\_1\\_y\\_2\\_Esp\\_02.pdf](http://www.renenergyobservatory.org/uploads/media/Ecuador_Producto_1_y_2_Esp_02.pdf)

Santoyo, E., & Barragán - Reyes, R. M. (29 de Julio de 2016). *Energía Geotérmica*. Obtenido de Revista Ciencia:

[https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/61\\_2/PDF/EnergiaGeotermica.pdf](https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/61_2/PDF/EnergiaGeotermica.pdf)

Universidad Nacional Autónoma de México. (29 de Noviembre de 2011). *IER - Instituto de Energías Renovables*. Obtenido de Energía Mareomotriz: <http://www.cie.unam.mx/~rbb/Mae/EnergiaMareomotriz.pdf>



## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Chan Samaniego, Javier Alexander** con C.C: # 070441295-6 autor del Trabajo de Titulación: “Estudio y diseño para la implementación de un sistema de energía solar fotovoltaico para el Laboratorio Clínico "Chan" ubicado en la ciudad de Zaruma”. previo a la obtención del título de **INGENIERO EN 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, 14 de septiembre de 2018

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

Nombre: **Chan Samaniego, Javier Alexander**

C.C: **070441295-6**

## *REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA*

### FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

<b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b>	Estudio y diseño para la implementación de un sistema de energía solar fotovoltaico para el Laboratorio Clínico Chan ubicado en la ciudad de Zaruma.		
<b>AUTOR(ES)</b>	CHAN SAMANIEGO, JAVIER ALEXANDER		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>	Ing. MONTENEGRO TEJADA, RAÚL M.Sc.		
<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 en Eléctrico - Mecánico		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	14 de septiembre de 2018	<b>No. de páginas:</b>	74
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	ENERGÍA RENOVABLE, ENERGÍA SOLAR,		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	ENERGÍA, RENOVABLE, ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA, PANEL SOLAR, RADIACIÓN SOLAR.		
<b>RESUMEN/ABSTRACT</b>			
<p>En el presente trabajo, se realizó el estudio y diseño para la implementación de un sistema de energía solar fotovoltaico, con la finalidad de garantizar el correcto funcionamiento de los equipos del laboratorio sin que afecte los cortes de energía eléctrica convencional. Para este estudio se tomó en cuenta los datos nominales de todos los equipos electrónicos del Laboratorio Clínico "Chan", obteniendo la demanda respectiva para realizar el cálculo del sistema solar fotovoltaico, que consta de paneles solares, inversor, controlador, baterías y cables. Para la realización del cálculo de las corrientes del circuito, se utilizó el método de investigación descriptiva, debido a que se necesitó calcular la potencia y corriente que circula por el sistema solar fotovoltaico, para luego realizar el cálculo del calibre de conductor a utilizar. A continuación, se realizó el dimensionamiento de los paneles solares y su respectivo ángulo de inclinación para captar el máximo grado de luminosidad.</p>			
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b> +593989938352	E-mail: <a href="mailto:xa_vi_312@hotmail.com">xa_vi_312@hotmail.com</a>	
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN: COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE</b>	<b>Nombre:</b> Philco Asqui, Luis Orlando		
	<b>Teléfono:</b> (04) 2 202935 ext. 2007		
	<b>E-mail:</b> <a href="mailto:luis.philco@cu.ucsg.edu.ec">luis.philco@cu.ucsg.edu.ec</a>		
<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>			