



**Sistema Fotovoltaico para abastecer los procesos de ordeño, regadío e iluminación exterior en una finca familiar en la parroquia Mulalillo del cantón Salcedo**

Jácome Rivadeneira, Efrén Mateo

Departamento de Eléctrica y Electrónica

Carrera de Ingeniería en Electrónica e Instrumentación

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero en Electrónica e

Instrumentación

ING. Ávila Rosero, Galo Raúl, MGS.

30 de enero del 2023

Latacunga

## Reporte de verificación de similitud de contenidos

### Document Information

Analyzed document	TESIS JACOME EFREN.pdf (D156743325)
Submitted	1/23/2023 8:45:00 PM
Submitted by	Juan Carlos Altamirano
Submitter email	jc.altamiranoc@uta.edu.ec
Similarity	7%
Analysis address	jc.altamiranoc.uta@analysis.urkund.com

GALO RAUL  
AVILA  
ROSERO

Firmado digitalmente por GALO RAUL AVILA ROSERO

### Sources included in the report

<b>SA</b>	<b>UCSG PROYECTO ACUAPONICO ANIBAL CHICA TIR (2)(2).docx</b> Document UCSG PROYECTO ACUAPONICO ANIBAL CHICA TIR (2)(2).docx (D146281913)	1
<b>W</b>	URL: <a href="https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/22982/TFG_Monica_Dominguez_Dominguez.pdf?sequ...">https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/22982/TFG_Monica_Dominguez_Dominguez.pdf?sequ...</a> Fetched: 5/30/2022 12:03:02 AM	1
<b>W</b>	URL: <a href="https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/14677/1/2017_dise%C3%B1o_implementaci%C3%...">https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/14677/1/2017_dise%C3%B1o_implementaci%C3%...</a> Fetched: 5/30/2020 9:51:25 AM	6
<b>SA</b>	<b>pmlPape5Ualejandracespo30112020.pdf</b> Document pmlPape5Ualejandracespo30112020.pdf (D87272476)	2
<b>W</b>	URL: <a href="https://www.otovo.es/blog/placas-solares/placas-solares-policristalinas/">https://www.otovo.es/blog/placas-solares/placas-solares-policristalinas/</a> Fetched: 1/23/2023 8:45:00 PM	1

### Entire Document

1 Índice de Contenido Carátula .....	¡Error! Marcador no definido. Certificación .....
..... ¡Error! Marcador no definido. Reporte de COPYLIKS .....	¡Error! Marcador no definido. Responsabilidad de Autoría .....
..... ¡Error! Marcador no definido. Autorización de Publicación .....	¡Error! Marcador no definido. Dedicatoria y Agradecimientos .....
..... ¡Error! Marcador no definido. Índice de Contenido .....	1

<b>45%</b>	<b>MATCHING BLOCK 1/11</b>	<b>SA</b>	UCSG PROYECTO ACUAPONICO ANIBAL CHICA TIR (2)( ... (D146281913)
Índice de Tablas .....	4 Índice de Ilustraciones .....	8 Abstract .....	5 Resumen .....
..... 9 CAPITULO I Introducción .....	10 Justificación .....	11 Objetivos .....	10 Antecedentes .....
..... 11 Objetivos Específicos .....	12 Hipótesis .....	13 2 Energías Renovables .....	Objetivo General .....
..... 12 CAPITULO II .....			Marco Teórico .....



Ing. Ávila Rosero, Galo Raúl, Mgs.

C.C. 0501156061



## Departamento de Eléctrica Y Electrónica

### Carrera de ingeniería en Electrónica e Instrumentación

#### Certificación

Certifico que el trabajo de titulación, “**SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA ABASTECER LOS PROCESOS DE ORDEÑO, REGADÍO E ILUMINACIÓN EXTERIOR EN UNA FINCA FAMILIAR EN LA PARROQUIA MULALILLO DEL CANTÓN SALCEDO**”, fue realizado por el señor **Jácome Rivadeneira, Efrén Mateo**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente

Latacunga, 30 de enero del 2023

---

**Ing. Ávila Rosero, Galo Raúl, Mgs.**

C.C. 0501156061



**Departamento de Eléctrica y Electrónica**  
**Carrera de Ingeniería en Electrónica e Instrumentación**

**Responsabilidad de Autoría**

Yo, **Jácome Rivadeneira, Efrén Mateo**, con cedula de ciudadanía n° 0504322975, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación, “**SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA ABASTECER LOS PROCESOS DE ORDEÑO, REGADÍO E ILUMINACIÓN EXTERIOR EN UNA FINCA FAMILIAR EN LA PARROQUIA MULALILLO DEL CANTÓN SALCEDO.**”, es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 30 de enero del 2023

---

**Jácome Rivadeneira, Efrén Mateo**

C.C. 0504322975



**Departamento de Eléctrica y Electrónica**  
**Carrera de Ingeniería en Electrónica e Instrumentación**

**Autorización de Publicación**

Yo, **Jácome Rivadeneira, Efrén Mateo**, con cedula de ciudadanía n° 0504322975, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación, “**SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA ABASTECER LOS PROCESOS DE ORDEÑO, REGADÍO E ILUMINACIÓN EXTERIOR EN UNA FINCA FAMILIAR EN LA PARROQUIA MULALILLO DEL CANTÓN SALCEDO.**”, en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 30 de enero del 2023

---

**Jácome Rivadeneira, Efrén Mateo**

C.C. 0504322975

## **Dedicatoria y Agradecimientos**

Agradezco a Dios por haberme otorgado una familia maravillosa, quienes han creído en mí siempre, dándome un ejemplo de superación, humildad y sacrificio; enseñándome a valorar todo.

A todos ellos les dedico el presente trabajo, porque han sido un pilar fundamental a lo largo de mi vida. Espero siempre contar con su valioso e incondicional apoyo.

A mi tutor académico Ing. Galo Ávila, le agradezco por el compromiso y dedicación que me brindó durante la ejecución de este proyecto y por haber sido un docente digno de respeto y admiración a lo largo de mi periodo estudiantil.

***Mateo Jácome***

**ÍNDICE DE CONTENIDOS**

<b>Carátula .....</b>	<b>1</b>
<b>Reporte de verificación de similitud de contenidos.....</b>	<b>2</b>
<b>Certificación .....</b>	<b>3</b>
<b>Responsabilidad de Autoría .....</b>	<b>4</b>
<b>Autorización de Publicación .....</b>	<b>5</b>
<b>Dedicatoria y Agradecimientos.....</b>	<b>6</b>
<b>Índice de Contenido .....</b>	<b>7</b>
<b>Índice de Tablas .....</b>	<b>11</b>
<b>Índice de Figuras .....</b>	<b>12</b>
<b>Resumen .....</b>	<b>15</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>16</b>
<b>Capítulo I: Introducción .....</b>	<b>17</b>
<b>Antecedentes .....</b>	<b>17</b>
<b>Justificación.....</b>	<b>18</b>
<b>Objetivos .....</b>	<b>18</b>
<b><i>Objetivo General.....</i></b>	<b>18</b>
<b><i>Objetivos Específicos.....</i></b>	<b>18</b>
<b>Hipótesis.....</b>	<b>19</b>
<b>Capítulo II: Marco Teórico.....</b>	<b>20</b>

<b>Energías Renovables .....</b>	<b>20</b>
<b>Energía Solar.....</b>	<b>21</b>
<i>Beneficios de la energía solar .....</i>	<i>21</i>
<i>Aprovechamiento de la energía solar.....</i>	<i>21</i>
<b>Radiación Solar .....</b>	<b>21</b>
<b>Paneles solares .....</b>	<b>22</b>
<i>Tipos de paneles solares .....</i>	<i>23</i>
<b>Reacción Fotovoltaica .....</b>	<b>24</b>
<b>Características de módulos fotovoltaicos .....</b>	<b>25</b>
<b>Tipos de Módulos Fotovoltaicos .....</b>	<b>26</b>
<i>Módulos mono cristalinos .....</i>	<i>26</i>
<i>Módulos poli cristalinos.....</i>	<i>27</i>
<b>Tipos de Sistemas Fotovoltaicos .....</b>	<b>28</b>
<i>Sistema fotovoltaico aislado .....</i>	<i>28</i>
<i>Sistema fotovoltaico conectado a la red.....</i>	<i>29</i>
<i>Sistema fotovoltaico hibrido.....</i>	<i>30</i>
<b>Inversores electrónicos .....</b>	<b>31</b>
<b>Controladores de carga .....</b>	<b>32</b>
<b>Sistema Acumulador o Baterías .....</b>	<b>33</b>
<b>Tipos de Baterías para Instalaciones Solares .....</b>	<b>34</b>
<i>Baterías Monoblock.....</i>	<i>34</i>



<i>Baterías AGM</i> .....	34
<i>Baterías de electrolito gelificado GEL</i> .....	35
<i>Baterías Estacionarias</i> .....	35
<i>Baterías de Litio</i> .....	35
Capacidad de las Baterías.....	36
Proceso de ordeño automático .....	36
Sistemas de regadío.....	36
Iluminación exterior .....	37
Capítulo III: Diseño e Implementación del Sistema Fotovoltaico .....	38
Selección del sistema fotovoltaico .....	38
<i>Proceso de ordeño</i> .....	38
<i>Proceso de Regadío</i> .....	38
<i>Iluminación Exterior</i> .....	41
Factor de utilización.....	43
Diseño del sistema fotovoltaico .....	44
Selección de equipos y dispositivos del sistema solar .....	45
<i>Panel Solar</i> .....	45
<i>Inversor/ Cargador</i> .....	47
<i>Batería Proviento Gel Ciclo Profundo</i> .....	48
Implementación del sistema fotovoltaico.....	50
<i>Instalación de los Paneles Solares</i> .....	50

	10
<i>Instalación Inversor / Cargador</i> .....	<b>53</b>
<i>Conexión a Procesos</i> .....	<b>57</b>
<b>Circuitos eléctricos complementarios</b> .....	<b>59</b>
<b>Capítulo IV: Pruebas experimentales del Sistema Fotovoltaico implementado</b> .....	<b>62</b>
<b>Pruebas en el proceso de Ordeño</b> .....	<b>62</b>
<b>Prueba del proceso de Regadío</b> .....	<b>65</b>
<b>Pruebas del proceso de Iluminación Exterior</b> .....	<b>67</b>
<b>Análisis de resultados e Implementación final</b> .....	<b>70</b>
<b>Costos Sistema Solar Fotovoltaico</b> .....	<b>72</b>
<b>Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones</b> .....	<b>73</b>
<b>Conclusiones</b> .....	<b>73</b>
<b>Recomendaciones</b> .....	<b>75</b>
<b>Bibliografía</b> .....	<b>76</b>
<b>Anexos</b> .....	<b>79</b>

**ÍNDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1</b> <i>Potencia Requerida</i> .....	44
<b>Tabla 2</b> <i>Características Paneles Solares</i> .....	46
<b>Tabla 3</b> <i>Características Inversor / Cargador</i> .....	47
<b>Tabla 4</b> <i>Características Baterías de Gel</i> .....	48
<b>Tabla 5</b> <i>Costos Sistema Solar Fotovoltaico</i> .....	72

**ÍNDICE DE FIGURAS**

<b>Figura 1</b> <i>Tipos de Paneles Solares</i> .....	23
<b>Figura 2</b> <i>Reacción Fotovoltaica</i> .....	25
<b>Figura 3</b> <i>Características Modulo Fotovoltaico</i> .....	26
<b>Figura 4</b> <i>Modulo mono cristalino</i> .....	27
<b>Figura 5</b> <i>Modulo poli cristalino</i> .....	28
<b>Figura 6</b> <i>Sistema fotovoltaico aislado</i> .....	29
<b>Figura 7</b> <i>Sistema fotovoltaico conectado a la red</i> .....	30
<b>Figura 8</b> <i>Sistema fotovoltaico hibrido</i> .....	31
<b>Figura 9</b> <i>Sistema acumulador</i> .....	34
<b>Figura 10</b> <i>Máquina de ordeño</i> .....	38
<b>Figura 11</b> <i>Bomba de agua marca Pedrollo</i> .....	39
<b>Figura 12</b> <i>Bomba de agua marca Tekno</i> .....	39
<b>Figura 13</b> <i>Bomba de agua marca Rong-Long</i> .....	40
<b>Figura 14</b> <i>Reservorio principal</i> .....	40
<b>Figura 15</b> <i>Reservorio secundario</i> .....	41
<b>Figura 16</b> <i>Ubicaciones luminarias</i> .....	42
<b>Figura 17</b> <i>Ubicaciones luminarias</i> .....	43

<b>Figura 18</b> <i>Diagrama de bloques equipos</i> .....	45
<b>Figura 19</b> <i>Paneles solares</i> .....	46
<b>Figura 20</b> <i>Inversor / Cargador</i> .....	47
<b>Figura 21</b> <i>Banco de baterías</i> .....	49
<b>Figura 22</b> <i>Ubicación paneles solares</i> .....	51
<b>Figura 23</b> <i>Platinas para sujeción de los paneles</i> .....	51
<b>Figura 24</b> <i>Conexión en paralelo de los paneles solares</i> .....	52
<b>Figura 25</b> <i>Comprobación del voltaje entregado por los paneles</i> .....	53
<b>Figura 26</b> <i>Instalación Inversor / Cargador</i> .....	54
<b>Figura 27</b> <i>Conexión de dos baterías en serie</i> .....	55
<b>Figura 28</b> <i>Programación Inversor / Cargador</i> .....	56
<b>Figura 29</b> <i>Conexión paneles solares con el inversor</i> .....	57
<b>Figura 30</b> <i>Caja de distribución para los tres procesos</i> .....	58
<b>Figura 31</b> <i>Conexión Inversor - Caja de distribución</i> .....	59
<b>Figura 32</b> <i>Selector Ordeño</i> .....	60
<b>Figura 33</b> <i>Selector Iluminación</i> .....	61
<b>Figura 34</b> <i>Pantalla inversor al iniciar el ordeño</i> .....	62
<b>Figura 35</b> <i>Ordeño primeras dos vacas</i> .....	63

<b>Figura 36</b> <i>Pantalla inversor a media prueba del ordeño</i> .....	64
<b>Figura 37</b> <i>Pantalla inversor al finalizar la prueba de ordeño</i> .....	65
<b>Figura 38</b> <i>Pantalla inversor al funcionar las bombas de regadío</i> .....	66
<b>Figura 39</b> <i>Pruebas de regadío</i> .....	66
<b>Figura 40</b> <i>Bomba de regadío</i> .....	67
<b>Figura 41</b> <i>Instalación postes para iluminación</i> .....	68
<b>Figura 42</b> <i>Pantalla inversor prueba de iluminación</i> .....	68
<b>Figura 43</b> <i>Iluminación final de la finca</i> .....	69
<b>Figura 44</b> <i>Iluminación exterior de la vivienda</i> .....	70
<b>Figura 45</b> <i>Implementación final Sistema Solar Fotovoltaico</i> .....	71

## Resumen

En el presente proyecto se desarrolla un sistema solar fotovoltaico el cual tiene como finalidad abastecer de energía eléctrica a una pequeña finca familiar ubicada en la parroquia Mulalillo del cantón Salcedo, con el fin de reducir el impacto al medio ambiente que tiene en estos momentos la generación de energía eléctrica convencional aplicando el uso de energías renovables como lo es la energía solar; este proyecto es de gran importancia para el desarrollo sostenible de esta finca, debido a que se generara un gran ahorro al momento de pagar la planilla de luz. Este proyecto se desarrolla en 5 capítulos detallados a continuación: Capítulo I, enfocado en la introducción del proyecto; Capítulo II, Sustentación teórica del proyecto; Capítulo III, Dimensionamiento, Diseño e Implementación del Sistema Fotovoltaico; Capítulo IV, Pruebas experimentales del sistema fotovoltaico implementado y análisis de resultados; Capítulo V, Conclusiones y recomendaciones. El principal objetivo del proyecto es brindar la potencia eléctrica necesaria para que los procesos de ordeño, iluminación exterior y regadío funcionen sin ningún problema, con el uso de energías renovables que no afectan al medio ambiente colaborando así para disminuir el impacto del calentamiento global en el país, que se ha incrementado en los últimos años.

*Palabras clave:* energías renovables, sistema fotovoltaico, desarrollo sostenible.

### **Abstract**

This project develops a photovoltaic solar system which aims to supply electricity to a small family farm located in the parish Mulalillo of Salcedo canton, in order to reduce the environmental impact that currently has the generation of conventional electricity by applying the use of renewable energy such as solar energy; this project is of great importance for the sustainable development of this farm, because it will generate great savings at the time of paying the electricity bill. This project is developed in 5 chapters detailed as follows: Chapter I, focused on the introduction of the project; Chapter II, Theoretical substantiation of the project; Chapter III, Dimensioning, Design and Implementation of the Photovoltaic System; Chapter IV, Experimental tests of the implemented photovoltaic system and analysis of results; Chapter V, Conclusions and recommendations. The main objective of the project is to provide the necessary electrical power for the milking, outdoor lighting and irrigation processes to work without any problem, with the use of renewable energies that do not affect the environment, thus collaborating to reduce the impact of global warming in the country, which has increased in recent years.

*Key words:* renewable energies, photovoltaic system, sustainable development.



## Capítulo I

### Introducción

#### Antecedentes

Ante la problemática que implica el uso y agotamiento de los combustibles fósiles para la generación de energía, el tema de las fuentes alternativas de energía ha retomado interés en los últimos años; estas fuentes aprovechan la energía del sol. A lo largo de la historia, la energía solar siempre ha estado presente en la vida del planeta. Esta fuente de energía siempre ha sido imprescindible para el desarrollo de la vida. A lo largo del tiempo, la humanidad cada vez ha ido mejorando las estrategias para su aprovechamiento.

Sin duda alguna, aprovechar más esta energía que nos llega ininterrumpidamente puede ayudar a resolver nuestros problemas energéticos. Además, la energía solar es una energía limpia: las centrales solares no contaminan. El inconveniente de la energía solar es la baja eficiencia de las centrales. Aunque la luz del Sol nos aporta una gran cantidad de energía, ésta está dispersa por todo el planeta, por lo que es necesario concentrarla para obtener energía eléctrica de una manera rentable. El desarrollo sustentable es aquel que satisface las necesidades del presente sin poner en peligro la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades. Este tipo de desarrollo conserva la tierra, el agua, los recursos genéticos de los reinos animal y vegetal, no degrada el medio ambiente, es tecnológicamente apropiado, económicamente viable y socialmente aceptable.

El esquema actual del sector energético basado principalmente en combustibles fósiles no es consistente con el desarrollo sustentable por los grandes efectos ambientales causados. Debido a sus grandes ventajas la generación de energía mediante celdas solares se ha incrementado notablemente en los últimos años. Se espera que esta tendencia continúe.

## **Justificación**

El uso de energías renovables limpias, contribuyen y generan beneficios en diversas áreas, desde un punto de vista económico, representa un gran ahorro en los costos del servicio eléctrico para el propietario de la finca, en el aspecto técnico, simboliza un sistema de contingencia ante un posible fallo en el suministro energético por parte de la red pública, y finalmente desde el punto de vista ambiental está orientado a generar una cultura de la eficiencia energética amigable con el ambiente reduciendo la emisión de CO<sub>2</sub>.

Considerando la importancia que este tipo de proyectos representa para el país, el presente trabajo servirá de base para nuevos planes relacionados al área, además, que el mismo se enmarca en el perfil profesional de un Ingeniero en Electrónica e Instrumentación que tiene la capacidad de generar soluciones en el área de la Instrumentación, como un elemento clave para optimizar los procesos industriales, mecatrónicos, agronómicos, biomédicos, entre otros, mediante el uso de sistemas, instrumentos y dispositivos electrónicos, que permiten medir, controlar, comunicar, señalizar y registrar los atributos de una variable física.

## **Objetivos**

### ***Objetivo General***

- Implementar un sistema solar fotovoltaico para abastecer los procesos de ordeño, regadío e iluminación exterior en una finca familiar en la parroquia Mulalillo del cantón Salcedo.

### ***Objetivos Específicos***

- Analizar la carga que se instalará para los procesos de ordeño, regadío e iluminación externa.
- Determinar los tipos de sistemas fotovoltaicos más comunes, para seleccionar cuál es el

más eficiente para su posterior implementación.

- Diseñar el sistema fotovoltaico seleccionado.
- Seleccionar los equipos y dispositivos del sistema fotovoltaico a instalar.
- Diseñar los circuitos eléctricos complementarios con sus respectivos dispositivos de seguridad.
- Implementar los paneles solares con sus dispositivos complementarios.
- Realizar pruebas experimentales del sistema fotovoltaico implementado para evaluar su desempeño y analizar los resultados obtenidos.
- Realizar correcciones, ajustes y calibraciones finales para el óptimo funcionamiento del sistema.
- Elaboración del informe final del trabajo de titulación.
- Revisiones del informe final

### **Hipótesis**

¿El sistema fotovoltaico implementado, permitirá satisfacer la demanda energética necesaria para abastecer los procesos de ordeño, regadío e iluminación exterior de una finca familiar?

## Capítulo II

### Marco Teórico

#### Energías Renovables

Las energías renovables son un tipo de energías derivadas de fuentes naturales que llegan a reponerse más rápido de lo que pueden consumirse. Un ejemplo de estas fuentes son, por ejemplo, la luz solar y el viento; estas fuentes se renuevan continuamente. Las fuentes de energía renovable abundan y las encontramos en cualquier entorno. Por el contrario, los combustibles fósiles, como el carbón, el petróleo y el gas, constituyen fuentes de energía no renovables que tardan cientos de millones de años en formarse. Los combustibles fósiles producen la energía al quemarse, lo que provoca emisiones dañinas en forma de gases de efecto invernadero, como el dióxido de carbono.

La generación de energías renovables produce muchas menos emisiones que la quema de combustibles fósiles. Una transición de los combustibles fósiles, los cuales representan en la actualidad la mayor parte de las emisiones, a energías renovables resulta fundamental para abordar la crisis producida por el cambio climático. Hoy en día, las energías renovables son más baratas en la mayoría de los países y generan tres veces más puestos de trabajo que los combustibles fósiles. (UNORG, 2018)

Un desarrollo de energía sostenible generalmente involucra cuatro aspectos tecnológicos principales: una mejora de la eficiencia de la producción de energía, un programa de ahorro de energía (en el lado de la demanda) y la sustitución de tecnologías de combustibles fósiles por fuentes de ER con el beneficio de un entorno ambiental mucho mejor. Los proyectos de ER de mediana a gran escala deben contener estrategias sostenibles adecuadas para una mejor integración de estas fuentes en sistemas de energía simples y complejos, lo que tendrá un impacto en el ahorro de energía primaria y las medidas de eficiencia. (Abella, 2015).

## **Energía Solar**

La Energía solar es la que llega a la Tierra en forma de radiación electromagnética (luz, calor y rayos ultravioleta principalmente) procedente del sol, donde ha sido generada por un proceso de fusión nuclear. El aprovechamiento de la energía solar se puede realizar de dos formas: por conversión térmica de alta temperatura (sistema foto térmico) y por conversión fotovoltaica (sistema fotovoltaico). (Miñarro, s.f.).

### ***Beneficios de la energía solar***

La energía solar goza de numerosos beneficios que la sitúan como una de las más prometedoras. Renovable, no contaminante y disponible en todo el planeta, contribuye al desarrollo sostenible y la generación empleo en las zonas en que se implanta. Igualmente, la simplicidad de esta tecnología la convierte en idónea para su uso en puntos aislados de red, zonas rurales o de difícil acceso. La energía solar también es útil para generar electricidad a gran escala e inyectarla en la red, en especial en zonas geográficas cuya meteorología proporcione abundantes horas de sol al año. (Acciona, s.f.).

### ***Aprovechamiento de la energía solar***

El sol es el principal generador de energía para el planeta tierra. La energía producida por éste genera fotones los mismos que viajan a través del espacio en forma de propagación electromagnética a distintas frecuencias. El aprovechamiento de la energía solar se puede apreciar de diferentes formas como calefacción de edificaciones, calentamiento de agua, cocción de alimentos y proyectos de generación de energía termo solar y fotovoltaico. (Foro Nuclear, 2018).

## **Radiación Solar**

El término usado para designar la energía solar que incide sobre una superficie en un momento y lugar particular es la radiación solar, o también denominada irradiación solar.

Cuando la radiación se describe como potencia, se expresa como una cantidad de Watts por metro cuadrado ( $\frac{W}{m^2}$ ) y usualmente se presenta como el valor promedio diario para cada mes.

En un día claro, la radiación que golpea la Tierra es alrededor de  $1,000 \frac{W}{m^2}$ . Sin embargo, muchos factores determinan cuánta radiación solar existe en un sitio determinado, incluyendo las condiciones atmosféricas, la posición de la Tierra con relación al Sol y las obstrucciones existentes en el sitio. Las horas sol pico son la cantidad de horas equivalentes a una irradiación de  $1000 \frac{W}{m^2}$  en un día. Permiten describir la cantidad de energía solar disponible en el transcurso de un día por  $m^2$ , perpendicular a la posición del Sol. (Illuminet, 2015)

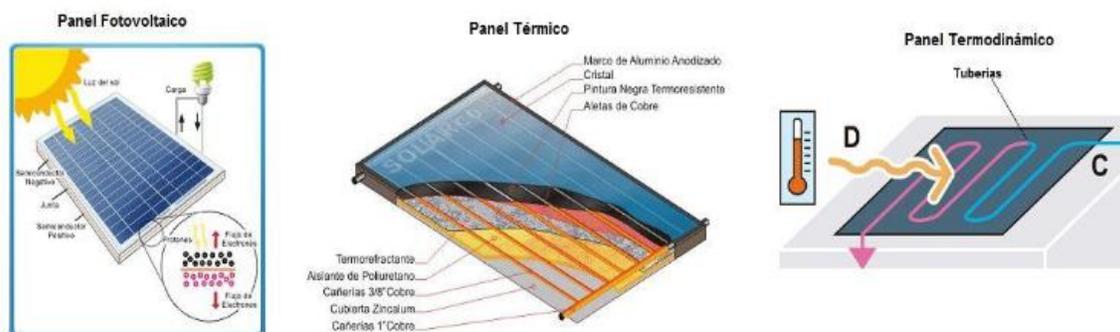
### **Paneles solares**

Un panel solar consiste en un método el cual mediante la utilización de semiconductores se logra la conversión de energía solar (radiación) a energía eléctrica de corriente continua. Cuando el sol golpea el semiconductor que se encuentra ubicado en el interior de la celda fotovoltaica, ocurre una liberación de electrones los cuales son los elementos generadores de la corriente eléctrica. Para el diseño de los sistemas fotovoltaicos generalmente se emplea en un panel (por lo tanto, paneles solares). Los sistemas fotovoltaicos generalmente son instalados en módulos interconectados, de forma tal que se pueden acoplar varios módulos para formar una matriz, la cual puede reducirse o aumentarse en función de la necesidad eléctrica del sistema diseñado. (Cemaer, 2016).

## Tipos de paneles solares

Figura 1

Tipos de Paneles Solares



Nota. Tomado de (Area Tecnologica, 2015)

**Paneles Solares Fotovoltaicos.** Pueden generar suficiente energía para abastecer las necesidades de nuestros hogares. Estos paneles necesitan además del panel, inversores cargadores fotovoltaicos que se utilizan para pasar la corriente continua de 12 V, 24 V o 48 V que generan los paneles, a una corriente alterna de 120 V que es la que se usa para las viviendas.

**Paneles Solares Térmicos.** Estos paneles se recomienda usarlos en viviendas que tengan recepción directa del Sol con altas temperaturas y que tengan un espacio suficiente para colocarlos. Actúan de la misma forma que los fotovoltaicos, pero aparte contienen un líquido que absorbe el calor. Estos paneles convierten la energía del Sol en energía térmica en el líquido y transportan esta energía térmica hacia nuestros hogares.

**Paneles Solares Termodinámicos.** Éstos últimos son los que se están utilizando cada vez más en nuestros hogares debido a que son más eficientes, más baratos y se pueden utilizar aparte para muchas más cosas. Su principal ventaja es que pueden absorber energía a pesar de que llueva o esté nublado o sea de noche, etc. Estos paneles se basan en los principios fundamentales de la termodinámica, es decir, que

pueden absorber cualquier tipo de energía de cualquier ambiente siempre y cuando la temperatura exterior no baje de los 0 grados. Están fabricados de aluminio y contienen unos canales por donde circula un líquido refrigerante, es decir, un líquido de bajo punto de ebullición que es capaz de absorber grandes cantidades de calor al producirse en él un cambio de estado (gas, líquido o sólido). (Tecnologías, s.f.).

### **Reacción Fotovoltaica**

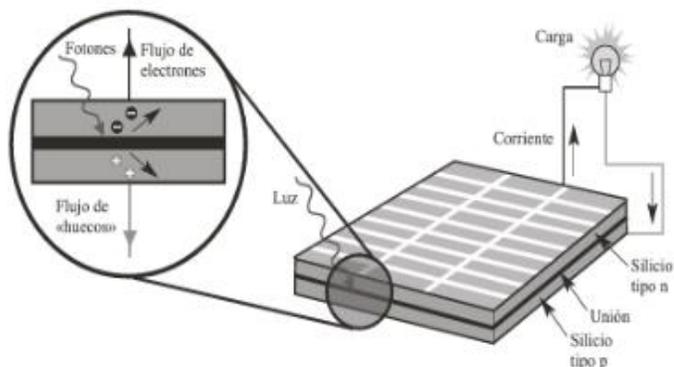
La celda fotovoltaica al ser expuesta a radiación solar excita a los electrones para generar voltaje y corriente desde la celda a un circuito eléctrico. Las celdas fotovoltaicas son fabricadas con silicio que es un material abundante de la Tierra de propiedades semiconductoras, el mismo que es purificado formando una estructura cristalina.

El silicio es sometido a un proceso de dopado con el uso de boro y fosforo disperso en este creando un desbalance en las cargas moleculares y aumentando la conducción de electrones donde se modifican sus propiedades naturales para un mejor flujo eléctrico. Cuando la masa cristalina toma una forma cilíndrica se visualizan obleas las cuales son rebanadas y dopadas, entonces cuando el boro presente una deficiencia de electrones crea un material tipo P o positivamente cargado, y al tener un exceso de electrones en el fosforo este se difunde en el silicio creando un material tipo N o negativamente cargado. Por esta razón denominamos unión P-N a la región entre las capas positiva y negativa. (Asolar, 2020)



## Figura 2

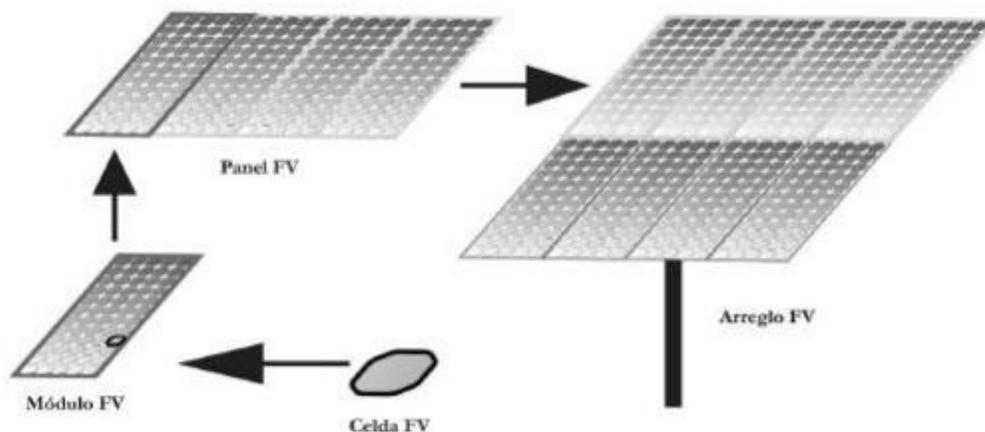
### Reacción Fotovoltaica



Nota. Tomado de (Solar Energy, 2015)

### Características de módulos fotovoltaicos

Las celdas fotovoltaicas poseen un espesor de una centésima de pulgada y convierten la radiación solar en voltaje y corriente eléctrica gracias al efecto fotovoltaico con una durabilidad de 25 años. Un Módulo fotovoltaico se considera al conjunto de celdas conectadas en serie aumentando su voltaje y manteniendo su corriente o serie-paralelo para aumentar o disminuir los voltajes y corrientes dependiendo de la cantidad de celdas. Un panel Fotovoltaico es considerado al grupo de módulos fotovoltaicos interconectados y un arreglo Fotovoltaico es un grupo de paneles conectados e instalados en estructuras para generar niveles de voltaje elevados o específicos.

**Figura 3***Características Modulo Fotovoltaico*

*Nota.* Tomado de (Solar Energy International)

## **Tipos de Módulos Fotovoltaicos**

### ***Módulos mono cristalinos***

Están formados en su totalidad por celdas de cristal de silicio y es muy comercializada, su fabricación consta de una oblea de silicio puro iniciando por la extracción del silicio de la arena. El proceso de extracción tiene como propósito eliminar las impurezas no deseadas. El proceso de refinado posterior consta en la utilización de triclorosilano que es un compuesto líquido que purifica los sólidos dejándolo así con un grado de alta pureza. Pasa por un último proceso que se denomina Czochralski donde se obtiene una barra circular de silicio donde finalmente pasa por un sistema de cote extrayendo obleas de medidas necesarias y espesor para celdas solares mono cristalinas. (Powen, 2022)

**Figura 4***Modulo mono cristalino*

*Nota.* Tomado de (Solar Innova, s.f.)

***Módulos poli cristalinos***

El uso de módulos poli cristalinos tiene como principal objetivo una estrategia en la reducción de costos y por ende la reducción de obleas en la fabricación del mismo, es decir, la disminución del número de fases de cristalización. El principio de fabricación y procesos son los mismos al de las celdas mono cristalinas con ligeros cambios como es en la frontera de granos del silicio poli cristalino que esta modificada para reducir la eficiencia en comparación a las monos cristalinas. (Otovo, 2019)

**Figura 5**

*Modulo poli cristalino*



*Nota.* Tomado de (SumSolar, s.f.)

**Tipos de Sistemas Fotovoltaicos**

Los sistemas solares fotovoltaicos se consideran como tecnología de energía renovable, convirtiendo energía solar en electricidad. La manera en que se conecta o no a una red eléctrica es la base para clasificar estos sistemas. Existen tres tipos de sistemas, clasificados por la manera como se conectan a la red. La energía fotovoltaica, aprovechada por estos sistemas, puede ser la misma. Lo que los diferencia es la forma de conexión.

***Sistema fotovoltaico aislado***

Los sistemas “off grid” son autónomos y no están conectados a red alguna u otra fuente de energía. Estos sistemas funcionan de la misma manera que los “on grid”, con paneles fotovoltaicos recibiendo energía solar, convirtiéndola en corriente continua y pasándola a un convertidor que la transforma en energía alterna.

Pero tienen adicionalmente un banco de baterías en la que pueden “guardar” energía para su consumo posterior, ubicado antes del convertidor. Así, garantizan energía para la casa en días soleados, días nublados e incluso de noche.

Esta configuración es mucho más costosa que la “on grid”, sobre todo por el costo de las baterías. Se aprovecha principalmente en áreas remotas donde el acceso a la red de energía eléctrica es escaso o inexistente.

## Figura 6

### *Sistema fotovoltaico aislado*



*Nota.* Tomado de (Ciencias Fera, 2017)

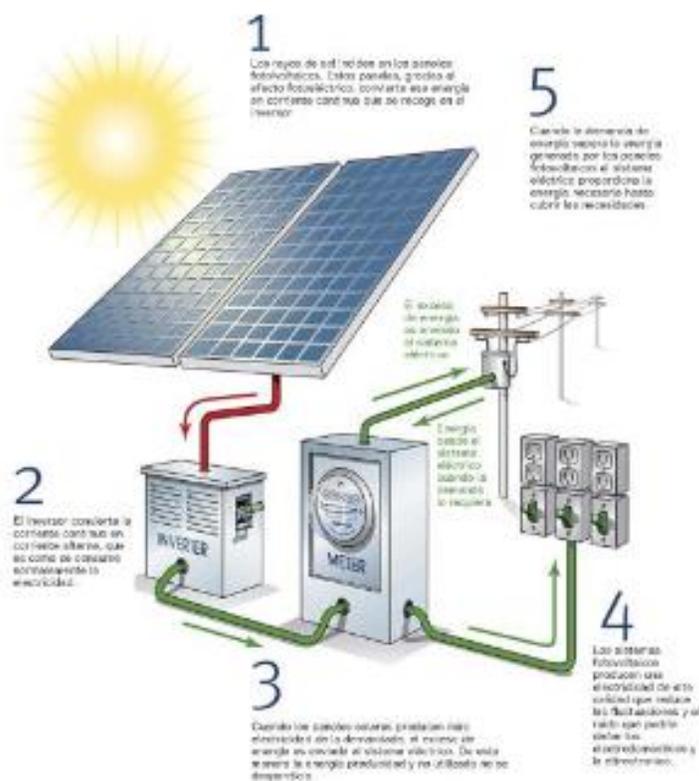
### ***Sistema fotovoltaico conectado a la red***

La característica principal de este sistema es su capacidad para conectarse a la red pública de energía eléctrica, pudiendo incluso entregar energía a dicha red, si así se requiere. La energía solar recibida por los paneles solares fotovoltaicos es convertida en energía eléctrica continua (CC). Esta energía pasa por el convertidor, que se encarga de transformar esta corriente continua (CC) en corriente alterna (CA). Esta conversión a corriente alterna debe hacerse a la misma frecuencia de la red pública para poder conectarse a ella. El convertidor garantiza la calidad del voltaje generado para que sea recibida por la red pública.

Estos sistemas, por lo general, no tienen baterías, así que su configuración es la más barata. Son los más utilizados en zonas urbanas, donde hay acceso a la red de energía eléctrica.

### Figura 7

#### *Sistema fotovoltaico conectado a la red*



Nota. Tomado de (Helio Esfera, 2022)

#### **Sistema fotovoltaico híbrido**

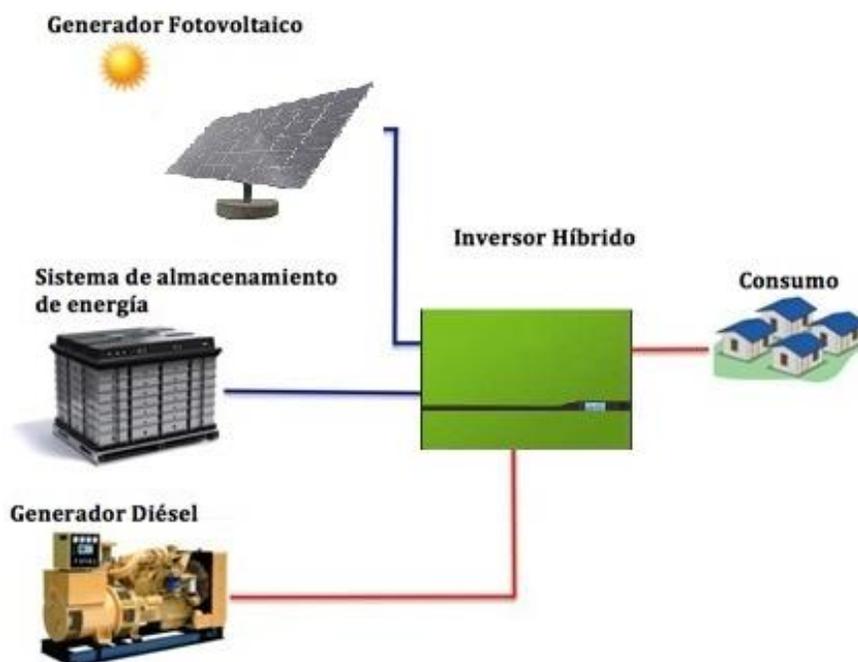
El sistema híbrido se integra eficientemente con otras fuentes de energía, que puede ser la misma red eléctrica, un generador diésel, un sistema geotérmico, etc.

Su principal diferencia con el sistema “on grid” es que el convertidor del sistema también cumple funciones de cargador para las baterías, aprovechando la energía excedente de los otros sistemas para carga. Esto se da porque es capaz de convertir de CC a CA, como el

convertidor del sistema “on grid”, así como de CA a CC para poder realizar las cargas de las baterías. Estos sistemas también son capaces de ofrecer energía a la red eléctrica pública, si están conectados. (Kp Energy, 2022)

## Figura 8

*Sistema fotovoltaico híbrido*



*Nota.* Tomado de (Degeriberica, s.f.)

## Inversores electrónicos

Un inversor de corriente es uno de los elementos más esenciales de las instalaciones de los paneles solares, ya sean de instalaciones fijas o aisladas, aunque no son exclusivos de éstas. Los inversores de corriente, también conocidos como convertidores, son dispositivos electrónicos que básicamente se encargan de transformar la corriente continua en corriente alterna. Un inversor de corriente, o conversor de corriente, es un dispositivo eléctrico que se utiliza para transformar la corriente continua (CC) en corriente alterna (CA) de manera que el voltaje proporcionado sea el mismo que el que podemos encontrar en cualquier enchufe de una

vivienda o establecimiento, además, tienen la particularidad de poder regular la frecuencia necesaria. Estos se utilizan para aprovechar la energía eléctrica generada en los paneles solares con el fin de que puedan ser empleados en el uso diario, aunque también en generadores o en baterías de gran potencia. (SolarPlak, s.f.)

El mercado de los electrodomésticos se ha adaptado a la mayoría de los usuarios y podemos encontrar cualquier aparato a 120 voltios de corriente alterna. Por lo tanto, conseguir electrodomésticos fiables, de calidad ya un precio razonable que funcionen a bajo voltaje y en corriente continua es más difícil. Por lo tanto, hacen falta equipos que transformen las corrientes continuas con valores bajos de tensión en corrientes alternas de valores de tensión 120 voltios. Estos son los inversores (también conocidos como onduladores o convertidores).

Los convertidores de corriente continua / corriente alterna (inversores, onduladores) permiten convertir los 12, 24, 48 voltios de corriente continua que producen los paneles solares y almacenados en la batería, en corriente alterna de 120 o 220 V (actualmente, 230 V), como el que se usa normalmente en lugares donde está la red eléctrica convencional. (Planas O. , 2020)

### **Controladores de carga**

Un regulador de carga solar se coloca entre el campo fotovoltaico y el campo de baterías y básicamente se encarga de controlar el flujo de energía que circula entre ambos equipos. El control del flujo de energía se realiza mediante el control de los parámetros de Intensidad (I) y Voltaje (V) al que se inyecta en la batería. Este flujo de energía depende del estado de carga de las baterías y de la energía generada por el campo fotovoltaico. (Insa, 2020)

El regulador de carga solar controla constantemente el estado de carga de las baterías para hacer el llenado óptimo y así alargar su vida útil.



Existen tres estados de carga posibles:

- Fase BULK: la batería está descargada y toda la corriente producida en el campo fotovoltaico es inyectada en las baterías, incrementándose la tensión en la batería a medida que ésta se va llenando.
- Fase ABSORCIÓN: cuando la tensión de la batería alcanza la tensión de absorción (en las baterías de plomo-ácido abiertas 14,4 V y en las baterías AGM y en las baterías GEL 14,1 V), el regulador de carga solar mantiene la tensión ligeramente por debajo de dicho valor y va reduciendo la corriente hasta que la batería está prácticamente llena.
- Fase de FLOTACIÓN: en esta fase la tensión se reduce a la tensión de flotación (generalmente 13,5 V) y la corriente inyectada se reduce hasta que la batería se llena por completo. Toda la energía que se genere mayor a la energía que es posible inyectar en la batería se pierde por efecto Joule (calor) en el regulador.

Por tanto, el regulador de carga solar es un dispositivo que protege la batería contra sobrecargas, llenándola según le resulte más conveniente en cada momento. (Rodríguez, s.f.)

### **Sistema Acumulador o Baterías**

El sistema Acumulador o Baterías tienen la función de almacenar energía en corriente directa de manera química. Estas son usadas para proveer energía tanto diurna como nocturna y para días nublados donde la radiación es mínima.

El correcto diseño de un sistema acumulador tiene la capacidad de satisfacer las cargas requeridas incluyendo picos de arranque de motores, las baterías no poseen una eficiencia del 100% debido a que en las reacciones químicas se pierde energía en forma de calor durante la carga y descarga de la misma.

Existen varios tipos, tamaños, voltajes y capacidades de baterías siendo algunas desechables o recargables dependiendo del uso como las baterías de níquel-cadmio las cuales son ideales para aplicaciones industriales, instalaciones pequeñas o refrigeración ya que duran varios ciclos con profundidades de descarga grande. (Planas, 2015)

## Figura 9

### *Sistema acumulador*



*Nota.* Tomado de (Noticias de la ciencia, 2022)

## Tipos de Baterías para Instalaciones Solares

### ***Baterías Monoblock***

Las baterías monoblock se utilizan en pequeñas instalaciones fotovoltaicas donde la relación calidad-precio tiene que ser equilibrada. Sus placas están reforzadas con rejilla y aislamiento especial y, gracias a esta aleación, la pérdida de agua es muy reducida. Por ello, se recomienda su uso para sistemas aislados, telecomunicaciones, instalaciones de señalización o repetidores. Necesitan un mínimo de mantenimiento.

### ***Baterías AGM***

Las baterías AGM incorporan unas válvulas de regulación de gases para una mejor recombinación de éstos. Así, se evitan pérdidas, la presión interna queda mejor regulada y, por lo tanto, el rendimiento es mayor. Por ello, cuando se requieren corrientes muy elevadas en

plazos de tiempo cortos, las baterías AGM son perfectas debido a que su resistencia interna es muy baja. Por ello, son más adecuadas que las Gel para situaciones con alta intensidad de descarga.

### ***Baterías de electrolito gelificado GEL***

Las baterías de electrolito gelificado o Gel presentan un funcionamiento cíclico de alta calidad, lo que las convierte en ideales para instalaciones de tamaño medio y grande que estén previstas para funcionar durante largos períodos de tiempo o donde el mantenimiento sea muy complicado de realizar.

El gel que las compone se consigue mediante la del Electrolito con una Sílica amorfa, el cual da como resultado un compuesto de la consistencia de dicho gel.

### ***Baterías Estacionarias***

Las baterías estacionarias son perfectas para instalaciones que necesiten un consumo diario y durante largos períodos de tiempo. Esto es debido a que tienen una larga vida útil, superior a los 20 años, y permiten profundos ciclos de descarga diarios con resultados excelentes ante cualquier tipo de consumo.

### ***Baterías de Litio***

La aleación de LI-Fe de las baterías de litio permite una descarga del 100% de su potencia. Por ejemplo, una batería de litio de 200 Ah se puede cargar a ese nivel, al contrario que en otras como las AGM o Gel, en las que la potencia de carga se sitúa en un 10-20% de la máxima potencia admitida por la batería. Ésta característica permite que el proceso de carga sea mucho más rápido que en todas las demás. Además, permite múltiples procesos de descarga (700 ciclos al 80% DOD). Otra ventaja de las baterías de litio es el sistema de gestión de la batería y el servicio ininterrumpido con fuente de alimentación autónoma, incluso en caso de fallo de alimentación. (Tekno Solar, 2018).

### **Capacidad de las Baterías**

La capacidad de la batería es el potencial que posee una batería completamente cargada, para suministrar una cantidad de electricidad especificada Ah, a un valor de corriente determinado A, durante un periodo de tiempo definido h.

Ah son las siglas de amperio hora y consiste en una unidad de carga eléctrica que indica la cantidad de carga eléctrica que pasa por los terminales de un dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica, como por ejemplo una batería. Además, representa la cantidad de electricidad que atraviesa en una hora un conductor por el que circula una corriente continua de 1A. El Ah se emplea para evaluar la capacidad de una batería, es decir, la cantidad de electricidad que puede almacenar durante la carga y devolver durante la descarga. (Finders, 2021)

### **Proceso de ordeño automático**

La Finca Familiar, actualmente dispone de 8 vacas productoras de leche que producen aproximadamente 100 litros por día; para el proceso de ordeño, se dispone de una máquina ordeñadora automática con dos estaciones o puestos de trabajo, lo que significa que se ordeña a dos vacas simultáneamente. Este proceso se lo realiza dos veces al día, por lo general, de 08:00 a 09:30 y de 17:00 a 18:30. La máquina ordeñadora está situada en el establo que dispone la finca.

### **Sistemas de regadío**

Se dispone en la Finca Familiar de dos reservorios con una capacidad de almacenamiento total de aproximadamente de 230 m<sup>3</sup> (230.000 litros), que son alimentados por el servicio de agua de regadío que dispone la comuna de Unalagua de la parroquia de Mulalillo. La Finca tiene asignadas 12 horas semanales de agua de regadío, que son aprovechadas para abastecer continuamente los reservorios y para regadío por gravedad. Para el proceso de

regadío se dispone de tres bombas eléctricas distribuidas en los dos reservorios. El tiempo aproximado de regadío es de 2 horas diarias y, la superficie utilizada para sembrío de pasto y hierba alfalfa es de 2.500 m<sup>2</sup>.

### **Iluminación exterior**

Se ha considerado instalar focos led para iluminar sitios estratégicos de las áreas de mayor utilización y considerando también la seguridad de las mismas; las áreas consideradas, entre otras son: entrada principal, establo donde pernoctan las reses, reservorios, bodega, exteriores de las dos viviendas y caminos principales.

## Capítulo III

### Diseño e Implementación del Sistema Fotovoltaico

#### Selección del sistema fotovoltaico

Para seleccionar el sistema fotovoltaico, se tomó en cuenta la demanda energética presente en la finca, en base a los datos de placa tomados de bombas y motores existentes en cada proceso para las condiciones de diseño.

#### Proceso de ordeño

Este proceso consta de una máquina de ordeño de dos estaciones, cuyo dato de placa se detalla a continuación.

#### Figura 10

*Máquina de ordeño*



#### Proceso de Regadío

Para este proceso se tiene 3 bombas de distintas características que serán presentadas a continuación, cada bomba está conectada por medio de tuberías hacia dos reservorios existentes en la finca.

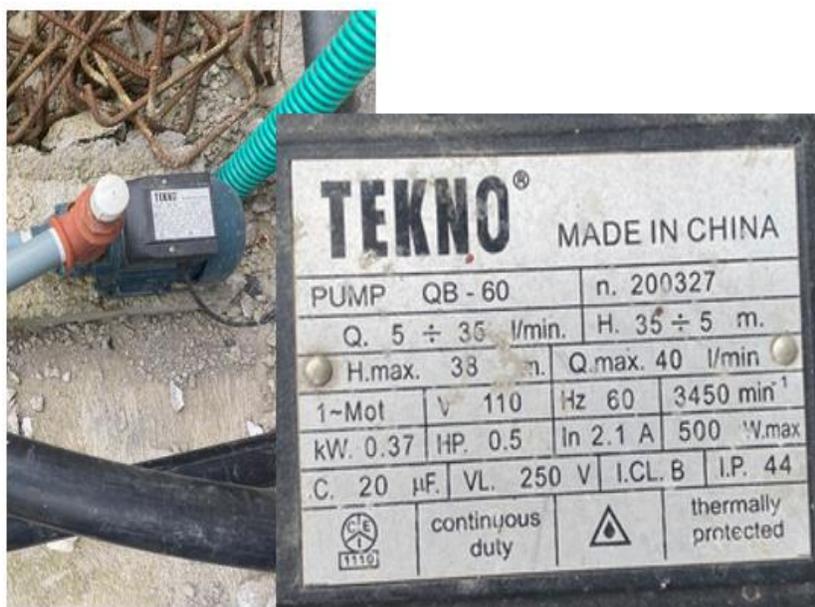
Figura 11

Bomba de agua marca Pedrollo



Figura 12

Bomba de agua marca Tekno



**Figura 13**

*Bomba de agua marca Rong-Long*

**Figura 14**

*Reservorio principal*





**Figura 15**

*Reservorio secundario*



### ***Iluminación Exterior***

Para la iluminación exterior se implementarán 10 focos led en los alrededores de la finca, ubicados en sitios estratégicos en donde se necesita de una buena iluminación en la noche. Dos de 20 W para el establo y la entrada y 8 focos de 10 W en distintas ubicaciones como presenta en las siguientes imágenes.

**Figura 16***Ubicaciones luminarias*

**Figura 17***Ubicaciones luminarias*

Una vez determinados todos los equipos existentes en la finca, se estudió como trabajan a diario en la misma, con el fin de conocer el factor de uso de cada proceso con el fin de determinar los consumos reales de los equipos al ser utilizados en el día a día.

**Factor de utilización (en base a 8 Horas de utilización)**

Para realizar un cálculo real de la carga presente en la finca se determinó el factor de utilización de cada proceso en horas, como se ejemplifica continuación.

- **Ordeño:** 3 horas
- **Regadío:** 2 hora
- **Iluminación Exterior:** 3 horas

Considerando 8 horas diarias de trabajo, se puede determinar la carga real en función al consumo y al factor de uso. Cabe mencionar que al ser procesos independientes entre sí y que no son ejecutados todos a la vez, se puede tomar de referencia para el diseño del sistema fotovoltaico la carga más alta que presenta alguno de los procesos, en la siguiente tabla se explica cada uno de los procesos y su carga real.

**Tabla 1**

*Potencia Requerida*

<b>Proceso</b>	<b>Consumo (kW)</b>	<b>Factor de uso (%)</b>	<b>Consumo Real (kwh)</b>
<b>Ordeño</b>	<b>0.55</b>	<b>0.375</b>	<b>0.21</b>
<b>Regadío</b>	<b>2.23</b>	<b>0.25</b>	<b>0.55</b>
<b>Iluminación exterior</b>	<b>0.120</b>	<b>0.375</b>	<b>0.045</b>
<b>Consumo Total</b>			<b>0.805</b>

De los datos de la tabla anterior, se puede concluir que la demanda energética real para abastecer los procesos de ordeño, regadío e iluminación exterior de la finca familiar es de 0.805 KWh, por lo que el diseño del sistema fotovoltaico a instalar estará enfocado a satisfacer este valor de demanda.

### **Diseño del sistema fotovoltaico**

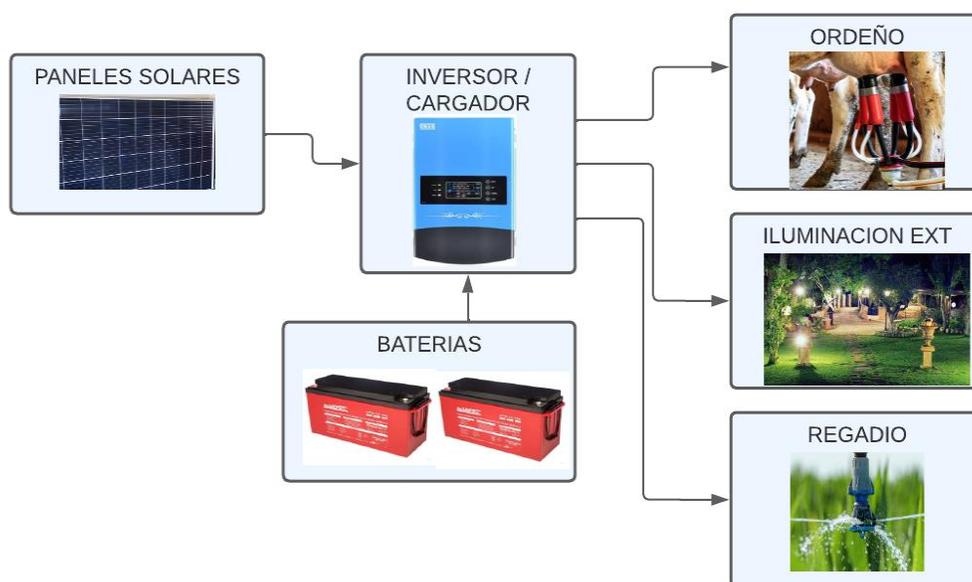
A continuación, se presenta un sistema solar fotovoltaico el cual se compone de dos paneles de 400 W cada uno encargados de captar la radiación solar con el fin de esta ingresarla al inversor / cargador en forma de voltaje en corriente continua. El inversor / cargador se encarga de controlar la carga de las baterías y a su vez de entregar un voltaje de 110 VAC para alimentar procesos existentes en la finca; cabe mencionar que a su vez entrega datos de tensión, corriente y potencia que está siendo consumida en la instalación solar con el fin de precautelar la vida útil de los equipos y tener datos específicos de cómo está funcionando el

sistema fotovoltaico. Para el diseño se tomó en cuenta satisfacer la demanda de 805 W por lo cual todos los dispositivos y equipos seleccionados a continuación están dimensionados a la demanda calculada.

En la siguiente figura, se especifica el diagrama de bloques de los equipos que constituyen el sistema fotovoltaico a ser instalado.

### Figura 18

*Diagrama de bloques equipos*



### Selección de equipos y dispositivos del sistema solar

#### **Panel Solar**

Eco Green Energy es una marca francesa de energía solar. Los paneles EOS son fabricados con celdas de grado A y su tecnología PERC, garantizan más de 25 años de vida útil con mayor generación de energía. Entre sus características Monocristalino ECO – GREEN ENERGY.

Características:

**Tabla 2**

*Características Paneles Solares*

<b>Potencia</b>	400 W
<b>Voltaje Circuito Abierto</b>	48.6 VDC
<b>Voltaje Circuito Optimo</b>	39.92 V
<b>Dimensiones</b>	1980x1002x40 mm
<b>Origen</b>	Francia
<b>Peso</b>	23 kg
<b>Corriente Optima</b>	10.02 A

Para satisfacer la demanda, se utilizaron dos paneles en conexión paralelo.

**Figura 19**

*Paneles solares*



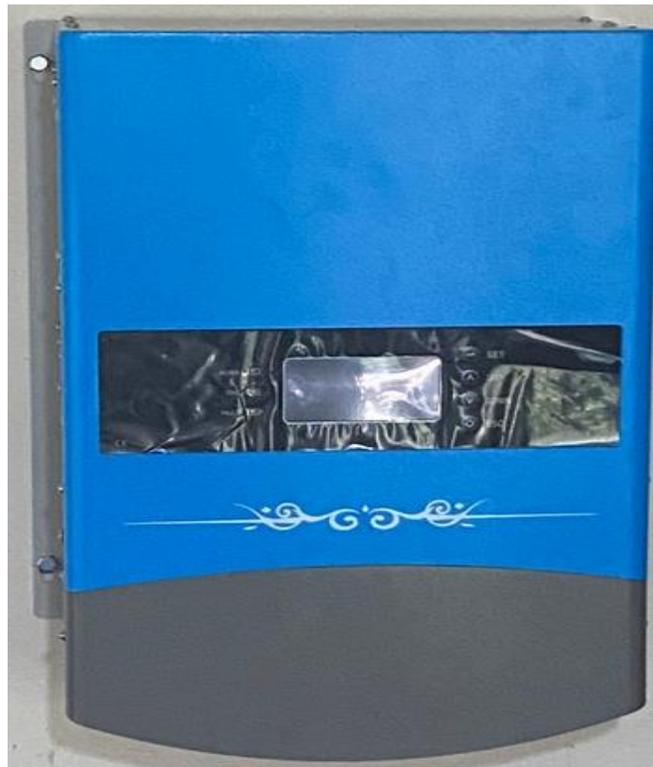
Como cada panel puede suministrar hasta 400 W cuando se tiene una buena radiación solar, se tendrá en total 800 W, que es la demanda necesaria para satisfacer los procesos indicados.

**Inversor/ Cargador MPPT JNGE 3KW**

Características:

**Tabla 3***Características Inversor / Cargador*

<b>Potencia Nominal</b>	3000 W
<b>Voltaje Entrada</b>	24 VDC
<b>Voltaje Salida</b>	120 VAC
<b>Frecuencia</b>	60 Hz
<b>Eficiencia</b>	88%

**Figura 20***Inversor / Cargador*

**Batería Proviento Gel Ciclo Profundo**

Batería desarrollada con Aditivo super-C de Alemania y un diseño de placas de alta resistencia en el interior. La serie HTB tiene una larga vida útil y proporciona un mejor rendimiento para sistemas fotovoltaicos aislados de la red.

Características:

**Tabla 4***Características Baterías de Gel*

<b>Voltaje</b>	12 VDC
<b>Capacidad</b>	150 Ah
<b>Tipo</b>	Gel
<b>Mantenimiento:</b>	Libre de mantenimiento
<b>Origen:</b>	China

Debido a que el voltaje entregado por los paneles solares es de 24 voltios, se utilizaron dos baterías en serie.

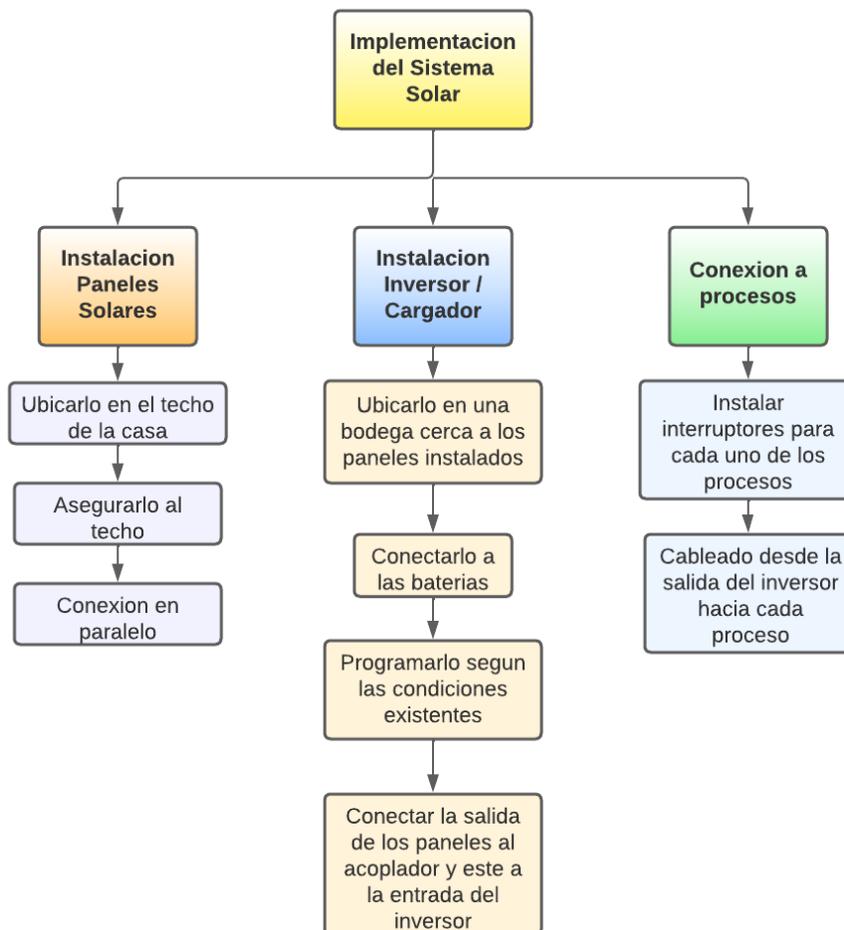


**Figura 21**

*Banco de baterías*



## Implementación del sistema fotovoltaico



### ***Instalación de los Paneles Solares***

Los dos paneles seleccionados en conexión paralelo, deben ser instalados con una leve inclinación hacia el norte (17 grados recomendado por el fabricante) para aprovechar al máximo la radiación solar que existe en nuestro país, por lo que la ubicación en la cual fueron instalados fue la idónea a la vez se tuvo que fabricar platinas para asegurar los paneles al techo debido a que en su estructura no se podía sujetarlos, a continuación, se evidencia como quedaron instalados los paneles.

**Figura 22**

*Ubicación paneles solares*

**Figura 23**

*Platinas para sujeción de los paneles*



Al utilizar las platinas, los paneles quedaron fijos y seguros, sin riesgo a que por algún motivo se muevan de su ubicación, una vez ya sujetos en el techo, se procedió a realizar la conexión en paralelo para obtener la entrada adecuada a nuestro inversor que es de 24 V. Una vez realizada dicha conexión se comprobó el voltaje entregado por los paneles mediante un multímetro en donde se visualizó que estos ya conectados en paralelo entregaban 44.3 VCC, lo que estaba acorde a las especificaciones de fábrica de los paneles funcionando a circuito abierto.

### **Figura 24**

*Conexión en paralelo de los paneles solares*



**Figura 25**

*Comprobación del voltaje entregado por los paneles*

***Instalación Inversor / Cargador***

Para la instalación del inversor, se consideró que sea en un lugar cercano a los paneles para evitar tener pérdidas de voltaje por la distancia del cableado entre la conexión del panel y el inversor, por lo que se lo ubicó en una bodega a la derecha de los paneles, lo que facilitó en gran medida su instalación. Se lo colocó en la pared a una altura en la cual se pueda visualizar de una manera clara su pantalla para poder tener en cuenta los valores que estarán presentes al momento de su funcionamiento.

**Figura 26**

*Instalación Inversor / Cargador*



Posteriormente se realizó la conexión de las dos baterías en serie, debido a que cada una es de 12 VCC, y el inversor necesita una fuente de 24 VCC para funcionar; una vez realizada esta conexión, se encendió el inversor para programarlo de acuerdo a los requerimientos del proyecto.

**Figura 27**

*Conexión de dos baterías en serie*



El inversor en su pantalla nos muestra distintos parámetros, entre los cuales principalmente se tiene los valores de tensión, corriente, potencia y frecuencia, tanto a la entrada como a la salida del mismo, para poder controlar así la carga tanto de las baterías como de los paneles y así evitar posibles fallos.

**Figura 28***Programación Inversor / Cargador*

La programación del inversor se determinó en función de dar prioridad a las baterías, por lo tanto, el funcionamiento se basa en la carga de las mismas. Si la tensión de carga de la batería es superior al voltaje entregado por los paneles, el inversor trabajará netamente solo con las baterías para suministrar voltaje a su salida; por otro lado, si el voltaje de la batería es menor al que entrega los paneles, el funcionamiento ahora será inverso, lo que quiere decir que el inversor solo trabajará con el voltaje entregado por los paneles y el exceso de energía de los paneles se utilizará para cargar a las baterías. Por último, si se necesita suministrar mayor energía a la carga situada en la salida del inversor, este trabajará en conjunto tanto con la energía suministrada por las baterías como con la energía suministrada por los paneles.



**Figura 29**

*Conexión paneles solares con el inversor*



Al conectar las salidas de los paneles solares a la entrada del inversor, se inició la carga de las baterías y a su vez en su pantalla mostró el valor de voltaje que ingresa y a la vez tiene un icono el cual muestra si está de día o de noche; aquí mediante segmentos nos muestra como la energía se distribuye al interior del inversor para su funcionamiento.

***Conexión a Procesos***

Una vez instalado el inversor y los paneles solares, se distribuyó la salida del inversor hacia una caja de distribución, en la cual mediante tres breakers se distribuye la energía hacia los procesos de ordeño, regadío e iluminación exterior; se la ubicó encima del inversor para tener un mejor control y visibilidad de la distribución de la alimentación a los tres procesos, así

como también, poder tener una seguridad ante cualquier desperfecto que ocurra al momento de funcionar cualquiera de dichos procesos.

### **Figura 30**

*Caja de distribución para los tres procesos*



**Figura 31**

*Conexión Inversor - Caja de distribución*

**Circuitos eléctricos complementarios**

Como circuitos complementarios se instalaron dos selectores de tres posiciones tanto para los procesos de ordeño e iluminación exterior. La primera posición corresponde a la salida del inversor hacia estos procesos la cual es en la posición arriba, la segunda es en la mitad en la cual el selector está apagado y la tercera corresponde a la conexión a red de estos procesos. Estos circuitos complementarios fueron instalados para que en caso de existir algún fallo se pueda seguir alimentando los procesos y no perder tiempo y dinero al momento de esperar por

el arreglo del fallo existente, además es una seguridad extra para nuestro inversor en caso de existir algún cortocircuito al momento del funcionamiento de estos procesos. A continuación, se presentan imágenes de dichos selectores instalados.

### Figura 32

*Selector Ordeño*



**Figura 33**

*Selector Iluminación*



## Capítulo IV

### Pruebas experimentales del Sistema Fotovoltaico implementado

#### Pruebas en el proceso de Ordeño

Para la prueba de ordeño se observó el comportamiento del inversor durante el ordeño en la mañana y en la tarde, de las 10 vacas existentes en la finca. Al iniciar la prueba las baterías estaban completamente cargadas por lo cual los paneles no las estaban cargando en ese instante, por lo que el inversor presentaba los siguientes datos.

#### Figura 34

*Pantalla inversor al iniciar el ordeño*



El proceso de ordeño tarda un tiempo de 15 minutos por cada par de vacas, durante la prueba se observó que el consumo de la maquina era de 1.2 kW y 11.5 A, lo cual está dentro de los estándares del inversor teniendo así un correcto funcionamiento de la máquina.

**Figura 35**

*Ordeño primeras dos vacas*



Una vez terminadas de ordeñar las dos primeras vacas, se continúa con las dos siguientes y así sucesivamente hasta terminar con todas. Al iniciar con el ordeño del tercer par de vacas los paneles ya comenzaron a cargar a las baterías y suministrar la energía al inversor.

**Figura 36**

*Pantalla inversor a media prueba del ordeño*



En horas de la tarde se inició con la segunda parte de la prueba en la cual el inversor de igual manera funciono correctamente a pesar que al final el sol ya estaba oculto. Al ocultarse el sol los paneles dejan de entregar voltaje y el suministro de energía al inversor es total responsabilidad de las baterías como se muestra en la figura.



**Figura 37**

*Pantalla inversor al finalizar la prueba de ordeño*



### **Prueba del proceso de Regadío**

Para esta prueba se encendió todas las bombas previamente descritas al mismo tiempo, lo que supone condiciones máximas de funcionamiento. El inversor entregó la potencia requerida y las bombas trabajaron de una manera eficaz y correcta. El consumo total de las bombas de regadío fue de 700 W y 6.4 A, estos valores visualizados en la pantalla del inversor.

**Figura 38**

*Pantalla inversor al funcionar las bombas de regadío*

**Figura 39**

*Pruebas de regadío*



**Figura 40***Bomba de regadío***Pruebas del proceso de Iluminación Exterior**

Para esta prueba existen 10 luminarias, 2 de 20 W y 8 de 10 W ubicados en sitios estratégicos de la finca; se tuvo que colocar postes a lo largo de la entrada para poder ubicarlas y que estos a su vez iluminen el camino de ingreso a la finca. Las dos luminarias de 20 W fueron instaladas en la entrada a la finca y en la entrada al establo.

**Figura 41**

*Instalación postes para iluminación*



Una vez ya instalados los postes y las luminarias, se procedió a iniciar la prueba la cual fue todo un éxito ya que al utilizar luminarias led el consumo es muy bajo de tan solo 100 W y 1.6 A.

**Figura 42**

*Pantalla inversor prueba de iluminación*



La iluminación exterior de la finca es de gran ayuda para los propietarios ya que mejora el aspecto de la misma y a brinda una buena iluminación a lo largo de la entrada de la finca, mejorando a la vez la seguridad; a continuación, se muestran los resultados.

### **Figura 43**

*Iluminación final de la finca*



**Figura 44**

*Iluminación exterior de la vivienda*



### **Análisis de resultados e Implementación final**

Una vez realizadas las pruebas de cada uno de los procesos existentes de la finca, se puede deducir que la instalación del sistema fotovoltaico es un éxito. El inversor brinda la potencia requerida y no existen fallos al momento de su funcionamiento, esta instalación reduce significativamente el gasto que implica pagar la energía eléctrica convencional cada mes; hasta el momento el inversor a entregado 31.5 KWh, lo que significa un ahorro significativo, por lo que a futuro la instalación fotovoltaica será una inversión mas no un gasto.

Como punto final se colocaron letreros de todos los equipos existentes en la instalación del sistema fotovoltaico para tener un mejor entendimiento y mejor el aspecto de la misma; además, porque el mayor tiempo de la semana estos procesos son operados por un trabajador particular; a continuación, se presenta la implementación final del sistema solar fotovoltaico.

**Figura 45**

*Implementación final Sistema Solar Fotovoltaico*



## Costos Sistema Solar Fotovoltaico

**Tabla 5**

*Costos Sistema Solar Fotovoltaico*

<b>Equipos / Materiales</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor Unitario USD</b>	<b>Valor Total USD</b>
<b>Inversor / Cargador</b>	1	650.00	650.00
<b>Batería</b>	2	400.00	800.00
<b>Panel Solar</b>	2	240.00	480.00
<b>Acoplador</b>	1	45.00	45.00
<b>120 metros cable gemelo #16</b>	1	0.64	76.80
<b>25 metros cable solido #14</b>	1	1.30	32.50
<b>Selector 3 posiciones</b>	2	10.00	20.00
<b>TOTAL</b>			<b>2104.30</b>



## Capítulo V

### Conclusiones y Recomendaciones

#### Conclusiones

- Se determinó en base a las características técnicas de los equipos a operar, la carga que se instalará para los procesos de ordeño, regadío e iluminación externa.
- En base a una investigación bibliográfica y de mercado, se determinó y seleccionó los equipos más adecuados y eficientes para la implementación del sistema fotovoltaico.
- Con los equipos seleccionados, se procedió a diseñar y a implementar el sistema fotovoltaico, considerando siempre las recomendaciones del fabricante.
- Los 2 paneles solares fueron instalados en un lugar donde todo el día se tiene la incidencia de la luz solar; fueron sujetos con platinas al techo para evitar desprendimientos debido al fuerte viento que en ocasiones se produce en la zona.
- El inversor y las baterías fueron ubicados en un lugar cerrado y muy cercano a los paneles para utilizar el menor cableado posible, para así evitar caídas de tensión entre estos dos equipos.
- El inversor seleccionado es compacto, es decir, que tiene incorporado Inversor-cargador-controlador de carga y pantalla de visualización de parámetros eléctricos.
- No fue necesario implementar equipos adicionales para la medición y visualización de parámetros eléctricos, como voltaje, corriente, potencia y frecuencia, porque el inversor tiene incorporado en una pantalla estas funciones.
- Tanto el inversor, los paneles y las baterías, están contruidos de materiales de alta calidad, por lo que su vida útil está es de 20 a 25 años.
- El inversor tiene la capacidad de proporcionar 3000 vatios/hora, por lo que se puede indicar que estaría en capacidad de suministrar potencia a más procesos o permitir la conexión de

más paneles solares u otro tipo de generador de energía, como por ejemplo uno o más generadores eólicos, dependiendo de la potencia que suministren.

- El Inversor también tiene la posibilidad de configurarse con conexión a la red, lo que significa que, si no logra abastecer a una determinada carga, toma la energía faltante del suministro de la red pública.
- Los procesos de ordeño, regadío e iluminación externa, tiene la posibilidad de alimentarse con el inversor o con la red pública en base a selectores de transferencia de tres posiciones (Inversor/Apagado/Red), esto con el propósito de que en caso que por situaciones climáticas no se carguen las baterías a un nivel adecuado, los procesos puedan siempre estar operando con la energía de la red.
- Las pruebas experimentales arrojaron resultados muy positivos, el sistema implementado no presenta fallas y funciona de una manera eficiente.
- Las energías renovables son una alternativa muy viable en la actualidad, puesto que no solo se contribuye al cuidado del medio ambiente sino también a un ahorro significativo de energía eléctrica lo que significa un precio más bajo a la hora de pagar las planillas de luz.
- Si bien es cierto, la inversión para este tipo de sistemas generadores de energía eléctrica es relativamente alta, con el tiempo se verá reflejado en un ahorro considerable en el consumo y pago de planillas de luz eléctrica.
- La implementación del sistema solar fotovoltaico fue un éxito. Los equipos y dispositivos instalados cumplieron a cabalidad su función, no presentaron fallas y entregaron la potencia necesaria para que los procesos de ordeño, regadío e iluminación exterior funcionen correctamente, validando con esto, la hipótesis planteada.
- Con el desarrollo de este proyecto de titulación de grado, se ha logrado inmiscuirse en una parte de un campo de acción con mucho futuro, como son las energías renovables, las mismas que otros países ya es muy común su uso y que día a día va perfeccionándose.

## Recomendaciones

- Es necesario considerar las recomendaciones de fabricante al momento de instalar los equipos que conforman el sistema fotovoltaico para evitar un mal funcionamiento o averías debido a conexiones eléctricas erróneas.
- Es necesario contar con una conexión alternativa a la red pública de suministro, para evitar que los procesos se detengan o dejen de operar cuando las baterías no estén cargadas a un nivel óptimo debido a la falta de incidencia solar por periodos largos debido a las condiciones atmosféricas no adecuadas.
- Capacitar en la operación del sistema a la persona que está encargada de realizar los procesos de ordeño, regadío e iluminación externa.
- Tomar este proyecto como punto de partida para el desarrollo de otros complementarios, considerando que el uso de las energías renovables será a futuro una alternativa muy eficiente en el suministro de energía eléctrica tanto para los hogares, edificios, urbanizaciones y porque no decirlo en pequeñas y medianas empresas.

## Bibliografía

- Abella, M. (2015). *Master en Energías Renovables y Mercado Energético Energía Solar*. Ciemat, pp. 1–59.
- Acciona. (s.f.). *Acciona*. Obtenido de <https://www.acciona.com/es/energias-renovables/energia-Area Tecnologica>. (17 de Agosto de 2015). Obtenido de <https://www.areatecnologia.com/electricidad/paneles-solares.html>
- Asolar. (16 de Diciembre de 2020). Obtenido de <https://autosolar.es/aspectos-tecnicos/efecto-fotovoltaico>
- Cemaer. (2016). *Blog de Cemaer*. Obtenido de <http://www.cemaer.org/como-funciona-un-panel-solar/>
- Ciencias Fera. (2017). Obtenido de [http://cienciasfera.com/materiales/tecnologia/tecno01/tema03/33\\_sistemas\\_aislados\\_o\\_conectados\\_a\\_red.html](http://cienciasfera.com/materiales/tecnologia/tecno01/tema03/33_sistemas_aislados_o_conectados_a_red.html)
- Degeriberica. (s.f.). Obtenido de <https://degeriberica.com/wp-content/uploads/2014/07/Figura-6-1.jpg>
- Finders. (19 de Octubre de 2021). Obtenido de <https://rentingfinders.com/glosario/capacidad-de-la-bateria/>
- Foro Nuclear. (15 de Marzo de 2018). Obtenido de <https://www.foronuclear.org/descubre-la-energia-nuclear/preguntas-y-respuestas/sobre-distintas-fuentes-de-energia/que-es-la-energia-solar-y-como-se-aprovecha/>
- Helio Esfera. (11 de Noviembre de 2022). Obtenido de <https://www.helioesfera.com/como-funciona-un-sistema-fotovoltaico-de-autoconsumo/>
- Iluminet. (16 de Febrero de 2015). Obtenido de <https://www.iluminet.com/sistemas-fotovoltaicos-energia-solar/>

Insa, J. (08 de Junio de 2020).

*Kp Energy*. (24 de Junio de 2022). Obtenido de <https://kpnenergy.com/sistemas-fotovoltaicos-tipos/>

M, A. (2015). *Master en Energías Renovables y Mercado Energético Energía Solar*. Ciemat, pp. 1–59.

Miñarro, J. (s.f.). *3ESO*. Obtenido de

[http://newton.cnice.mec.es/materiales\\_didacticos/energia/solar.htm](http://newton.cnice.mec.es/materiales_didacticos/energia/solar.htm)

*Noticias de la ciencia*. (18 de Enero de 2022). Obtenido de

<https://noticiadelaciencia.com/art/42970/son-caras-las-baterias-solares>

*Otovo*. (21 de Mayo de 2019). Obtenido de <https://www.otovo.es/blog/placas-solares/placas-solares-policristalinas/>

Planas. (2015). *Paneles de Energías Solar Fotovoltaica*. Obtenido de [https://solar-](https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/elementos/baterias-solares)

[energia.net/energia-solar-fotovoltaica/elementos/baterias-solares](https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/elementos/baterias-solares)

Planas, O. (09 de Abril de 2020). *Energía Solar*. Obtenido de [https://solar-energia.net/energia-](https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/elementos/convertidores-corriente)

[solar-fotovoltaica/elementos/convertidores-corriente](https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/elementos/convertidores-corriente)

*Power*. (5 de Mayo de 2022). Obtenido de <https://power.es/panel-solar-monocristalino-policristalino/>

Rodriguez, E. (s.f.).

*Solar Energy*. (22 de Octubre de 2015). Obtenido de

<http://energyprofessionalsymposium.com/?p=36603>

*Solar Energy International*. (s.f.). Obtenido de [https://www.solarenergy.org/wp-](https://www.solarenergy.org/wp-content/uploads/2019/11/Fotovoltaica-Condensed.pdf)

[content/uploads/2019/11/Fotovoltaica-Condensed.pdf](https://www.solarenergy.org/wp-content/uploads/2019/11/Fotovoltaica-Condensed.pdf)

*Solar Innova*. (s.f.). Obtenido de [https://www.archiexpo.es/prod/solar-innova-green-](https://www.archiexpo.es/prod/solar-innova-green-technology/product-157636-1905281.html)

[technology/product-157636-1905281.html](https://www.archiexpo.es/prod/solar-innova-green-technology/product-157636-1905281.html)

SolarPlak. (s.f.). *SolarPlak*. Obtenido de <https://solarplak.es/energia/que-es-y-como-funciona-un-inversor-de-corriente/>

*SumSolar*. (s.f.). Obtenido de <https://suministrodelsol.com/es/paneles-72-cel-144-cel/743-panel-solar-canadiansolar-maxpower-high-efficiency-325-355w-y-72-celulas-policristalino.html>

Tecnologías. (s.f.). *Tecnología*. Obtenido de <http://www.areatecnologia.com/electricidad/paneles-solares.html>

*Tekno Solar*. (22 de Junio de 2018). Obtenido de <https://www.teknosolar.com/tipos-baterias/>

*UNORG*. (22 de Noviembre de 2018). Obtenido de <https://www.un.org/es/climatechange/what-is-renewable-energy>

## Anexos