

INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO “MARIANO SAMANIEGO”

“El Instituto Católico de la Frontera Sur”



TECNOLOGÍA SUPERIOR EN ELECTRICIDAD

Trabajo de titulación previo a la obtención de título de:

Tecnólogo Superior en Electricidad

TEMA:

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO
OFF-GRID PARA LA ILUMINACIÓN DEL AULA DEL LABORATORIO
DE ELECTRICIDAD DEL INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO
“MARIANO SAMANIEGO”**

AUTORES:

Aguilar Jaramillo Cesar Augusto.

Salinas Mejía Víctor Alfonso.

Marín Merecí Jefferson David.

Molina Jiménez Cesar Antonio.

DIRECTOR:

Ing. Montero Encarnación Byron Gustavo.

CARIAMANGA – LOJA – ECUADOR

2022

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Cariamanga, 13, de octubre, de 2022

Ing.

Byron Gustavo Montero Encarnación

Coordinador de la Carrera de Tecnología en Electricidad

Ciudad. -

De mi consideración:

El presente Trabajo de Titulación denominado: Diseño e implementación de un sistema fotovoltaico OFF-GRID para la iluminación del aula del laboratorio de electricidad del Instituto Superior Tecnológico Mariano Samaniego, realizado por Aguilar Jaramillo Cesar Augusto, Marín Merecí Jefferson David, Molina Jiménez Cesar Antonio y Salinas Mejía Víctor Alfonso, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación de este. Así mismo, doy fe que dicho Trabajo de Titulación ha sido revisado por la herramienta antiplagio institucional.

Particular que comunico para los fines pertinentes.

Atentamente,

Firma del Director del Trabajo de Titulación

Ing. Byron Gustavo Montero Encarnación

C.I.: 1104934052

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

“Nosotros, Aguilar Jaramillo Cesar Augusto, Marín Merecí Jefferson David, Molina Jiménez Cesar Antonio y Salinas Mejía Víctor Alfonso, declaramos y aceptamos en forma expresa lo siguiente:

Ser autores del Trabajo de Titulación denominado: Diseño e Implementación de un sistema fotovoltaico OFF-GRID para la iluminación del aula del laboratorio de electricidad del Instituto Superior Tecnológico Mariano Samaniego, de la Titulación Tecnólogo Superior en Electricidad, específicamente de los contenidos comprendidos en: Introducción, Capítulo 1. Energías Renovables, Capítulo 2. Componentes básicos que conforman un sistema fotovoltaico aislado (OFF GRID), Capítulo 3. Materiales y Métodos, Capítulo 4. Implementación, Conclusiones y Recomendaciones, siendo Ing. Montero Encarnación, Byron Gustavo, director del presente trabajo; y, en tal virtud, eximo expresamente al Instituto Superior Tecnológico Mariano Samaniego y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones judiciales o administrativas, en relación a la propiedad intelectual. Además, ratifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo son de mi exclusiva responsabilidad.

Esta obra, es producto de nuestras actividades académicas y de investigación, forma parte del patrimonio del Instituto Superior Tecnológico Mariano Samaniego, de conformidad con el artículo 20, literal j), de la Ley Orgánica de Educación Superior; y, artículo 91 del Estatuto Orgánico del ISTMS, que establece: “Forman parte del patrimonio del Instituto la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a

través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) del Instituto”.

Autorizamos al Instituto Superior Tecnológico Mariano Samaniego para que pueda hacer uso de nuestra obra con fines netamente académicos, ya sea de forma impresa, digital y/o electrónica o por cualquier medio conocido o por conocerse, sirviendo el presente instrumento como la fe de nuestro completo consentimiento; y, para que sea ingresada al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública, en cumplimiento del artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma:

Autor: Aguilar Jaramillo Cesar Augusto

C.I.: 1150175881

Firma:

Autor: Marín Merecí Jefferson David

C.I.: 1104419625

Firma:

Autor: Molina Jiménez Cesar Antonio

C.I.: 1150339412

Firma:

Autor: Salinas Mejía Víctor Alfonso

C.I.: 1150016820

DEDICATORIA

El presente trabajo es dirigido con profunda gratitud a mi familia, de manera especial a mi madre, que con gran sacrificio y esfuerzo supieron brindarme su apoyo económico y moral siendo mi motivación más grande para alcanzar mis metas.

A mis maestros que, con nobleza y paciencia, compartieron sus conocimientos para ser un buen profesional al servicio de la sociedad.

Aguilar Jaramillo Cesar Augusto

Dedico esta tesis a mi esposa Jessica a mis hijos Adrián, Salome y Leandro porque son la fuente de inspiración y el motivo para alcanzar mis objetivos propuestos.

Marín Merecí Jefferson David

El presente trabajo es dedicado con profunda gratitud a mi familia, de manera especial a mi madre, que con gran esmero, sacrificio e inspiración me brindo su apoyo económico y moral, siendo mi motivación más grande para alcanzar mis metas.

A mis maestros que, día tras día impartieron su enseñanza para convertirme en un buen profesional.

A mi querida Institución, porque en sus aulas recibí los más gratos recuerdos que nunca olvidaré y a más personas que han hecho posible la culminación de este trabajo de titulación.

Molina Jiménez Cesar Antonio

El esfuerzo es la clave del éxito por tal motivo el siguiente trabajo es dedicado en primer lugar a Dios por darme la vida, a toda mi familia, de manera especial a mis querido padres Víctor Salinas y Beatriz Mejía, quienes desde mi niñez me han apoyado constantemente de forma moral y económico, a mis hermanos, por su comprensión, ayuda en este proceso académico. Mi familia es el motor de mi vida, son quienes me han acompañado en los momentos buenos y malos para lograr cada una de mis metas y hoy son testigos de este triunfo.

El esfuerzo de mis queridos padres hoy está dando frutos, la dedicación, el compromiso y respeto son los ejes fundamentales con los que he desempeñado este trabajo de investigación por tal motivo este triunfo es dedicado par ustedes mi querida familia.

Salinas Mejía Víctor Alfonso

AGRADECIMIENTO

Una de las virtudes del ser humano es el agradecimiento porque permite el reconocimiento y valoración para aquellas personas que han estado de una u otra forma en nuestras vidas. Por tal motivo quiero agradecer primeramente a Dios, a mis padres por acompañarme durante todo este proceso para alcanzar esta meta.

También de una manera especial agradezco al Ing. Byron Montero, quien me orientó en este proceso académico, a los estudiantes de la Institución Tecnológica “Mariano Samaniego” quienes formaron parte para la realización de las prácticas de funcionamiento para mí trabajo de titulación, estas acciones permitieron culminar con éxito mi tesis por tal motivo me encuentro:

Infinitamente Agradecido.

Aguilar Jaramillo Cesar Augusto

Primeramente, dar gracias, Dios por la vida y salud de cada día, por darme sabiduría, por permitirme superarme de forma académica y personal. En segundo lugar, a mi humilde familia porque gracias a su apoyo y confianza estoy cumpliendo mis objetivos. A mis queridos docentes por compartir sus conocimientos.

Este agradecimiento es para el INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR “MARIANO SAMANIEGO” por brindarme la oportunidad de prepararme académicamente para brindar un servicio de calidad a la sociedad.

Marín Merecí Jefferson David

Agradezco primeramente a Dios por haberme otorgado una familia maravillosa, quienes han creído en mí siempre, dándome ejemplo de superación, humildad y sacrificio; enseñándome a valorar todo lo que tengo. A todos ellos les dedico este presente trabajo de titulación, porque han fomentado en mí, el deseo de superación y de triunfo en la vida lo que ha contribuido a la consecución de este gran logro. Espero contar siempre con su valioso e incondicional apoyo.

También debemos de agradecer a los compañeros de titulación, al docente tutor que en conjunta con ellos en equipo nos apoyamos dándonos muchos ánimos para asimismo culminar con este trabajo de titulación para llegar a ser unos grandes profesionales.

Molina Jiménez Cesar Antonio

Agradecer es un símbolo de reconocimiento por tal motivo es importante tender este gesto, especialmente con Dios por darme la fuerza y la perseverancia en esta etapa estudiantil, porque hubo momentos difíciles pero la fe que tengo en él siempre me permitió encontrar el camino para seguir adelante.

Muchos dicen que el segundo hogar es la institución educativa y no se equivocan por tal motivo agradezco a mi querido Mariano Samaniego por brindarme los mejores años de mi vida, por permitirme conocer docentes excelentes y amigos que formaran para de mi diario vivir. En especial a la carrera de Electricidad donde me forme para convertirme un profesional

También de todo corazón a sus autoridades que buscan brindar una educación de calidad y en particular al Ing. Byron Montero tutor de nuestra tesis por su paciencia y compartir sus conocimientos en este proceso de enseñanza aprendizaje.

Gracias por todo.

Salinas Mejía Víctor Alfonso

ÍNDICE DE CONTENIDO

Portada.....	I
Aprobación del director del Trabajo de Titulación	II
Declaración de autoría y cesión de derechos	III
Dedicatoria	V
Agradecimiento	VII
Índice de Contenido	IX
Resumen.....	1
Abstract	2
Introducción	3
Capítulo I.....	6
ENERGÍAS RENOVABLES	6
1.1 Introducción.....	6
1.2 Tipos de energías renovables.....	6
1.2.1 Energía solar térmica	6
1.2.2 Energía solar fotovoltaica	7
1.2.3 Energía eólica.....	8
1.2.4 Energía hidroeléctrica	10
1.2.5 Energía geotérmica.....	12
1.2.6 Energía de la biomasa	13

1.2.7	<i>Energía mareomotriz</i>	14
1.2.8	<i>Energía de hidrógeno</i>	15
Capítulo II	18
COMPONENTES BÁSICOS QUE CONFORMAN UN SISTEMA FOTVOLTAICO AISLADO (OFF GRID)	18
2.1	El módulo fotovoltaico	18
2.1.1	<i>Tipos de módulos fotovoltaicos</i>	19
2.2	Acumulador solar	24
2.2.1	<i>Especificaciones de las baterías</i>	26
2.2.2	<i>Consideraciones de seguridad y mantenimiento</i>	27
2.3	Controlador solar	29
2.3.1	<i>Selección de un regulador para un sistema fotovoltaico</i>	30
2.4	Inversor.....	32
2.5	Cableado	34
Capítulo III	37
MATERIALES Y MÉTODOS	37
3.1	Materiales	37
3.1.1	<i>DIALUX EVO 9.1</i>	37
3.1.2	<i>Iluminación en laboratorios</i>	38
3.1.3	<i>Normativa de iluminación para centros educativos</i>	39
3.2	Diseño de la iluminación en el programa DIALUX.....	39

3.3	Sistema fotovoltaico	43
3.3.1	<i>Ángulo de inclinación para los paneles solares</i>	43
3.3.2	<i>Condiciones climáticas favorables</i>	45
3.3.3	<i>Efectos climáticos que afectan el rendimiento</i>	45
3.4	Cálculos del sistema fotovoltaico.....	45
3.4.1	<i>Cargas existentes en el laboratorio de electricidad</i>	46
3.4.2	<i>Cálculo de los paneles solares necesarios</i>	48
3.4.3	<i>Dimensionamiento de las baterías</i>	52
3.4.4	<i>Selección del regulador</i>	53
3.4.5	<i>Selección del inversor</i>	54
3.4.6	<i>Selección del inversor</i>	55
3.4.7	<i>Componentes para utilizar</i>	56
Capítulo IV.....		58
IMPLEMENTACIÓN.....		58
4.1	Trasladado de los equipos al taller de electricidad.....	58
4.2	Ubicación de los equipos.....	59
4.2.1	<i>Paneles solares</i>	59
4.2.2	<i>Inversor batería y regulador</i>	60
4.3	Pruebas de funcionamiento	61
4.4	Presupuesto y costos de implementación.	63
Conclusiones.....		64

Recomendaciones.....	65
Referencias.....	66
Anexo	69
Apéndices.....	72

Índice de Tablas

Tabla 1 Consumo de cargas del laboratorio de electricidad del ISTMS	47
Tabla 2 Consumo de cargas del laboratorio de electricidad del ISTMS	48
Tabla 3 Consumo de cargas del laboratorio de electricidad del ISTMS	52
Tabla 4 Tensión nominal del sistema según la potencia	52
Tabla 5 Caídas de voltajes entre componentes	55
Tabla 6 Sección y calibre de conductores a utilizar	56
Tabla 7 Componentes para la implementación	56
Tabla 8 Presupuesto y costo de implementación	63

Índice de Figuras

Figura 1 Imagen de los espejos de energía solar térmica.....	7
Figura 2 Imagen de la célula fotovoltaica.....	8
Figura 3 Imagen de la central eólica Villonaco Loja.....	9
Figura 4 Imagen Energía hidroeléctrica.....	11
Figura 5 Diagrama general de una planta geotérmica.....	12
Figura 6 Diagrama general de energía de la biomasa.....	14
Figura 7 Esquema de sistema de aprovechamiento de energía mareomotriz.....	15
Figura 8 Esquema de sistema de energía de hidrógeno.....	17
Figura 9 Esquema de tres tipos de módulos fotovoltaicos.....	21
Figura 10 Esquema de paneles solares monocristalinos.....	22
Figura 11 Esquema de un módulo fotovoltaico policristalino.....	23
Figura 12 Esquema de un módulo fotovoltaico amorfo.....	24
Figura 13 Batería de plomo-ácido tipo vaso abierto.....	25
Figura 14 Batería de plomo-ácido sellada.....	26
Figura 15 Regulador de Voltaje MPPT.....	31
Figura 16 Regulador de Voltaje PWM.....	32
Figura 17 Caídas De Tensión Máximas Permitidas.....	35
Figura 18 Diseño del laboratorio del instituto.....	37
Figura 19 Normativa de iluminación para centros educativos.....	39
Figura 20 Distribución de las luminarias del laboratorio.....	40
Figura 21 Resumen y materiales del diseño de las luminarias del laboratorio.....	41
Figura 22 Resumen y materiales del diseño de las luminarias del laboratorio.....	41
Figura 23 Resumen de valores del diseño de las luminarias del laboratorio.....	42

Figura 24 Diagrama de instalación	42
Figura 25 Diagrama de instalación	43
Figura 26 Angulo de inclinación para paneles solares.....	44
Figura 27 Atlas solar del Ecuador con fines de generación eléctrica	49
Figura 28 Ubicación e identificación de la estación	50
Figura 29 Resultados del promedio anual de la radiación solar.....	50
Figura 30 Paneles solares	59
Figura 31 Instalación de los paneles solares	60
Figura 32 Pruebas de funcionamiento de los paneles solares	61
Figura 33 Pruebas de funcionamiento de los paneles solares	62
Figura 34 Pruebas de funcionamiento de los paneles solares	62

RESUMEN

Los sistemas fotovoltaico OFF – GRID, son sistemas innovadores que están compuestos por paneles solares, regulador de carga, un inversor y baterías solares de tipo autónomo, esto quiere decir que es una forma de generar energía aislada sin conectar a la red eléctrica. El objetivo general de esta tesis es: Diseñar e implementar un sistema fotovoltaico OFF-GRID para la iluminación del aula del laboratorio de electricidad del Instituto Superior Mariano Samaniego.

La metodología que se empleo es de tipo cuantitativa y de diseño descriptivo, se realizó en fases: la primera es la búsqueda de información para describir las características de los materiales a utilizar, la segunda es el diseño en el consta la distribución de las iluminarias mediante el programa Dialux evo 10, la tercera es el cálculo de los materiales para la implementación y finalmente el proceso de pruebas para el funcionamiento optimo del sistema.

Los resultados que se obtuvieron fue la generación de un sistema eficiente y optimo con seis iluminarias LED de marca Silvania que están colocadas en el laboratorio del Instituto Superior Mariano Samaniego, funcionando con un sistema fotovoltaico que genera un voltaje de 34,71V con un consumo de energía diario de $1.98 \frac{kWh}{dia}$.

Palabras claves: fotovoltaico, Laboratorio, paneles solares.

Abstract

OFF-GRID photovoltaic systems are innovative systems that are made up of solar panels, a charge regulator, an inverter and autonomous solar batteries, this means that it is a way of generating isolated energy without connecting to the electricity grid. The general objective of this thesis is to design and implement an OFF-GRID photovoltaic system for lighting the classroom of the electricity laboratory of the Instituto Superior Mariano Samaniego.

The methodology used is quantitative and descriptive design, it was carried out in phases: the first is the search for information to describe the characteristics of the materials to be used, the second is the design in which the distribution of the luminaires consists of the Dialux evo 10 program, the third is the calculation of the materials for the implementation and finally the testing process for the optimal functioning of the system.

The results obtained were the generation of an efficient and optimal system with six Sylvania brand LED luminaires that are placed in the laboratory of the Mariano Samaniego Higher Institute, operating with a photovoltaic system that generates a voltage of 34.71V with a consumption of daily energy of 1.5 KWh/day.

Keywords: photovoltaic, laboratory, solar panels.

INTRODUCCIÓN

Las energías renovables son fuentes de energía limpia, inagotable y crecientemente competitiva. Se diferencian de los combustibles fósiles principalmente en su diversidad, abundancia y potencial de aprovechamiento en cualquier parte del planeta. Una de las más empleadas es la energía fotovoltaica, esta utiliza como elemento principal el sol. En la ciudad de Cariamanga se encuentra ubicado el Instituto Superior Tecnológico “Mariano Samaniego”, mismo que cuenta con un laboratorio de la carrera de electricidad, para efectos del desarrollo del presente trabajo, planteamos la siguiente interrogante ¿Cuáles son las ventajas de instalar un sistema fotovoltaico OFF-GRID en el Instituto Superior Tecnológico “Mariano Samaniego”?, cuya respuesta permite conocer el funcionamiento de estos nuevos sistemas, donde los estudiantes desarrollan sus habilidades y aplican lo aprendió en clases, además conjuntamente con el docente pueden realizar prácticas, que le permite evaluar al estudiante y corregir en tiempo real.

Una de las facilidades que se presentó durante el desarrollo de este trabajo de titulación, fue la compilación de información por que permitió conocer los tipos de paneles solares, las características y el funcionamiento. Además, con esta parte teórica se diseña la distribución de las luminarias en el laboratorio mediante el programa Dialux, donde genera como resultado la potencia general de todo el sistema. Uno de los inconvenientes fue el desarrollo de la implementación por motivo de no encontrar los materiales y el tiempo de desarrollo de prueba, se solventa estas limitaciones para la entrega del proyecto.

La metodología que se utilizó es de tipo cuantitativa de diseño descriptivo, el área de estudio es en los laboratorios de electricidad del Instituto Superior

Tecnológico “Mariano Samaniego”, las variables son: potencia, horas de consumo o utilización, potencia generada, capacidad de la batería y potencia del inversor. La recolección de información se realiza mediante una rúbrica de observación, especialmente esto se utiliza para la fase de pruebas. El proceso de tabulación se lo realiza en Excel, para determinar el correcto funcionamiento.

En el capítulo uno, se describe los tipos de energía renovables, las características principales ventajas y desventajas. En el capítulo dos se detalla sobre los componentes o elementos que se encuentra conformando un sistema fotovoltaico, en el capítulo tres se denomina materiales y métodos aquí se desarrollan los cálculos correctos, para identificar los elementos que se deben adquirir para la implementación. Además, se establece el diseño de las luminarias. El cuarto capítulo es la implementación del sistema con las pruebas de funcionamiento.

OBJETIVO GENERAL

Implementar un sistema fotovoltaico para la iluminación del laboratorio de Electricidad del Instituto Superior Tecnológico “Mariano Samaniego”, a través de métodos analíticos y normativos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Diseñar el sistema de iluminación empleando el software DIALUX EVO.

Exploración de dispositivos que integran un sistema fotovoltaico

Efectuar un estudio de las cargas de iluminación, para diseñar el sistema fotovoltaico mediante métodos analíticos y matemáticos.

Implementar sistema de energía fotovoltaica que permitirá iluminar el laboratorio de electricidad.

CAPÍTULO I

ENERGÍAS RENOVABLES

1.1 Introducción

En la actualidad, las fuentes de energías renovables se las considera un potencial que contribuye al desarrollo energético sostenible del país, al brindarle una amplia variedad de beneficios ambientales, económicos y sociales.

Una de las más utilizadas es la fotovoltaica, misma que está constituida por un conjunto de elementos que almacenan energía solar y convierten en electricidad, esto quiere decir que se transforma en corriente alterna por el uso de un inversor, para el uso en la industria y hogares. (González Velasco, 2009). En este capítulo se describe la teoría de sistemas fotovoltaicos, el funcionamiento y características.

1.2 Tipos de energías renovables

1.2.1 *Energía solar térmica*

La energía solar térmica es la transformación de la energía solar en energía térmica, es considerada como una energía renovable que cuida el medio ambiente. Este tipo de energía se utiliza en viviendas, instalaciones pequeñas, laboratorios, instituciones, entre otras.

Su funcionamiento consiste en generar calor mediante espejos, de manera que los rayos del sol se almacenan en un receptor, alcanzan hasta los 1000°C.

El calor se utiliza para calentar un fluido que genera vapor y mueve una turbina lo que produce electricidad.

Los colectores solares térmicos usan paneles o espejos para absorber y concentrar el calor solar, transferirlo a un fluido y conducirlo por tuberías para su aprovechamiento en edificios e instalaciones o también para la producción

de energía solar termoeléctrica. Se tiene tres tipos de energía solar térmica: baja, media y alta temperatura. (FOCER, 2002).

Figura 1

Imagen de los espejos de energía solar térmica.



Nota. Instalación de energía solar térmica [Imagen], por (Rincón Educativo, 2020).

1.2.2 Energía solar fotovoltaica

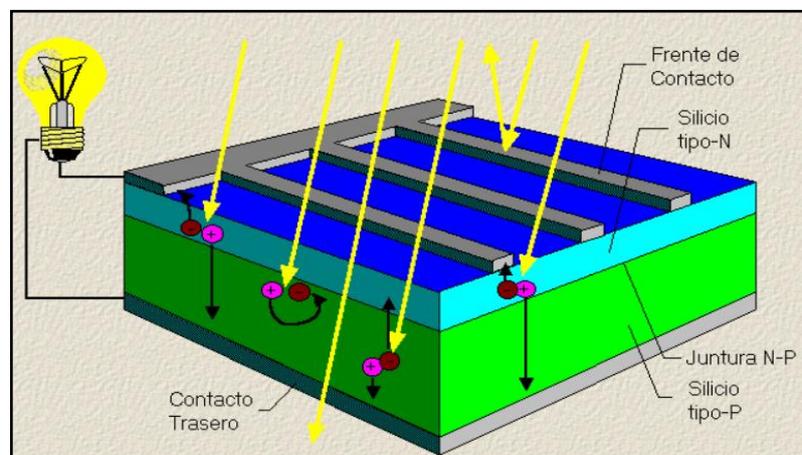
La energía solar fotovoltaica es una fuente de energía renovable, por tanto inagotable, limpia y se puede aprovechar en el mismo lugar en que se produce (auto gestionada). La sostenibilidad energética, en un futuro vendrá dada por el uso de las energías renovables" (Méndez Muñiz, Cuervo García, & ECA, 2008, pág. 15).

El funcionamiento de cada célula fotovoltaica se puede resumir básicamente en la absorción de una partícula de luz (el fotón) por la estructura. Dicho fotón, al entrar en contacto con la capa P, libera un electrón, que será transportado hacia el circuito para dar vida a la energía eléctrica. Cada célula está conectada a las demás células del módulo a través de tiras metálicas que forman los circuitos necesarios en serie y en paralelo. (Pep Puig, 2007). Una célula fotovoltaica sólo puede generar electricidad cuando se cumplen tres condiciones:

- Se ha de poder modificar el número de cargas positivas y negativas.
- Se han de poder crear cargas que permitan la aparición de una corriente.
- Es preciso que se establezca una diferencia de potencial o campo eléctrico (Pep Puig, 2007).

Figura 2

Imagen de la célula fotovoltaica



Nota. Adaptado de La oblea de silicio ha sido tratada para que cuando incida sobre ella la luz solar se liberen y se “empujen” las cargas eléctricas hacia la superficie. (Las positivas en una dirección y las negativas en otra) [Imagen], por (Pep Puig, 2007).

1.2.3 Energía eólica

Al finalizar 2004 la potencia eólica instalada en el conjunto del planeta se situaba aproximadamente en 47.200 MW. Esto suponía un récord de crecimiento anual, con 7.700 MW nuevos instalados durante el año 2004. Pero, sobre todo, confirmaba un cambio significativo en el desarrollo de esta industria: la globalización de la energía eólica. Si bien la Unión Europea (UE) representa aún el

72% de toda la potencia instalada en el mundo, lo cierto es que el aprovechamiento energético del viento ha dejado de ser cuestión de un único continente.

Solo unos datos: mientras que en 2003 fueron diez los países que construyeron parques eólicos por encima de los 100 MW, en 2004 esta lista aumentaba a 19, de los cuales 9 eran no europeos. Del mismo modo, el continente asiático poseía ya el 10% de la potencia eólica instalada.

En lo que respecta al ranking mundial, los cinco países del mundo con más potencia eólica acumulada a finales de 2004 volvían a ser: Alemania (16.630 MW), España (8.155), EE. UU. (6.750), Dinamarca (3.120) e India (3.000).

España no sólo escalaba a la segunda posición superando a EE. UU. en potencia acumulada, sino que también fue el segundo país del mundo que más megavatios eólicos nuevos instaló (1.920) durante el año 2004, muy cerca de Alemania (2.020), líder indiscutible del actual desarrollo eólico mundial (Álvarez, 2006).

Figura 3

Imagen de la central eólica Villonaco Loja



Nota. Adaptado de La Central Eólica Villonaco de 16.5 MW de potencia se encuentra ubicado en la ciudad de Loja [Imagen], (Ministerio de Energía y Minas, 2022)

1.2.4 Energía hidroeléctrica

El aumento de la demanda energética mundial, como consecuencia del crecimiento económico global, implica necesariamente un incremento en la capacidad generadora de los Estados. Diversas tecnologías han suplido las necesidades energéticas durante la historia: en la Antigüedad la madera, más tarde el carbón y en nuestros tiempos, el petróleo y sus derivados.

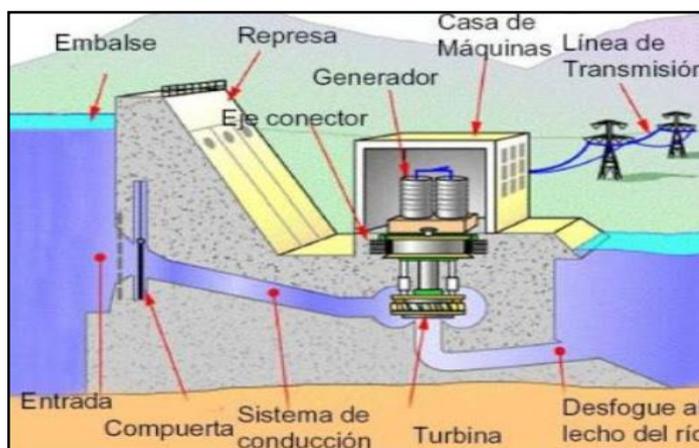
Sin embargo, todos estos recursos se han mostrado insuficientes para afrontar las épocas futuras, donde las demandas tienden a crecer y los recursos a escasear. En nuestros días ocurre lo mismo. Sabemos con certeza que la época del petróleo está próxima a su fin. Por ello los esfuerzos de investigación se centran en otras tecnologías. Además, hay que sumar los problemas medioambientales que las energías «fósiles» han ido provocando, acentuándose sobremanera en las últimas décadas, lo que ha llevado a los Estados a plantearse por primera vez seriamente los costes ecológicos y a ponerse de acuerdo en un primer tratado sobre contaminación, el protocolo de Kioto, en 1997 y tras varias cumbres fallidas, en 2015 el histórico acuerdo de la cumbre del clima COP21 de París, donde se logró por primera vez un verdadero acuerdo para limitar el aumento de la temperatura de nuestro planeta.

Una de las soluciones buscadas han sido las energías atómicas de fisión y fusión, mismas que aunque se pueden considerar inagotables, son altamente contaminantes (sobre todo en sus residuos), muy caras (no al alcance de todos los países) y muy concentradas (creando polos de energía o puntos vitales de funcionamiento muy sensibles a su seguridad y estabilidad de la red).

La otra gran alternativa son las energías renovables, mucho más limpias que las anteriores, inagotables y más accesibles para algunos estados, puesto que no requieren alta tecnología, ni compra de materia prima vital como carbón o petróleo logrando así también la reducción de la dependencia de terceros países.

Figura 4

Imagen Energía hidroeléctrica



Nota. Del proceso de ejecución de la energía hidroeléctrica [Imagen], (Ministerio de Energía y Minas, 2022)

En definitiva, una verdadera alternativa de futuro. Gracias a diversos programas de promoción, sobre todo la energía solar y la eólica se han establecido a nivel mundial como alternativas que en estos días están llegando al punto donde pueden competir con las energías convencionales. Por otro lado, hay dos tecnologías que lideran el mercado de las renovables, llevan muchos años funcionando y no muestran los problemas de aleatoriedad tan acusadamente: la energía de la biomasa (la obtenida de los residuos orgánicos) y la energía hidroeléctrica (Sanz Osorio, 2016).

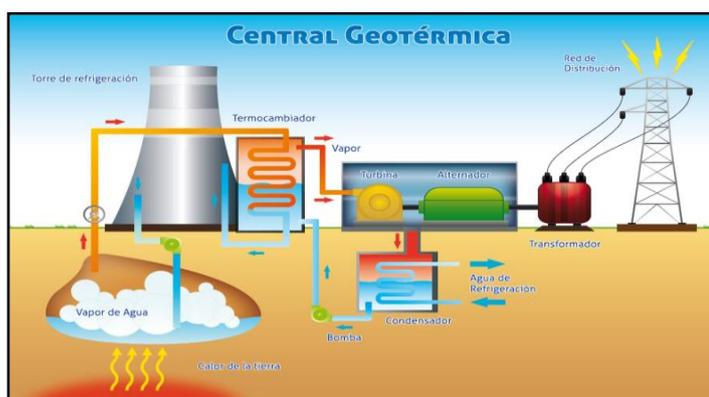
1.2.5 Energía geotérmica

La geotermia, se ha convertido en una fuente clave de producción de energía eléctrica, gracias a sus costos competitivos y confiabilidad técnica además de su capacidad de ofrecer potencia firme con altos factores de carga.

No solo se trata de una tecnología limpia, renovable y de bajo impacto ambiental, sino también de una alternativa viable que favorece la diversificación de la matriz energética, con una producción de energía constante e independiente de las fluctuaciones de los costos de los combustibles y de las variaciones meteorológica (BID, 2014). Un sistema geotérmico, está constituido por tres elementos principales: una fuente de calor, un reservorio y un fluido, el cual es el medio que transfiere el calor. La fuente de calor puede ser tanto una intrusión magmática a muy alta temperatura ($> 600^{\circ}\text{C}$), emplazada a profundidades relativamente pequeñas (5-10 km) o en sistemas de baja temperatura (Gómez, 2019).

Figura 5

Diagrama general de una planta geotérmica



Nota. Adaptado de Parte principales que conforman el sistema de una planta geotérmica, tomado del libro de (Gómez, 2019).

1.2.6 Energía de la biomasa

La biomasa es una de las fuentes energéticas renovables con mayor potencial de crecimiento durante las próximas décadas. En todo el mundo, la aportación actual de la biomasa (utilizando una definición amplia que incluye todas las fuentes de bioenergía y también los usos tradicionales no eficientes) se sitúa en torno al 10% del total de producción de energía. De acuerdo con previsiones establecidas por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC).

La biomasa desempeña un papel fundamental en el abastecimiento energético, con recursos renovables y su cuota de participación en la producción mundial de energía debería estar entre el 25% y el 46% (Cerdá Tena, 2011, pág. 7).

La definición de biomasa que se utiliza en las directivas de la UE es la siguiente: “Biomasa es la fracción biodegradable de productos, deshechos y residuos de la agricultura (incluyendo sustancias vegetales y animales), silvicultura e industrias relacionadas, así como la fracción biodegradable de los residuos municipales e industriales”.

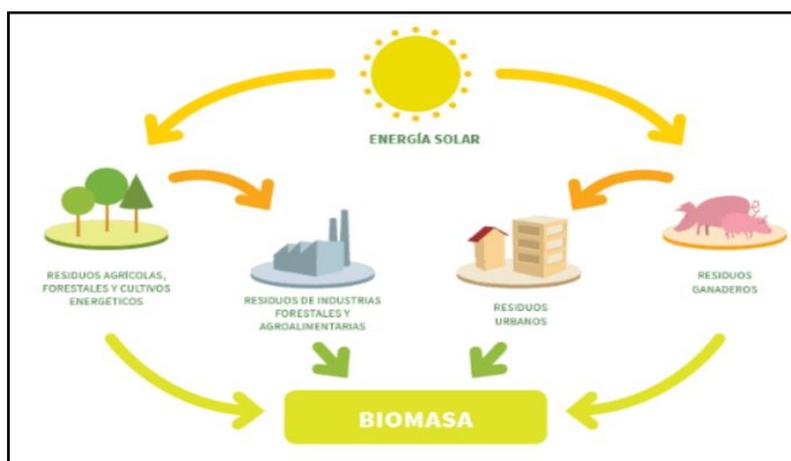
Esta definición tiene un carácter muy amplio, ya que dentro de ella se engloba una diversidad de fuentes energéticas que comparten determinadas características, pero que difieren entre sí en cuanto a las tecnologías para su obtención y aplicación para la producción energética (Cerdá Tena, 2011, pág. 13).

Si bien existen una amplia gama de fuentes energética de tipo renovables con un crecimiento potencial muy notable, en gran parte los recursos de la biomasa pueden ser considerados un tanto lejanos en la sustitución de combustible en cual quiere tiempo, más que de la retención del carbón pues, en primer lugar, los productores tenderán a mirar las especies de la biomasa con mayores cultivos

anuales para aplicaciones energéticas y, segundo, la biomasa para la energía puede ser obtenida de otras fuentes y no únicamente de los nuevos bosques (Valcarcel M. & VALCARCEL M., 1999)

Figura 6

Diagrama general de energía de la biomasa



Nota. Adaptado de Parte principales que conforman la estructura de energía de la biomasa, tomado del libro de (Gómez, 2019).

1.2.7 *Energía mareomotriz*

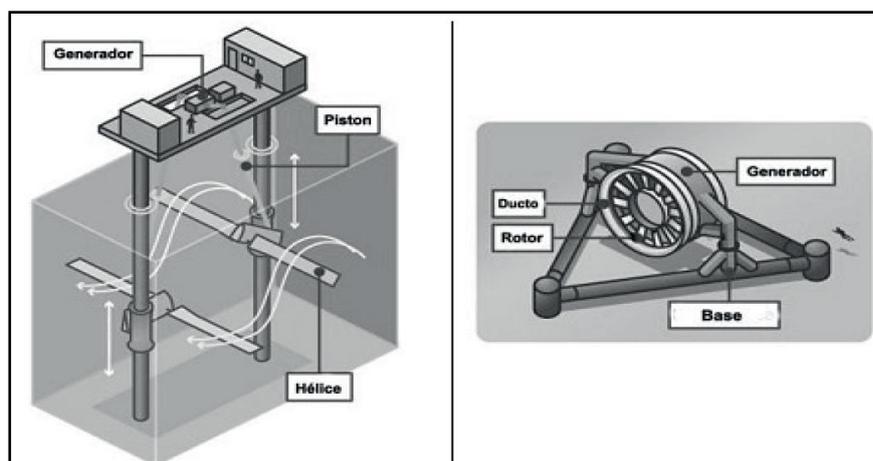
Los mares y océanos tienen gran potencial energético, con posibilidades de ser convertido en electricidad.

Existen varias alternativas tecnológicas según el tipo de aprovechamiento de dicho potencial energético, entre las que se encuentran: la energía de las corrientes, en la que se hace uso de la energía cinética que poseen las corrientes marinas mediante la instalación submarina de estructuras similares a un aerogenerador; la energía marea térmica, que emplea la variación entre la temperatura de la superficie y la temperatura de aguas profundas, requiriéndose un gradiente térmico de al menos 20 °C; la energía undimotriz o energía a partir del

movimiento de las olas, que 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; y por último, la 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).

Figura 7

Esquema de sistema de aprovechamiento de energía mareomotriz



Nota. Adaptado de En el gráfico se observa un sistema de aprovechamiento de energía mareomotriz, fuente (Quintero González & Quintero González, 2015).

1.2.8 Energía de hidrógeno

En física y biología, el hidrógeno es un elemento estrechamente relacionado con la energía. Cuando se produce hidrógeno, usando un dispensador de laboratorio basado en la reacción de ácido sulfúrico y zinc, cuando se usa una chispa o una llama, el gas resultante se quema rápidamente en el aire, reflejando la energía

potencial del hidrógeno en una dirección. Química pura (como veremos más adelante, el hidrógeno también tiene una alta correlación con la energía nuclear).

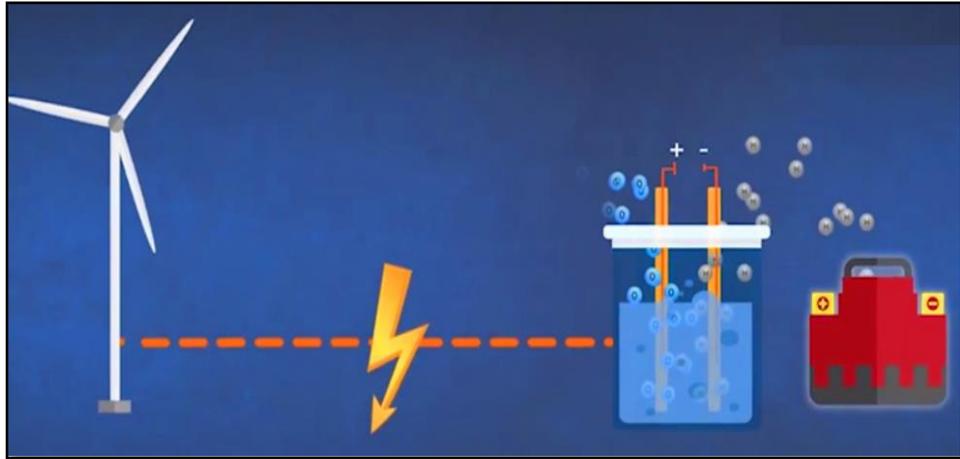
Este proceso es similar a la reacción entre el hidrógeno y el oxígeno atmosférico que produce agua. Es una reacción altamente exotérmica que libera energía en forma de calor. Para comprender cuál es el representante que esto es si la energía se aplica a 1 litro de agua a 15 ° C, la temperatura aumentará a 83 ° C, el principal problema de usar hidrógeno como fuente de energía en el contexto anterior es que el hidrógeno solo se combina con otros elementos en la tierra y lo usa como fuente de energía según la reacción, debe obtenerse de forma gratuita de algunos elementos que lo contienen.

La principal fuente de hidrógeno potencialmente disponible es el agua, un compuesto casi inagotable en el océano. Pero si la formación de agua a partir de hidrógeno y oxígeno es un proceso de liberación de energía, entonces el proceso opuesto, dividir las moléculas de agua para liberar hidrógeno y oxígeno (hidrólisis), tiene el mismo costo energético. Por cada mol (2 g) de hidrógeno producido a partir del agua, se deben suministrar 283 kJ de energía en una forma adecuada, como una corriente eléctrica.

En Argentina se desarrolla un experimento piloto, el cual pretende aprovechar la energía eólica para obtener energía eléctrica y aplicarla a la electrólisis del agua. (Mendoza Medellín, 2006).

Figura 8

Esquema de sistema de energía de hidrógeno



Nota. En la siguiente imagen se observa un sistema de aprovechamiento de energía de hidrógeno fuente (Quintero González & Quintero González, 2015).

CAPÍTULO II

COMPONENTES BÁSICOS QUE CONFORMAN UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO (OFF GRID)

2.1 El módulo fotovoltaico (MFV)

Las corrientes y voltajes resultantes son demasiado pequeños para aplicaciones prácticas, por lo que se deben fabricar nuevas estructuras basadas en celdas de conmutación mínimas, para proporcionar aplicaciones alternativas. Combinar celdas solares conectadas de alguna manera, es necesario para aumentar el voltaje y la corriente producida. Esta combinación dará como resultado una nueva estructura llamada módulo de celda solar, en lo sucesivo denominado simplemente módulo.

La celda solar es un generador que se comporta tanto como fuente de corriente y fuente de voltaje, siendo la electricidad generada del tipo directo. Por las Leyes Kirchhoff para circuitos eléctricos se sabe que, si fuentes de fuerza electromotriz idénticas son conectadas en serie, o en paralelo, se tendrá:

Las conexiones en serie entre las fuentes de potencia de un motor eléctrico aumentan el voltaje de salida, su magnitud es igual a la suma de los voltajes de cada fuente, lo que mantiene constante la corriente.

Una conexión de tipo paralelo, entre fuentes de la fuerza electromotriz aumenta la corriente de salida igual a la suma de las corrientes de cada fuente, manteniendo constante el voltaje.

El requisito de identidad para las celdas solares es una característica que en los procesos de fabricación masiva no es sencillo lograr; por lo que los fabricantes, al realizar la construcción de su MFV, deben tener mucho control en la elección de cada uno de los elementos que participarán en la formación de esa nueva estructura.

Cuando celdas no idénticas se conectan para formar un MFV, se generan importantes problemas que están asociados a desbalances eléctricos y térmicos generados por la falta de acoplamiento entre ellas. Sin embargo, aunque se haya garantizado que las celdas individuales tengan idénticas características eléctricas, siempre existirá la probabilidad de que alguna de ellas quede sombreada parcialmente, implicando inmediatamente que aparecerá un desbalance eléctrico y térmico.

El efecto principal de estos problemas se manifiesta en el hecho de que un MFV o varios de ellos trabajarán como receptores de potencia y consumirán, en lugar de producir, parte de la potencia generada por los otros módulos en el arreglo. Como consecuencia se calentarán, existiendo la posibilidad de que se formen los llamados “puntos calientes” que dañan irreversiblemente a la celda en donde se produce, y, en consecuencia, al módulo fotovoltaico (Sánchez Juárez, Martínez Escobar, Santos Magdaleno, Ortega Cruz, & Sánchez Pérez, 2017).

2.1.1 Tipos de módulos fotovoltaicos

Sin entrar en detalles sobre cómo se genera la electricidad en los paneles (efecto fotoeléctrico), actualmente encontramos en el mercado solar paneles de diversas tecnologías. Como todos sabemos, el silicio sigue siendo el elemento

fotosensible más importante en la tecnología de paneles actual debido a su capacidad para producir más electricidad que otros componentes.

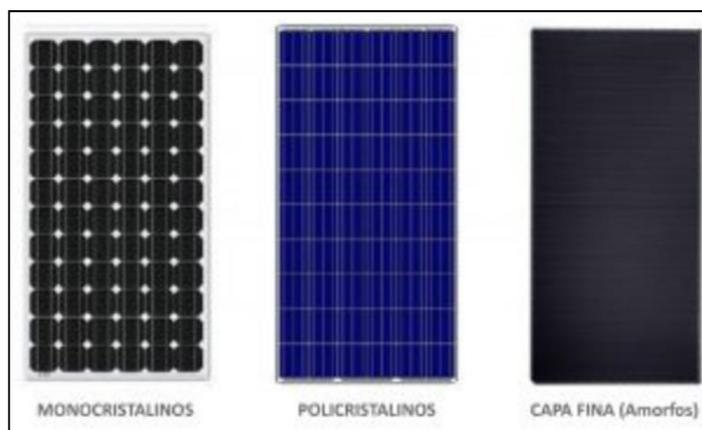
Actualmente se están utilizando nuevas tecnologías en la producción de celdas fotovoltaicas para aumentar la eficiencia y reducir los costos.

Los paneles solares consisten en varios conjuntos de células fotovoltaicas, estas celdas (con diferentes tecnologías según el tipo de panel) se conectan en serie para conseguir la tensión de salida del valor deseado (12V, 36V, etc.) y a su vez en paralelo en varios ramales para aumentar la corriente. En cuanto a las propias células, solo hay un cambio importante. En la década de 1990, las celdas de polisilicio se hicieron cada vez más populares. Estas celdas son menos eficientes que las celdas de silicio monocristalino, pero se cultivan en celdas grandes que reducen significativamente los costos de producción. Los paneles de la década de 1990 y principios de la de 2000 generalmente tenían celdas de 5 pulgadas (125 mm), y desde 2008 casi todos los paneles nuevos han usado celdas de 6 pulgadas (150 mm).

La explicación de este desarrollo se basa en el uso inicial de esta tecnología, que se dio más ampliamente en las aplicaciones espaciales. Su relación potencia-peso es superior a la de cualquier otra tecnología de la competencia. El mercado de la aviación está dispuesto a pagar lo que sea necesario para obtener la mejor batería, por lo que, si reduce la eficiencia, no hay razón para invertir en una solución de bajo costo. En base a lo comentado anteriormente, en el mercado actual podemos encontrar estos tres tipos de paneles fotovoltaicos:

Figura 9

Esquema de tres tipos de módulos fotovoltaicos



Nota. Adaptado de Ilustración de tres tipos de módulos fotovoltaicos, fuente (TRITEC INTERVENTO, 2017)

Los primeros se fabrican a partir del silicio puro fundido y dopado con boro. Los Policristalinos se fabrican de la misma forma que los monocristalinos, pero disminuyendo el número de fases de cristalización. Los paneles de capa fina, sin embargo, se producen de forma diferente, depositando en forma de lámina delgada sobre un sustrato como vidrio o plástico (TRITEC INTERVENTO, 2017).

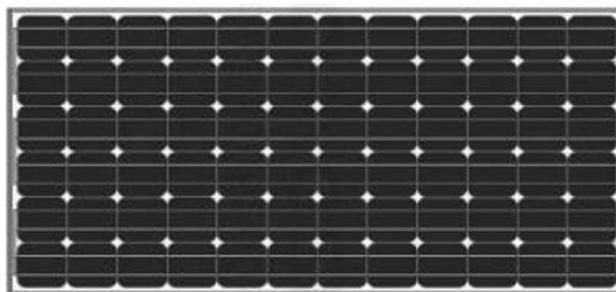
2.1.1.1 Paneles solares monocristalinos

Entre los paneles solares monocristalinos, las células solares de silicio monocristalino se reconocen fácilmente por su color y apariencia uniformes, lo que indica una alta pureza del silicio. Las células monocristalinas están hechas de bloques o lingotes de silicio y tienen forma cilíndrica. Para reducir los costes de fabricación y optimizar el rendimiento, los cuatro lados del bloque de cilindros se cortan en obleas de silicio.

Los paneles solares monocristalinos y los paneles solares policristalinos se pueden distinguir claramente porque las celdas de las celdas policristalinas no tienen esquinas redondeadas y son perfectamente rectangulares. La diferencia básica entre las celdas solares monocristalinas y policristalinas, es la composición del cristal de silicio. Las células monocristalinas están formadas por un único tipo de cristal de silicio, de esta forma se consigue un alineamiento bastante perfecto de todos los componentes del cristal (Planas, Energía Solar, 2017).

Figura 10

Esquema de panel solar monocristalino



Nota. Imagen de un panel monocristalino,
fuente (TRITEC INTERVENTO, 2017)

2.1.1.2 Paneles solares Policristalinos

Los paneles solares policristalinos están compuestos, en este caso, por células policristalinas, las celdas de silicio policristalino también usan obleas de silicio como sustratos, pero a diferencia del silicio monocristalino, estas celdas se producen cortando un bloque de silicio que se ha solidificado lentamente en un crisol y consiste en muchos cristales de silicio pequeños. Este tipo de tratamiento es más económico que el anterior, pero reduce significativamente la eficiencia y el rendimiento de la batería.

Pueden ser interesantes si el proyecto está impulsado por factores de precio, pero el mono es más beneficioso a largo plazo. Se diferencian por su color azulado y no poseen el chaflán en las esquinas como los monocristalinos.

Figura 11

Esquema de un módulo fotovoltaico policristalino



Nota. Adaptado de Celdas policristalinas, fuente (Cordero, 2007)

2.1.1.3 Paneles fotovoltaicos de capa fina (amorfo)

Este tipo de panel solar es el más económico, por lo que, si se considera una instalación más económica, pero de menor eficiencia en comparación con el polisilicio y el monocristalino, nos decantamos por este tipo de panel solar.

Los paneles se fabrican de forma diferente a los dos paneles anteriores. Dado que el grosor de la batería se reduce en 50, se pueden ahorrar muchas materias primas de esta manera.

Los módulos de silicio amorfo se caracterizan por una mayor absorción de radiación difusa que los módulos cristalinos convencionales. También tienen un mejor comportamiento en lugares calientes.

Por lo tanto, esto se deduce en un abaratamiento substancial de los paneles que integran este tipo de células (Implica-t Enchúfate a la energía verde, 2019).

Figura 12

Esquema de un módulo fotovoltaico amorfo



Nota. Adaptado de Celda fotovoltaica de capa fina,
fuente (Implica-t Enchúfate a la energía verde, 2019).

2.2 Acumulador solar

Las baterías almacenan electricidad de corriente continua en forma química. Su función es almacenar la energía producida durante el día para utilizarla por la noche o con mal tiempo (nublado, lluvioso). También tienen la capacidad de proporcionar más corriente, por ejemplo, al encender un televisor.

Las baterías de los sistemas fotovoltaico más comunes son las baterías de plomo-ácido de ciclo profundo. Pueden ser líquidas con ventilación (recipientes abiertos) y sellados. Una batería de celda abierta es muy similar a una batería de automóvil, la principal diferencia es que las baterías de sistema fotovoltaico están diseñadas para operar en un "ciclo profundo", es decir descarga una pequeña cantidad de corriente durante mucho tiempo; mientras que las baterías de los automóviles están diseñadas para liberar una gran cantidad de corriente en un corto período de tiempo para arrancar el motor y luego el alternador las recarga inmediatamente. Por lo tanto, las baterías de automóviles generalmente no se recomiendan para cargas residenciales y sistemas de energía renovable.

Figura 13

Batería de plomo-ácido tipo vaso abierto



Nota. Adaptado de Ilustración de una batería solar de plomo-ácido tipo vaso abierto, (Uzquiano, Sullivan, & Sandy, 2015).

Una batería de ciclo profundo se descarga al 80% y dura hasta 10 años con el mantenimiento adecuado. Las baterías están hechas de placas positivas y negativas de plomo y aleación de plomo sumergidas en una solución electrolítica de ácido sulfúrico y agua.

Cuando la batería está casi completamente cargada, se produce y libera gas hidrógeno. La humedad se pierde al ventilar la salida de la batería, por lo que debe reponerse periódicamente. Las baterías de ciclo profundo durarán más si se evita la descarga profunda y se realiza un mantenimiento regular para reponer el agua acidificada.

Figura 14

Batería de plomo-ácido sellada



Nota. Adaptado de Ilustración de una batería solar de plomo-ácido tipo sellada, (Uzquiano, Sullivan, & Sandy, 2015).

Las baterías selladas no tienen tapa y, por lo tanto, no tienen acceso al electrolito y se considera libre de mantenimiento; Son impermeables porque el electrolito se encuentra en estado de gel. Por estas razones, son una buena opción para aplicaciones remotas donde el mantenimiento regular es poco probable o no es económico. La batería de plomo requiere control para evitar la sobrecarga y las descargas totales operan estos controladores monitoreando el voltaje de la batería.

Especificaciones de las baterías

Las baterías presentan las siguientes especificaciones:

Autonomía: Se refiere al número de días en que un sistema de baterías suministrará una carga determinada sin ser recargado con el sistema fotovoltaico.

Capacidad: medida en amperios-hora (Ah). La capacidad se basa en la energía y los días de autonomía requeridos para operar la carga.

Profundidad y tasa de descarga: La tasa de descarga de una batería afecta directamente su capacidad si la batería se descarga rápidamente, la potencia utilizable disminuye.

Vida útil: es común pensar en la esperanza de vida en años, pero los fabricantes de baterías expresan la esperanza de vida en términos de ciclos, las baterías pierden capacidad con el tiempo y se considera que han llegado al final de su vida útil cuando pierden el 20% de su capacidad original.

Voltaje: El voltaje nominal de la batería suele ser de 2, 6, 12 o 24 V.

Condiciones ambientales: Las baterías son sensibles al medio ambiente. Los fabricantes suelen calificarlas a 25 °C. La capacidad de la misma, disminuirá a temperaturas más bajas, no obstante a temperaturas más altas, la capacidad de está aumenta, aunque la duración disminuye.

2.2.1 Consideraciones de seguridad y mantenimiento

Colocar las baterías en un sitio donde no lleguen los rayos de sol y sea ventilado para que los gases se dispersen fácilmente y no se moje con la lluvia, tener en cuenta que estos elementos, deben estar cerca del regulador de carga (Uzquiano, Sullivan, & Sandy, 2015). Las baterías presentan las siguientes consideraciones para su mantenimiento:

- Mantener estos elementos alejados de los espacios habitados.
- Ventilar la caja de está la hacia el exterior.
- Mantener los cables de la batería del mismo largo.
- Las conexiones en paralelo deben ser mínimas.
- Los cables hacia el inversor deben salir por debajo de la caja de las baterías.

- Lo último que se conecta son las baterías.
- Nunca mezclar diferentes tipos de baterías.
- No mezclar nuevas con viejas.
- No usar joyas de metal cuando se manipulan.
- Manipular las baterías con herramientas adecuadas que tenga materiales aislantes.

La capacidad de almacenamiento de un sistema electroquímico o un banco de baterías, C_{BB} , se dimensiona en función de la energía consumida diariamente por las cargas eléctricas y la autonomía requerida en el sistema.

En un sistema fotovoltaico la autonomía del banco de baterías se define como el número de días que funcionarán las cargas eléctricas con cero irradiaciones. La unidad de medición para la capacidad de almacenamiento en un banco de baterías es el Amper-hora (Ah) expresado a un voltaje nominal (V_B), es decir, se dice que la capacidad de esta es de 100 Ah a 12 V.

La expresión que se usa para estimar la capacidad de almacenamiento de un Banco de Baterías o Acumuladores, C_{BB} , que estará alimentando un conjunto de cargas eléctricas cuyo consumo de energía es E_{CL} , se expresa como:

$$C_B = \frac{E_C A_u}{V_N(S) f_u F} \quad \text{Ec.5}$$

Donde E_{CL} se debe expresar en Wh, A_u es la autonomía expresada en días (se recomienda una autonomía no mayor de 3 días), $V_N(S)$ es el voltaje nominal del sistema (múltiplo de 12 V), f_u es el factor de uso recomendado por el fabricante ($f_u = 0.5$ para baterías de placa delgada tipo automotriz; $f_u = 0.8$ para las de placa gruesa o de tracción); $F_i = 1.05$ para las de placa delgada y $F_i = 1.35$ para las de placa gruesa.

Si E_{CL} se expresa en Ah a $V_N(S)$, entonces:

$$C_B = \frac{E_C A_U}{f_u F} a V_N(S) \quad \text{Ec.6}$$

Con dicha relación se determina el número total de baterías a instalar. Dicho número dependerá de la capacidad de almacenamiento C_{BAT} y voltaje nominal V_{BAT} . (Sánchez Juárez, Martínez Escobar, Santos Magdaleno, Ortega Cruz, & Sánchez Pérez, 2017)

Si V_{BAT} es el voltaje de la batería seleccionada con una Capacidad de almacenamiento C_{BAT} , entonces:

- Número de Baterías conectadas en Serie: $N_S = V_N(S)/V_{BAT}$
- Número de arreglos (de baterías en serie) conectados en paralelo: $M_P = C_{BB}/C_{BAT}$ redondeando la fracción al entero más próximo.
- Arreglo de Baterías: $N_S \times M_P$
- Numero Total de Baterías: $N_{TB} = N_S \times M_P$

2.3 Controlador solar

La tensión nominal del módulo fotovoltaico es superior a la tensión nominal de la batería utilizada en la instalación. Esto es por dos razones:

La clasificación de voltaje del panel debe ser más alta para minimizar las caídas debido al aumento de la temperatura. El voltaje sin carga del panel solar siempre debe ser mayor que el voltaje máximo, durante la carga normal. Porque para alcanzar un estado completo de carga en una batería de 12 V nominales, necesitamos un voltaje mínimo de 14 V (2,34 V por celda).

Por tanto, la tarea del regulador va encaminada a evitar que la batería se dañe en algún momento por una sobrecarga excesiva del panel, acortando así su vida útil.

En definitiva, el regulador de carga es un equipo capaz de evitar la sobrecarga del acumulador a la vez que limita la tensión de la batería a unos valores adecuados para el mantenimiento, en estado de flotación.

Este ejercicio es muy importante porque usamos energía estacional cambiante. Por ejemplo, supongamos que cada día del año tiene un consumo fijo. Si calculamos el número de módulos solares necesarios, lógicamente deberíamos confiar en la radiación invernal para asegurarnos de que el sistema funcionará correctamente durante las peores temporadas. Sin embargo, esto da motivos para pensar que cuando llegue el verano, los valores de radiación se pueden duplicar para producir el doble de lo calculado en invierno, y viceversa, el consumo será el mismo.

Así, el circuito de control del regulador de carga, sabe cuándo éste debe empezar a actuar limitando la corriente proporcionada por el grupo fotovoltaico (Gobierno De Canarias (Consejería De Industria, Comercio Y Nuevas Tecnologías), 2004).

2.3.1 Selección de un regulador para un sistema fotovoltaico

Cómo elegir un regulador de carga solar y cómo calcularlo, puesto que no todos valen para los mismos paneles. Existen dos tipos: los reguladores de modulación de ancho de pulso (PWM) y los módulos de Punto máximo de Potencia (MPPT), y se calculan de forma diferente.

2.3.1.1 Cálculo de reguladores MPPT

En los paneles MPPT se divide la potencia total de los paneles por la tensión de la batería y obtenemos la intensidad máxima de carga.

$$I_{\text{máx}} = \frac{P_T}{V_{\text{BAT}}} \text{ (A)} \quad \text{Ec.7}$$

Así, por ejemplo, si tenemos una instalación de baterías de 24 voltios y 8 paneles de 220 vatios, el cálculo del regulador sería: Potencia total= 8 x 220=1760 W. Si dividimos 1760 W entre 24V, nos daría un resultado de 73,3 amperios.

Figura 15

Regulador de Voltaje MPPT



Nota. Adaptado de Ilustración de Regulador de Voltaje BLUESOLAR MPPT 100/50, fuente (RENOVA ENERGÍA, S.F)

2.3.1.2 Cálculo de reguladores PWN

Lo primero que tienes que saber es que los reguladores PWM solo se pueden utilizar con placas de 12 voltios y 36 células y con placas solares de 24 voltios y 72 células.

Para elegir el regulador de la marca PWM se debe conocer la máxima potencia de la placa solar. Esto se puede consultar en la ficha técnica o en las características del propio panel. Este número se multiplica por el número de paneles que hay en la instalación y obtiene la potencia total de la placa. Por ejemplo, si tenemos dos paneles solares de $IMP=5$ A, podremos comprar un regulador de $IMP=10$ A (TECHNO SUN, 2020).

Figura 16*Regulador de Voltaje PWM*

Nota. Adaptado de Ilustración de Regulador de Voltaje Victron Energy BlueSolar PWM, fuente (RENOVA ENERGÍA, S.F).

2.4 Inversor

El sistema inversor es el encargado de convertir la corriente continua del generador fotovoltaico en corriente alterna. El funcionamiento del inversor será automático. Una vez que los módulos solares han producido suficiente energía, la electrónica de potencia implementada en los equipos inversores se encarga de monitorear el voltaje, la frecuencia de la red y la producción de energía. Cuando esto sea suficiente, el dispositivo comenzará a ingresar a la red.

El funcionamiento del inversor es extraer la máxima potencia posible de los módulos solares respetando el punto de máxima potencia.

Cuando la radiación solar que incide sobre los paneles no es suficiente para suministrar corriente a la red, el inversor dejará de funcionar.

Dado que la energía consumida por la electrónica del inversor proviene de los paneles, este último, consume solo una fracción de la energía de la red de distribución durante la noche, reduciendo así las pérdidas.

El inversor adoptado permite un rango muy amplio de tensión de entrada desde el campo fotovoltaico, lo que permite una gran flexibilidad de configuración y posibilidades de ampliación en el futuro (Cuerva Valdivia, 2018).

La función principal del inversor es adaptarse a la tensión de entrada del generador, la potencia máxima que puede proporcionar, y la tensión de salida, frecuencia de onda, etc. de la CA. La eficiencia es la relación entre la carga del inversor y la carga de la batería.

Según la forma de onda pueden ser:

- Cuadrada es una característica de algunos inversores de baja potencia y costo, adecuados para el suministro exclusivo de dispositivos puramente resistivos como componentes de iluminación, etc.
- Modulador, también típicas de los inversores de baja potencia, pero pueden alimentar una variedad más amplia de elementos que el tipo anterior, incluida la iluminación, los motores pequeños y la electrónica que son menos sensibles a las señales de corriente.
- Senoidal pura, este tipo de inversor produce una forma de onda en la salida que a efectos prácticos se puede considerar como una red general, permitiendo alimentar o conectar a la red cualquier dispositivo.
- La onda sinusoidal modificada (o trapezoidal) se encuentra entre las dos primeras, permite ampliar el espectro de componentes disipativos y de potencia, limitándose a la onda cuadrada moduladora.

- La onda sinusoidal modificada (o trapezoidal) se encuentra entre las dos primeras, permite ampliar el espectro de componentes disipativos y de potencia, limitándose a la onda cuadrada moduladora.

En general, en un inversor fotovoltaico se produce una onda sinusoidal pura. Para potencias nominales inferiores a 1 kVA, se permiten inversores no senoidales, que no dañarán la carga y garantizarán su correcto funcionamiento.

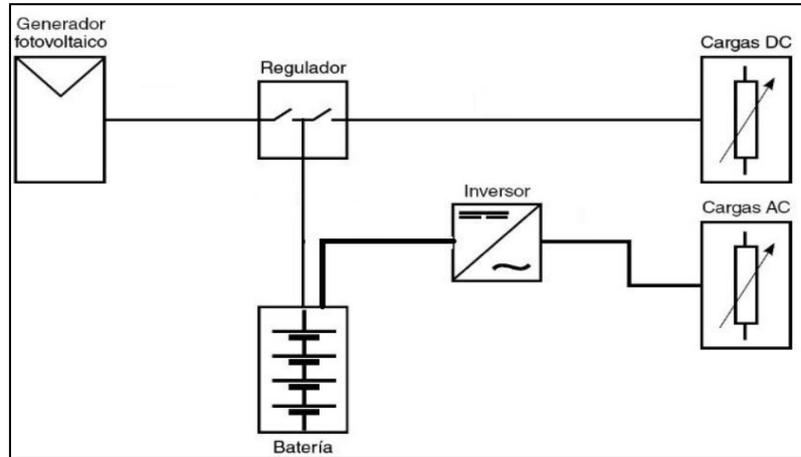
En cualquier caso, la definición del inversor a utilizar debe realizarse en función de las características de la carga. En función de esta última se podrá acudir a equipos más o menos complejos (Sánchez Quiroga, 2012).

2.5 Cableado

Una vez que el proyecto de instalación esté completo, se calcula las longitudes de los cables conductores para cada sección. Esta parte puede ser muy difícil para los instaladores o diseñadores, por lo que explicaremos los pasos en detalle. Para calcular las diferentes secciones de cable de una instalación solar fotovoltaica, debemos tener en cuenta 2 condiciones exigidas por el Reglamento Eléctrico de Baja Tensión (REBT).

No superar la máxima caída de tensión permitida entre 2 puntos de una instalación.

En el caso de una instalación fotovoltaica según la recomendación del IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía) será diferentes para cada tramo de la instalación, siendo:

Figura 17*Caídas De Tensión Máximas Permitidas*

Nota. Adaptado para un esquema de la caída de tensión con las cargas en corriente alterna 220v, fuente (Rodríguez, S.F)

No exceda la resistencia máxima permitida especificada por la normativa, la resistencia máxima que puede soportar un tramo de cable debe ser superior a la resistencia máxima que puede circular según el reglamento del REBT, que publica tablas de resistencia máxima admisible de los cables. Según (Rodríguez, S.F) los cables dependen del tipo utilizado, la instalación y el tipo de aislamiento para que los cables no se sobrecalienten durante el uso. Esto a menudo se llama el estado térmico.

La fórmula para el cálculo de la sección, para que cumpla la caída de tensión máxima es:

$$S = \frac{2 \cdot l \cdot I \cdot \cos\phi}{\Delta U \cdot \sigma} \quad \text{Ec.8}$$

En corriente continua $\cos \phi = 1$, en alterna podemos calcularlo o suponer que es igual a 1:

S = Sección del conductor (mm^2)

σ = Conductividad del conductor (s.m/ mm^2)

l = Longitud de la línea (m)

ΔU = Caída de tensión máxima permitida en la línea (v)

Capítulo III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Materiales

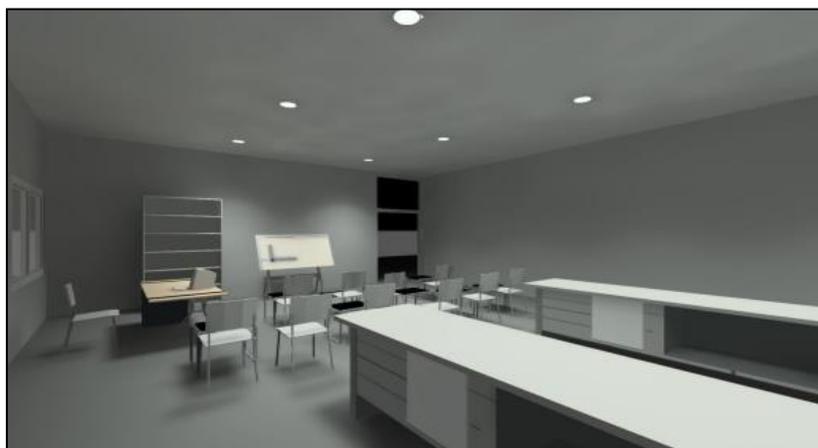
Los materiales y métodos son los componentes esenciales para el desarrollo del proyecto de titulación. En el siguiente capítulo se detalla el cálculo y los elementos que se utilizó para el diseño e implementación.

3.1.1 DIALUX EVO 9.1

Es un software de cálculo lumínico que permite diseñar, calcular iluminarias en diferentes espacios internos y externos (Rahmah ,2022). Este programa permite obtener los cálculos luminotécnicos del laboratorio de electricidad cumpliendo con los parámetros establecidos en las normas NEC2011-CAP.13 EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA CONSTRUCCIÓN EN ECUADOR. ()

Figura 18

Diseño del laboratorio del instituto



Nota. Adaptado de Diseño de iluminación del laboratorio de electricidad, Fuente: los autores.

Se considera como un programa 3D cuyo objetivo es visualizar resultados próximos a la realidad de los efectos de la iluminación. Tiene varias librerías y herramientas que permite planificar la disposición de la luz, como ventaja es la optimización del flujo de trabajo en grandes proyectos gracias a la función Layout, que sincronizan programas de ofimática y sistematización en la presentación de propuestas permitiendo generar presupuestos a clientes según (Pujiyanti, Hidayatullah, & Chairiyah, 2022).

3.1.2 Iluminación en laboratorios

Se define como laboratorio a un lugar que está constituido con varios equipos necesarios para desarrollar experimentos, investigaciones, prácticas o trabajos de científicos o técnicos. Son espacios que deben cumplir ciertos requisitos para que su lugar de trabajo sea óptimo y no permitan agentes externos que puedan modificar las mediciones. Las condiciones que debe tener un laboratorio son: iluminación, presión atmosférica, humedad entre otras. Hay que tener en cuenta la iluminación horizontal y semicilíndrica. La mayoría de las instituciones adoptan luminosidad LED, que están dentro de los parámetros según los organismos reguladores.

3.1.3 Normativa de iluminación para centros educativos

Figura 19

Normativa de iluminación para centros educativos

EDIFICIOS EDUCATIVOS				
Tipo de interior o actividad	\bar{E}_m lux	CUDI	R_a	Observaciones
Local de juegos (escuela)	300	19	80	
Aula, salón de profesores	300	19	80	
Aulas para clases nocturnas, salas de lectura, pizarrones	500	19	80	La iluminación debe ser controlable (regulable), evitar reflexiones
Mesa de demostraciones	500	19	80	En salas de lectura, 750 lux
Locales de artes (en escuelas de arte), salas de dibujo técnico	750	16	90	$T_{cp} > 5000 K$

Nota. Adaptado de los parámetros de iluminación.

(Normativa Ecuatoriana de la Construcción, 2011, pág. 43).

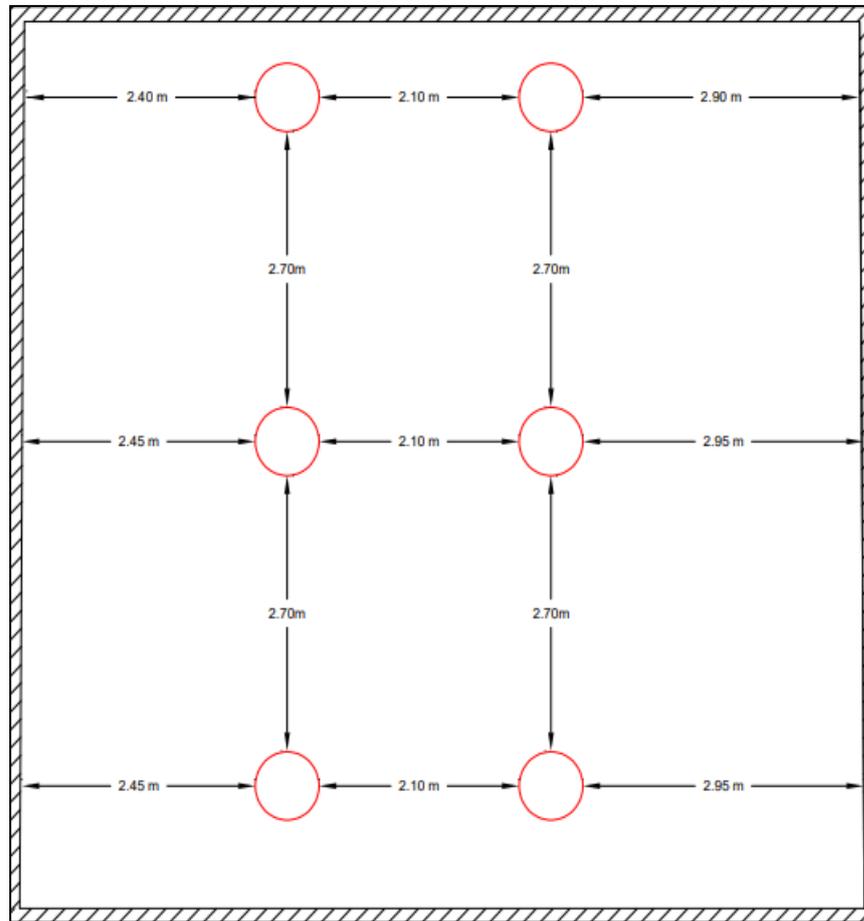
Según la normativa vigente para la iluminación de los laboratorios, estos deben asegurar a los alumnos y al personal docente un ambiente agradable que permita un aprendizaje donde elimine el esfuerzo visual y reduzca el cansancio.

(Normativa Ecuatoriana De La Construcción, 2011, pág. 43).

3.2 Diseño de la iluminación en el programa DIALUX

Se estable la distribución de las iluminarias en el software DIALUX, donde se estructuró un esquema con seis iluminarias formando una matriz de dos columnas por cuatro filas, la distancia comprendida es en base a la normativa.

Figura 20

Distribución de las luminarias del laboratorio

Nota. Adaptado de Distribución de las luminarias del laboratorio. Fuente: los autores.

En figura 21 se observa el plano de la situación general de las luminarias, donde se refleja la ubicación, el tipo, la disposición en campo, distancias “X” -” Y”-h, de cada una.

Figura 21

Resumen y materiales del diseño de las luminarias del laboratorio

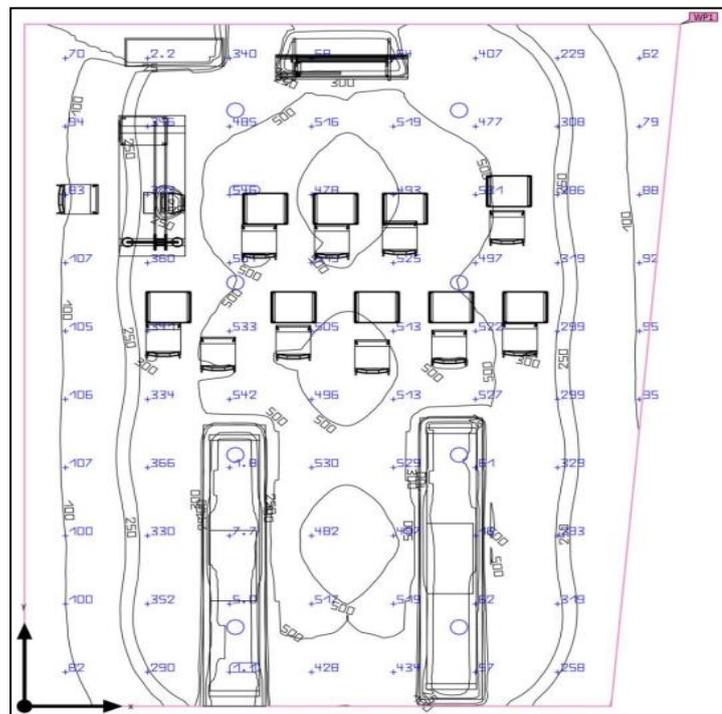
Tipo	Disposición en campo	X	Y	Altura de montaje	Luminaria
1era Luminaria (X/Y/Z)	2.552 m / 1.125 m / 3.559 m	2.552 m	1.125 m	3.559 m	1
		5.260 m	1.125 m	3.559 m	2
Dirección X	2 Uni., Centro - centro, Distancias desiguales	2.552 m	3.575 m	3.559 m	3
		5.260 m	3.575 m	3.559 m	4
Dirección Y	4 Uni., Centro - centro, Distancias desiguales	2.552 m	6.025 m	3.559 m	5
		5.260 m	6.025 m	3.559 m	6
Organización	A1	2.552 m	8.475 m	3.559 m	7
		5.260 m	8.475 m	3.559 m	8

Nota. Adaptado de Resumen y materiales del diseño de las luminarias del laboratorio. Fuente: los autores.

En la siguiente figura 22 se establece un resumen del diseño, donde se incorpora todos los materiales que están en el laboratorio con las conexiones.

Figura 22

Resumen y materiales del diseño de las luminarias del laboratorio



Nota. Adaptado de las luminarias del laboratorio. Fuente: los autores.

En la figura 23, se observa el resumen de los valores de plano útil, valores de consumo y de local, esto permite controlar las variables según la normativa que se tiene.

Figura 23

Resumen de valores del diseño de las luminarias del laboratorio

Resultados	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	E _{perpendicular}	311 lx	≥ 300 lx	✓	WP1
	E ₁	0.001	-	-	WP1
Valores de consumo	Consumo	[430 - 530] kWh/a	máx. 2600 kWh/a	✓	
Local	Potencia específica de conexión	5.48 W/m ²	-	-	
		1.76 W/m ² /100 lx	-	-	

Perfil de uso: Instituciones de formación - Centros de formación, Aulas, salas de seminarios

Nota. Adaptado de Resumen de valores del diseño de las luminarias del laboratorio. Fuente: los autores.

La potencia en un sistema es de suma importancia para determinar el funcionamiento correcto de cada dispositivo, en la siguiente figura 24 se encuentra los datos tales como: el número de iluminarias, en este caso son 6, la potencia individual, rendimiento lumínico y el flujo luminoso. Estos datos fueron calculados con el programa DIALUX.

Figura 24

Datos técnicos de las luminarias del laboratorio.

DATOS ÓPTICOS		DATOS FÍSICOS		DATOS ELÉCTRICOS	
Temperatura de color	6500K (DL)	Acabado	Blanco	Potencia de entrada	50W
Flujo luminoso	4000 lm	Proteccion IP	IP20	Tensión de operación	100-240V 50/60Hz
Ángulo de apertura	180°	Dimensiones (Φ x H)	Φ140*235 mm	Corriente de entrada	0.33A @120V
Tipo de distribución	Directa simétrica	Tipo De montaje	E27	Factor de potencia	0.5
Reproducción de color (IRC)	≥80	Chasis	Aluminio/Plástico	Tipo de driver	Integrado
Vida útil	20000h L70	Optica	Difisor Opalizado	Atenuable	NO
Eficacia	80 lm/W	Condicion óptma de operació	25°C	Ciclos de encendido/apagado	40.000 ciclos
		Temperatura de operación Ta	-20°C ~ +40°C		

Nota. Adaptado de Datos técnicos de las luminarias del laboratorio. Fuente: (Sylvania, 2022)

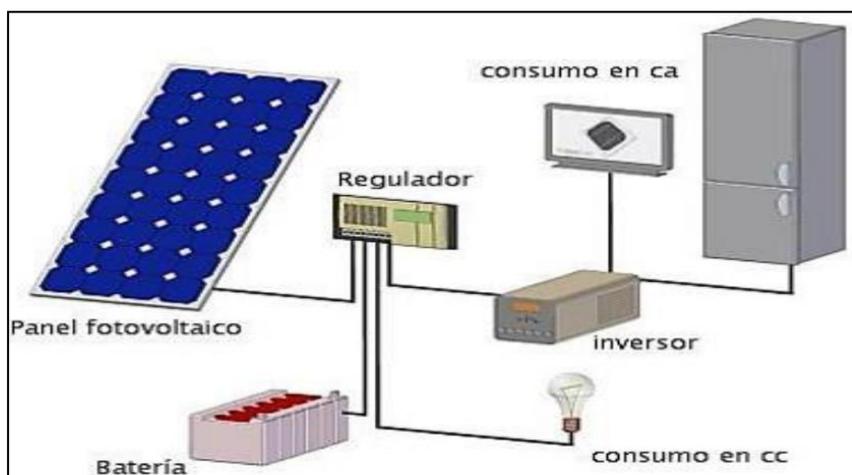
3.3 Sistema fotovoltaico

Un sistema fotovoltaico es un conjunto de elementos que se requieren para generar la distribución energética. Estos son los siguientes:

- Paneles solares
- Baterías de gel de descarga profunda
- Inversor de energía de CC a CA, controlador solar
- Cable eléctrico.

Figura 25

Diagrama de instalación



Nota. Adaptado de en esta imagen se encuentran los elementos esenciales que se necesitan para la instalación fotovoltaica. Fuente: los autores.

3.3.1 *Ángulo de inclinación para los paneles solares*

Es necesario que el panel solar este en dirección donde capture la mayor cantidad de luz solar porque al encontrar el ángulo correcto se tiene un sistema eficiente de suministro de energía.

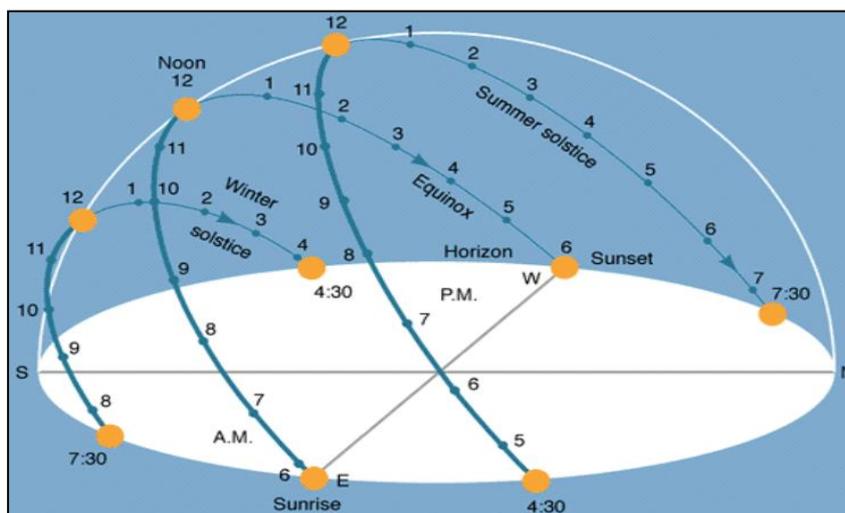
Para el cálculo del ángulo, es importante el hemisferio donde se aplicará el sistema, por ejemplo: Si es en el hemisferio norte, la dirección de los paneles es hacia el sur. Y si es en el sur los paneles están en dirección al norte.

Recuerde que los paneles solares fijos son menos eficientes durante el verano, la primavera y el otoño cuando el sol se mueve por una gran franja del cielo. Los sistemas de paneles que "siguen" la posición del sol son más eficientes, pero también más caros.

Por supuesto, el ángulo correcto del panel solar es ideal para la ubicación, pero en el mundo real se tiene árboles y edificios que pueden generar sombra al panel solar, o lugares con muchas hojas, polvo o suciedad, por tal motivo es posible que deba ajustar el ángulo ligeramente para compensar las condiciones menos que ideales. (Chan Samaniego, 2018)

Figura 26

Angulo de inclinación para paneles solares



Nota. Adaptado de Estudio y diseño para la implementación de un sistema de energía solar fotovoltaico para el Laboratorio Clínico Chan ubicado en la ciudad de Zaruma. Chan Samaniego, J. A. (2018).

Hay que considerar que para el cálculo de la inclinación del panel solar se agrega 15 grados en la latitud y si es verano se resta 15 grados. Por ejemplo: se tiene una latitud de 40 grados, el ángulo que desea inclinar sus paneles en el invierno es: $40 + 15 = 55$ grados. En el verano, sería: $40 - 15 = 25$ grados.

3.3.2 *Condiciones climáticas favorables*

En base a (Muñoz, et al., 2012) Los cambios constantes en el clima, son un factor que afecta la eficiencia de un sistema fotovoltaico. Depende de las condiciones climáticas que se aproveche al máximo las propiedades de la radiación solar. Es imprescindible considerar los aspectos climáticos de la zona en la que vive, de esto dependerá la elección adecuada de paneles solares para evitar afectar el rendimiento del sistema solar.

3.3.3 *Efectos climáticos que afectan el rendimiento*

Uno de los aspectos más importantes que se debe contemplar son las condiciones climáticas de la zona, por ejemplo, días lluviosos, rayos, temperaturas altas y granizos. (Muñoz, et al., 2012)

3.4 Cálculos del sistema fotovoltaico

Para el diseño fotovoltaico autónomo, se debe conocer las características del sistema, teniendo en cuenta las actividades desarrolladas tales como: el perfil de las cargas eléctricas, consumo de energía eléctrica y la radiación óptima en el lugar. A continuación, se detalla los elementos que se tendrán en cuenta para los cálculos.

En base a (González Tristancho, 2016) el controlador de carga debe ser de marca reconocida con la capacidad de corriente eléctrica de tal manera que pueda soportar la corriente de cortocircuito del generador fotovoltaico y la potencia suficiente para que no se produzcan sobrecargas.

Banco de batería: Se considerará baterías de marca reconocida por ejemplo RITAR, ROLLS y la capacidad se seleccionará en función de la energía de la carga y los días de autonomía.

El inversor: Con la finalidad de transformar la corriente eléctrica en CD a AC y poder suministrarle a la carga los 220 V y a una frecuencia de 60 Hz

Regulador es un dispositivo instalado en los circuitos electrónicos de los automóviles con el fin de mantener una tensión constante determinada que es suministrada por el generador y regular la intensidad de la corriente según la carga de la batería según (González Trisancho, 2016).

3.4.1 Cargas existentes en el laboratorio de electricidad

Cuando se realiza una instalación de energía solar autónoma fotovoltaica (OFF GRID), es muy conveniente obtener un correcto dimensionamiento del sistema, para así satisfacer las necesidades de las cargas existentes y que los costos de adquisición, como su montaje no sean mayores al requerido. También se considera algunas variables cuando pasa por el regulador inversor porque hay alguna pérdida.

Para el cálculo se tiene en cuenta tres elementos tales como:

- Factor de seguridad: Es regularmente el 10% por lo general, son variables que no se puede controlar por ejemplo factores externos que se pueden generar.
- Energía generada: 60% es la energía que se necesita para hacer funcionar todos los dispositivos que se encuentran en el laboratorio.
- Energía extra: Son aquellos cuando existe poco sol.

El área del laboratorio de electricidad actualmente cuenta con 6 focos led, su ficha técnica detalla en el anexo 2, por lo que el consumo energético se representa en la siguiente tabla 1:

Tabla 1

Consumo de cargas del laboratorio de electricidad del ISTMS

Luminarias	Tipo	Marca	Horas por día	Potencia unitaria (KW)
6	Led	Sylvania	6	0.05

Nota. Esta tabla se observa la cantidad de energía requerida (potencia) y horas de utilización de las luminarias existentes. Fuente los Autores

El consumo energético que se necesita para determinar los equipos a utilizar depende del consumo de energía diario el cual se calcula por:

$$P_T = P_u * H_c * N_l \quad \text{Ec.1}$$

$$P_T = 0.05 \text{ KW} * 6h * 6 = 1.8 \frac{\text{KWh}}{\text{dia}}$$

Donde:

P_u : potencia unitaria de cada lámpara

H_c : horas de consumo o utilización

N_l : número de luminarias

Se recomienda un 10 % más de energía necesaria para evitar trabajar al límite.

Por lo tanto, se tiene:

El área del laboratorio de electricidad actualmente cuenta con 6 focos led, su ficha técnica detalla en el anexo 1 y su característica general se detalla en la siguiente tabla 2:

$$P_T = 1.5 \frac{KWh}{dia} * 10 \% = 1.98 \frac{KWh}{dia}$$

Potencia total por las seis de las iluminarias del laboratorio es de:

Potencia total = 1.98 KWh/día

El resumen del consumo energético diario de las luminarias a utilizar en el laboratorio de electricidad del ISTMS se representa en la tabla 2.

Tabla 2

Consumo de cargas del laboratorio de electricidad del ISTMS

Luminarias	Tipo	Marca	Horas por día	Potencia unitaria (KW)	Potencia total (KWh/día)	Tota de energía + 10% KWh/día
6	Led	Sylvania	6	0.05	1.8	1.98

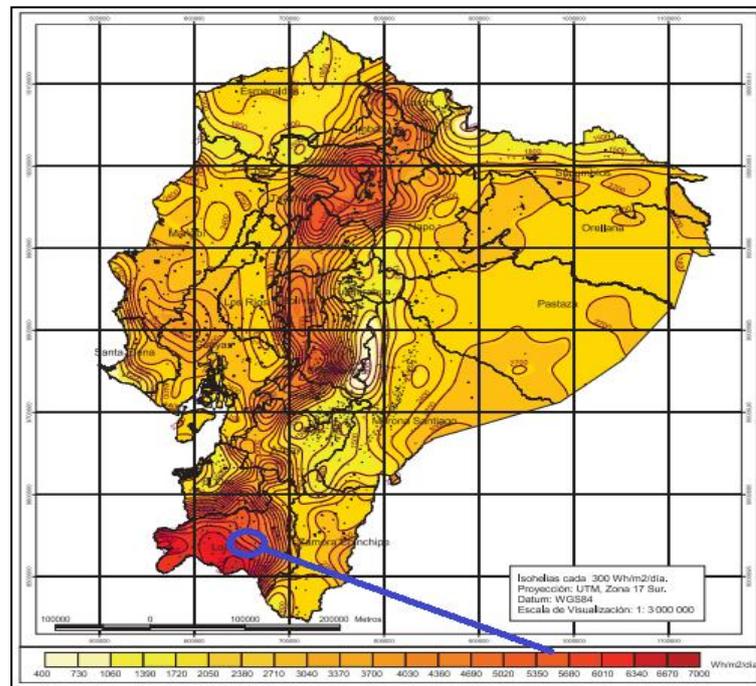
Nota. Esta tabla se observa las horas de utilización de las luminarias en el laboratorio y se recomienda un 5% más de energía, para evitar funcionar al límite. Fuente los Autores

3.4.2 *Cálculo de los paneles solares necesarios*

Para el cálculo de los paneles solares fue necesario el parámetro de la radicación del lugar donde fueron instalados, por lo cual este dato se buscó en el INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología) según (MIDUVI, 2020) se obtiene una radiación promedio anual de aproximadamente de 5.10 a 5.6 KWh/m² como se puede observar en la figura 27.

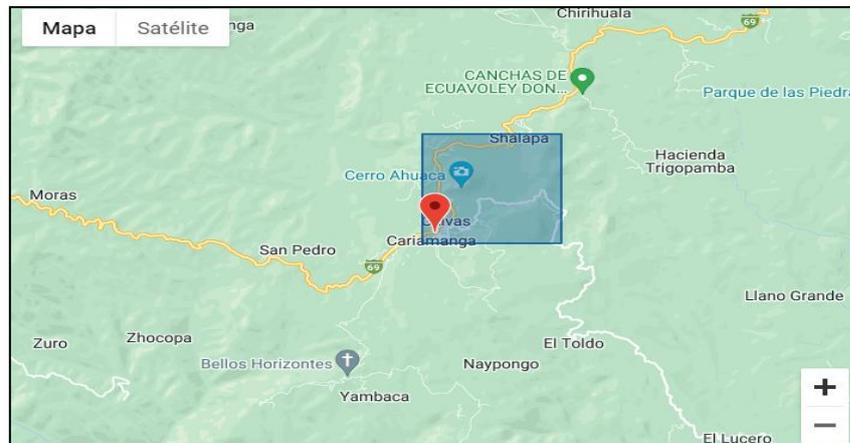
Figura 27

Atlas solar del Ecuador con fines de generación eléctrica



Nota. Adaptado de Atlas solar del Ecuador con fines de generación eléctrica, esta información fue obtenida de CONELEC, pág. 33, 2015

Además, para verificar la información de la radiación solar en la ciudad de Cariamanga se consultó en la página PVWatts en la cual por medio de la latitud y la longitud del lugar se obtiene los siguientes datos Cariamanga: Latitud -4,31, longitud -79,54 como se observa en la siguiente figura 28.

Figura 28*Ubicación e identificación de la estación*

Nota. El rectángulo azul en el mapa indica la celda de cuadrícula de la base de datos nacional de radiación solar según su ubicación, esta información fue obtenida de (NREL, 2022)

La radiación térmica, es un parámetro muy importante porque es un mecanismo de transmisión de calor, en la figura 28 se establece los promedios de radiación solar anual.

Figura 29*Resultados del promedio anual de la radiación solar*

Mes	Radiación solar ² (kWh / m ² / día)
enero	4.45
Febrero	4.61
Marzo	5.04
Abril	5.75
Mayo	6.14
Junio	6.16
Julio	6.35
Agosto	6.27
Septiembre	5.69
Octubre	5.28
Noviembre	4.89
Diciembre	4.32
Anual	5.14

Nota. Adaptado de Promedio anual de la radiación solar en Carimanga, esta información fue obtenida de (NREL, 2022)

En la figura 29 se observa que el valor promedio de un año de la radiación solar es de 5.14 KWh/m² diaria en la zona de instalación del proyecto.

La potencia generada por los paneles fotovoltaicos depende de factores externos principalmente de la radiación solar en el lugar de instalación, de pérdidas ocasionadas por los diversos factores como el inversor, las baterías y las conexiones las cuales ya se tuvieron en cuenta en la energía a suministrar por ello se utiliza un factor del 60 %.

Para el cálculo de la potencia generada utilizamos la siguiente ecuación:

$$P_G = \frac{\text{Consumo medio energetico diario}}{HPS * PR} \quad \text{Ec.2}$$

Donde:

HPS: horas de sol pico promedio anual = 5.14

PR: factor global de mantenimiento = 0.6

Por lo tanto, se tiene:

$$P_G = \frac{1.98 \text{ KWh}}{5.14 * 0.6} = 0.642 \text{ KWh}$$

El número de paneles necesarios se determina con la siguiente ecuación:

$$N_P = \frac{P_G}{P_{MP}} \quad \text{Ec.3}$$

Donde:

P_{MP}: Potencia pico de un módulo en condiciones estándar = 405 W

Por lo tanto, se tiene:

$$N_P = \frac{642 \text{ W}}{405 \text{ W}} = 1.585 \approx 2$$

La potencia requerida por los módulos es de 642 W, por lo tanto, se requiere 2 paneles solares monocristalino de 405 W, se considera este sobredimensionamiento para evitar fallos en el sistema, si se llegara a utilizar más horas de trabajo.

Tabla 3

Consumo de cargas del laboratorio de electricidad del ISTMS

Descripción	Tota de energía + 10% KWh/día	Radiación Solar (kW/m ²)	Factor PR	Potencia generada pico (KWh)	Potencia pico (Wp)	Numero de paneles - Np
6 luminarias	1.986	5.14	0.6	0.642	405	2

Nota. Esta tabla se observa la descripción de los parámetros que intervienen en el calculo

Del número de paneles. Fuente los Autores

3.4.3 Dimensionamiento de las baterías

Según la tabla de tensión nominal del sistema que se indica a continuación:

Tabla 4

Tensión nominal del sistema según la potencia

Potencia	Voltaje
P < 1500 W	12 V
1500 > P < 3000 W	24 V
3000 > P < 4000 W	48 V

Nota. En esta tabla se observa los parámetros que intervienen para el cálculo de numero de paneles. Fuente los Autores.

El rango de potencia a generar se encuentra con un valor menor $1500 > P < 3000$ W, por lo tanto, se trabajó con una tensión de 24V, porque el sistema diseñado tiene una potencia de 1980 W.

Para este cálculo se tiene la siguiente consideración, el tiempo de autonomía mínima de 1 día y una profundidad de descarga del 70% de la batería según (MIDUVI, 2020).

Ecuación para el cálculo de la capacidad del banco de baterías:

$$C_B = \frac{\text{Consumo medio energetico diario} * N}{V_B * P_{Dmax} * F_{ct}} \quad \text{Ec.4}$$

Donde:

V_B : Voltaje nominal del sistema = 24 V

P_{Dmax} : Porcentaje maximo de descarga de bateria = 70%

F_{ct} : Factor de compensación termica = 1

$N \rightarrow$ Numero de dias de autonomia = 1

Por lo tanto, se tiene:

$$C_B = \frac{1575 \text{ Wh} * 1}{24 \text{ V} * 0.7 * 1} = 93.75 \text{ Ah}$$

Por lo tanto, para cumplir con las necesidades del sistema se requiere de dos baterías de 12V de máximo 100 Ah, conectadas en serie.

3.4.4 Selección del regulador

Para la selección del regulador de voltaje se debe calcular la intensidad máxima de trabajo y por el voltaje en que se haya diseñado la instalación. La cual se calcula con la siguiente ecuación:

$$C_r = 1.25 * I_{SC} * N_p \quad \text{Ec. 5}$$

Donde:

C_r : capacidad de corriente a soportar el regulador de voltaje

I_{SC} : corriente de cortocircuito del panel fotovoltaico = 13.85

N_p : número de paneles = 2

El factor de 1,25 es un factor de seguridad para que pueda ser aprovechado al máximo la corriente de los paneles.

Por lo tanto, se tiene:

$$C_r = 1.25 * 13.85 * 2 = 17.31 \text{ A}$$

Para el regulador de voltaje se requiere que soporte al menos una corriente de 17.31 A, para lo cual se seleccionará un regulador de 30 A de tecnología PWM.

3.4.5 Selección del inversor

Para la selección del inversor, el inversor debe tener al menos un 25% más de la carga calculada para impedir que haya inconvenientes, por lo que se calcula con la siguiente fórmula:

$$P_{IV} = 1.25 * P_S \quad \text{Ec. 6}$$

Donde:

P_{IV} : potencia del inversor

P_S : potencia total del sistema = 0.405 KW

El factor de 1,20 es un factor de seguridad para que pueda ser aprovechado al máximo la corriente de los paneles.

Por lo tanto, se tiene:

$$P_{IV} = 1.20 * 405 \text{ W} = 486 \text{ W}$$

El inversor de este sistema debe tener la capacidad mayor a 486 W, por lo que el inversor deberá tener una capacidad de al menos 900 W de potencia pico,

para satisfacer la potencia energética del sistema de los equipos que están colocados en el lugar y de los que se vayan a instalar a futuro.

3.4.6 Selección del inversor

Para la selección de los conductores, se debe incluir los requisitos eléctricos de amperaje, caída de tensión y seguridad en cada parte del sistema. En la tabla 6 se puede apreciar algunas especificaciones acerca de la caída de tensión entre la conexión entre diferentes puntos ya que son muy importantes para la toma de decisión de que calibre de cable ocupar:

Tabla 5

Caídas de voltajes entre componentes

Conexión entre componentes	Porcentaje
Paneles - Regulador	< 3%
Baterías - Regulador	< 1%
Inversor - Cargas	< 3%

Nota. En esta tabla se observa las caídas de voltajes entre componentes

Fuente (MIDUVI, 2020)

Con lo cual para el cálculo del calibre del cable se lo realiza con la siguiente ecuación:

$$S = \frac{2 * 0.0178 * l * I}{\Delta V} \quad \text{Ec.7}$$

Donde:

S: sección del cable en mm²

I: intensidad máxima que puede circular por el conductor

ΔV : caída de voltaje permisible en el conductor

l: longitud del conductor entre componentes

Por lo tanto, se tiene:

Tabla 6

Sección y calibre de conductores a utilizar.

Longitud del conductor	Sección (mm²)	Calibre AWG
Inversor a las cargas (6 m)	1.65	AWG 12
Panel solar al regulador de carga (8 m)	6.10	AWG 10
Acumuladores al regulador de carga (2 m)	5.65	AWG 10

Nota. En esta tabla se observa la sección y calibre de conductores.

Fuente los Autores.

Por lo tanto, se obtuvo para el panel solar al regulador de carga se requiere de un cable intrínseco de 10x2, del acumulador al regulador de carga necesita un cable calibre 10 y del inversor a las cargas un cable con calibre 12.

3.4.7 Componentes para utilizar

Para la implementación del sistema y debido a los cálculos establecidos se tiene los siguientes componentes a utilizar, los cuales se reflejan en la siguiente tabla 8.

Tabla 7

Componentes para la implementación.

Componentes del sistema	Especificaciones técnicas
Panel	2 paneles monocristalino de 405 W
Batería	2 batería de 12V 100 Ah
Amperaje del regulador	PWM 30 A
Capacidad del inversor	500W + P pico 900W
Calibre del cable	Intrínseco 10x2

Nota. En esta tabla se observa los componentes para la implementación.

Fuente los Autores.

En la tabla 7 se refleja el mejor modelo para la implementación del sistema de generación de energía eléctrica mediante celdas fotovoltaicas. Para la selección de alternativas tomó en cuenta los siguientes factores: económico, tipo de panel, vida útil, área requerida y facilidad de instalación.

- Factor económico: Valor que posee el equipo y se compara con el presupuesto para comprobar si es factible adquirirlo.
- Factor tipo de panel: Se toma en cuenta el tipo de panel que está construido, si es monocristalino, policristalino y amorfo.
- Factor vida útil: La durabilidad o los años de garantía que posee el equipo.
- Área requerida: Es el espacio que va a ocupar el equipo o sistema.
- Facilidad de instalación: Si es posible instalar el modelo o equipo de una manera fácil o difícil

CAPÍTULO IV

IMPLEMENTACIÓN

4.1 Traslado de los equipos al taller de electricidad

El taller de electricidad del Instituto Superior Tecnológico “Mariano Samaniego” se encuentra ubicado en la ciudadela Crespo del cantón Calvas, cuenta con varios instrumentos de medición donde los estudiantes realizan sus prácticas según la malla curricular, por eso es necesario prestar una iluminación correcta. Por tal motivo el objetivo de este trabajo investigativo es la implementación de un sistema fotovoltaico, para ello se compró los equipos para su instalación estos son:

- Dos paneles
- Batería
- Un inversor
- Regulador
- Cables

Estos materiales fueron adquiridos en la ciudad de Loja y transportados a los patios del taller para después su implementación en la ubicación seleccionada, los paneles son de marca JINKO Solar, la batería de marca AOKLY.

Figura 30

Paneles solares



Nota. Paneles solares. Fuente los Autores

4.2 Ubicación de los equipos

La ubicación se realizó de acuerdo con el diseño y los cálculos desarrollados. A continuación, se detalla el lugar donde están los equipos.

4.2.1 Paneles solares

Se tiene dos paneles de dimensiones 1722x1134x30 mm, ubicados en el techo del taller, teniendo en cuenta la orientación y el grado de inclinación, recordando si es época de invierno debe estar a 18° grados con la latitud del techo y en verano el ángulo es igual a la latitud del lugar menos 18° grados. Por lo tanto, para invierno esta con una posición de 22° grados y en verano 16° grados. Para la orientación se instaló los módulos al sur geográfico para ello se utilizó una brújula.

Figura 31

Instalación de los paneles solares



Nota. Instalación de los paneles solares. Fuente los Autores

4.2.2 Inversor batería y regulador

Para la instalación del inverso, batería y regulador se construyó una caja metálica con las siguientes dimensiones 100x30 cm para que estos elementos no estén a la intemperie. La caja tiene dos espacios, en el superior está instalado el inversor y en la parte inferior se encuentra la batería y el regulador. Estos elementos se están ubicados en el interior del taller en la parte izquierda como se muestra en la siguiente figura 30.

Figura 32*Instalación del inversor, batería y regulador*

Nota. Instalación del inversor, batería y regulador.

Fuente los Autores

Para la conexión del inversor se tiene en cuenta las conexiones de tierra, el circuito de neutros y de fase, recordando que se debe clasificar los circuitos que pertenecen al taller, los de toma e iluminación. Después se coloca el fusible en la línea del positivo para que se conecte el polo positivo de las baterías con el inversor, esto es para proteger las baterías.

4.3 Pruebas de funcionamiento

Es importante realizar las pruebas de funcionamiento observando que todo lo propuesto se cumpla para entregar un sistema en óptimas condiciones.

Para la validación del sistema se realizó 10 pruebas de evaluación, donde se observó varios parámetros.

En la primera observación los paneles no funcionaron porque una conexión a la batería estaba incorrecta y no suministraba el voltaje requerido, este percance se solventó como se muestra en la siguiente figura, generó un voltaje de 34,71V

Figura 33

Pruebas de funcionamiento de los paneles solares.



Nota. Funcionamiento de los paneles solares. Fuente los Autores.

Figura 34

Pruebas de funcionamiento de los paneles solares



Nota. Sistema de luminarias en el laboratorio. Fuente los Autores.

4.4 Presupuesto y costos de implementación.

A continuación, se detalla el presupuesto de cada componente utilizado para la implementación del sistema fotovoltaico.

Tabla 8

Presupuesto y costo de implementación.

Cantidad	Descripción	Precio unitario	Precio total
2	INKO SOLAR TIGER PRO JKM405M-54HL4-V	233,460	466,92
1	BLUESOLAR PWM-LCDYUSB 12/24V-20A	61,98	61,98
2	BATERIA AOKLY 12V 100AH 100AH20H	243,22	486,44
1	PHOENIX INVERTER 24/500120V VE. DIRECT NEMA 5-15R	215,19	215,19
2	BREAKER DC 16A 1P C CURVE, 10KA 250VDC \$	10,71	21,42
1	BREAKER DC 32A 1P C CURVE, 10KA 250VDC \$	17,00	17,00
10	CABLE PARA INSTALACION DE EQUIPOS POR METROS	3,12	31,25
40	CABLE PARA INSTALACION A TIERRA POR METROS	0,71	28,50
1	RIEL PARA PANEL SOLAR	44,64	44,64
60	CABLE N° 14 POR METROS	0,74	44,64
1	VARILLA PUESTA A TIERRA	8,66	8,66
1	BREAK	13,39	13,39
1	CAMBIO DE CONTROLADOR	35,71	35,71
4	MID CLAMP	7,14	28,57
2	END CLAMP	7,14	14,29
1	CONECTOR PARALELO	26,78	26,78
1	FUSIBLE Y PORTA FUSIBLE	22,32	22,32
	GASTOS VARIOS	218,76	218,76
SUBTOTAL			1787,23
IVA 12%			214,47
TOTAL			2001,70

Nota. En esta tabla se observa el presupuesto de implementación. Fuente los Autores.

5 CONCLUSIONES

Mediante este proyecto de titulación se determinó, que sol es una fuente inagotable de recursos para los seres humanos, por lo tanto, es una alternativa sustentable para generar energía que permite aprovechar ventajas económicas como ecológicas.

El software Dialux evo 9, es un programa donde permitió diseñar el sistema de iluminación, permitiendo determinar las potencias unitarias y totales mediante el escenario real del laboratorio. También se realizó pruebas en el simulador verificando los lux óptimos para el sistema, donde se identificó la distribución de cableado para las seis luminarias LED de marca “Sylvania”, con una potencia unitaria de 50W, por lo tanto, el sistema genera una potencia total de 1.8 KWh.

Mediante este estudio de iluminación se determinó que la radiación solar es de Latitud -4,31, longitud -79,54 por lo tanto al año se trabajará con 5.42 KWh/m² que es el promedio de sol pico. La ubicación de los paneles está al sur geográfico con un ángulo de 22 grados con respecto al taller. En este proyecto concluimos que es importante aprovechar la energía solar, en nuestro planeta Tierra llega suficiente radiación. Con el pasar del tiempo estos sistemas serán utilizados a largo plazo porque nos ayudaría a reducir los costos de nuestra factura de red eléctrica, su implementación se la puede realizar en cualquier lugar.

Por último se implementó un sistema fotovoltaico OFF-GRID en el laboratorio de electricidad, con dos módulos solares de tipo monocristalino de 405W, con una conexión en serie para las baterías de 12V a 100Ah y con un regulador de tipo PWM de 30 A, teniendo en cuenta la capacidad del inversor hasta los 500W.

6 RECOMENDACIONES

Recomendamos realizar un mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos, para ello se debe planificar un cronograma, para el mantenimiento preventivo debe ser cada seis meses y para el correctivo cada tres meses porque estos sistemas fotovoltaicos dependen de los agentes externos e internos donde se encuentren ubicados los equipos del sistema solar. Así obtener un óptimo funcionamiento de cada dispositivo del proyecto.

Si no existieran cortes de energía por largos períodos de tiempo, se recomienda habilitar manualmente el consumo desde la batería para realizar el ciclo descarga / carga, cuidando así el estado de la batería y prolongando la vida útil de la misma.

No conectar equipos con potencias superiores a la del Inversor y no exceder la demanda eléctrica considerada en el diseño, porque una sobrecarga de consumo excesivo puede provocar averías.

Realizar un diagnóstico fiable de la ubicación de los paneles, porque se debe tener en cuenta los agentes externos tales; como la sombra, naturaleza y clima de que reducen el rendimiento del sistema.

Realizar capacitaciones periódicas al nuevo personal y estudiantes del Instituto tales como: la implementación de sistemas OFF – GRID o de ON – GRID.

7 REFERENCIAS

- Álvarez, C. (2006). *Energía Eólica. Manuales De Energías Renovables*. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía [manual], Madrid.
- BID. (2014). *La Energía Geotérmica*. Obtenido de Una nueva serie sobre la innovación de energía:
<https://publications.iadb.org/es/publications/spanish/document/Geotermia-Una-fuente-sostenible-de-energ%C3%ADa.pdf>
- Cerdá Tena, E. (2011). *La biomasa en España*. España: Fundación Ideas. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=572545>
- Chacha, J. H., & Escobar, O. F. (2018). Estudio técnico del consumo de energía eléctrica en el edificio El Rey para la implementación de energía renovable”. *Tesis* . Cuenca , Azuay, Ecuador .
- FOCER. (Septiembre de 2002). *Manual Sobre Energía Renovable- Solar Térmica*. Obtenido de Ecuador Documents:
<https://fdocuments.ec/document/manuales-sobre-energia-renovable-solar-termica.html?page=1>
- Gómez, T. (2019). *Energías que mueven al mundo*. Chile: Ediciones Universidad Autónoma de Chile. Obtenido de <https://doi.org/10.32457/ISBN9789568454470472019-ED1>
- González Velasco, J. (2009). *Energías Renovables*. Barcelona: Reverté S.A.
- GWEC. (11 de Marzo de 2021). *Energía Estratégica*. Obtenido de <https://www.energiaestrategica.com/gwec-america-del-norte-y-latinoamerica-aumentaron-las-instalaciones-de-energia-eolica-en-un-62-en-2020/>

Huacuz Villamar, J. M. (2016). *Energías renovables en el IIE, punto de apoyo para la transición energética de México*. México: Reforma 113, colonia Palmira, C.P. 62490, Cuernavaca, Morelos, México.

Méndez Muñoz, J. M., Cuervo García, R., & ECA, I. (2008). *Energía Solar Fotovoltaica*. España: Fundación Confemetal.

Mendoza Medellín, A. (2006). Hydrogen and Energy. *CIENCIA ergo-sum*, 7. Obtenido de <https://cienciaergosum.uaemex.mx/article/view/7895>

Ministerio de Energía y Minas. (2022). *CENTRAL EÓLICA "VILLONACO"*. Obtenido de Gobierno Del Encuentro: <https://www.recursosyenergia.gob.ec/central-eolica-villonaco/>

Pep Puig, M. (2007). *Energía Solar Fotovoltaica*. Obtenido de Fundación De La Energía: <https://www.fenercom.com/publicacion/energia-solar-fotovoltaica-2007/>

Planas, O. (13 de Julio de 2011). *Energía solar térmica, usos y tipos de instalaciones*. Obtenido de Energía solar : <https://solar-energia.net/energia-solar-termica>

Quintero González, J., & Quintero González, L. E. (2015). Energía mareomotriz: potencial energético y medio ambiente. *Gestión y Ambiente*, 14. Obtenido de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/46511>

Robilliard Chiozza, C. (2009). Ingeniería Industrial. *Generación de electricidad a partir de energía geotérmica*. Repositorio Institucional, Lima, Peru. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=337428493011>

Robles Algarin, C., & Rodríguez Álvarez, O. (2018). Un panorama de las energías renovables en el mundo, Latinoamérica y Colombia. *Espacios*, 16.

Sanz Osorio, J. F. (2016). *Energía Hidroeléctrica*. Zaragoza: Servicio de Publicaciones. Universidad de Zaragoza.

Valcarcel M., J., & VALCARCEL M., F. (1999). La Utilización De La Biomasa Como combustible Renovable. *Paideia surcolombiana*, 11. Obtenido de <https://journalusco.edu.co/index.php/paideia/article/view/1001>

8 ANEXO

Anexo 1:

Valores de radiación anual en la ciudad de Cariamanga.

7/9/22, 11:48 Calculadora de valores fotovoltaicos



RESULTADOS

5,027 kWh/año*

	kWh	(kWh)
enero	4.43	419
Febrero	4.56	383
Marzo	5.29	493
Abril	5.62	506
Mayo	5.94	561
Junio	6.34	557
Julio	6.16	578
Agosto	6.43	602
Septiembre	5.75	514
Octubre	5.31	486
Noviembre	4.82	428
Diciembre	4.44	412
Anual	5.40	5,939

Ubicación e identificación de la estación

Ubicación solicitada	CALVÁS
Fuente de datos meteorológicos	Lat, Lng: -4.35, -79.58 0.8 millas
Latitud	4.35°S
Longitud	79.58° O

Especificaciones del sistema fotovoltaico

Tamaño del sistema de CC	4 kilovatios
Tipo de módulo	Estándar
Tipo de matriz	Fijo (bastidor abierto)
Inclinación de matriz	20°
Ángulo de matriz	0°
Pérdidas del sistema	14.08%
Eficiencia del inversor	96%
Relación de tamaño de CC a CA	1.2

Métricas de rendimiento

Factor de capacidad	16.9%
---------------------	-------

The energy output range is based on 30 years of historical weather data, and is intended to provide an indication of the possible historical variability in generation for a fixed (open rack) PV system at this location.

YOU AGREE TO INDEMNIFY, DEFEND, AND HOLD HARMLESS NREL AND ITS OFFICERS, EMPLOYEES, AGENTS, AND EMPLOYEES AGAINST ANY CLAIM OR DEMAND, INCLUDING REASONABLE ATTORNEY'S FEES, RELATED TO YOUR USE, INSTALLATION, OR ADOPTION OF THE MODEL FOR ANY PURPOSE WHATSOEVER. THE MODEL IS PROVIDED BY NREL AS-IS, WITHOUT WARRANTY, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. YOU EXPRESSLY RELEASE, IN ANY EVENT SHALL NREL BE LIABLE FOR ANY SPECIAL, INDIRECT OR CONSEQUENTIAL DAMAGES OR ANY DAMAGES WHATSOEVER, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO CLAIMS ASSOCIATED WITH THE USE OF DATA OR PROFITS, WHICH MAY RESULT FROM ANY ACTION IN CONTRACT, NEGLIGENCE OR OTHER TORTIOUS CLAIM THAT ARISES OUT OF OR IN CONNECTION WITH THE USE OR PERFORMANCE OF THE MODEL.

<https://pvwatts.nrel.gov/pvwatts.php> 1/1

Anexo 2:

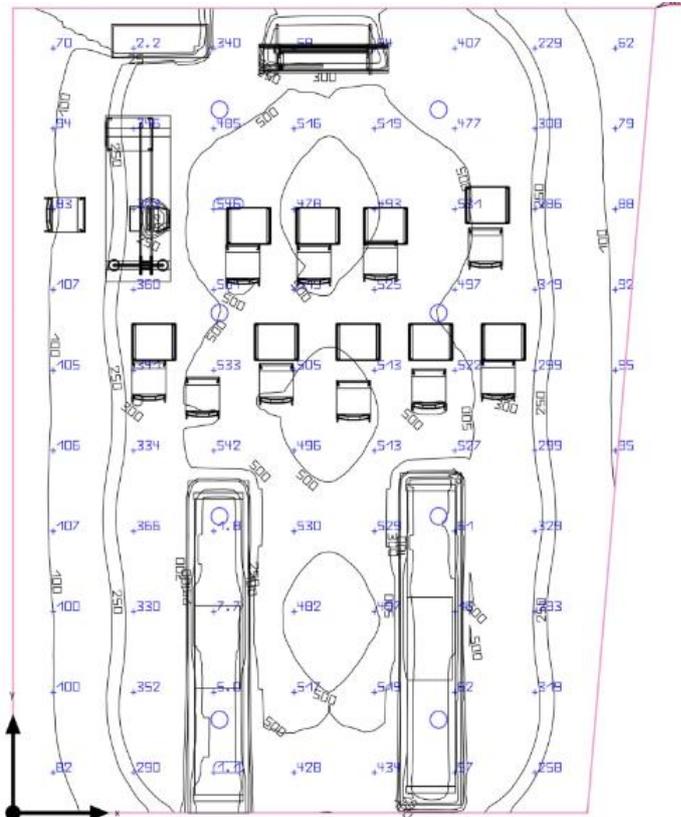
Portada del programa Dialux, diseño de la iluminación.



Diseño Fotovoltaico del laboratorio de Electricidad

Anexo 3:

Resumen y materiales del diseño de las luminarias del laboratorio.



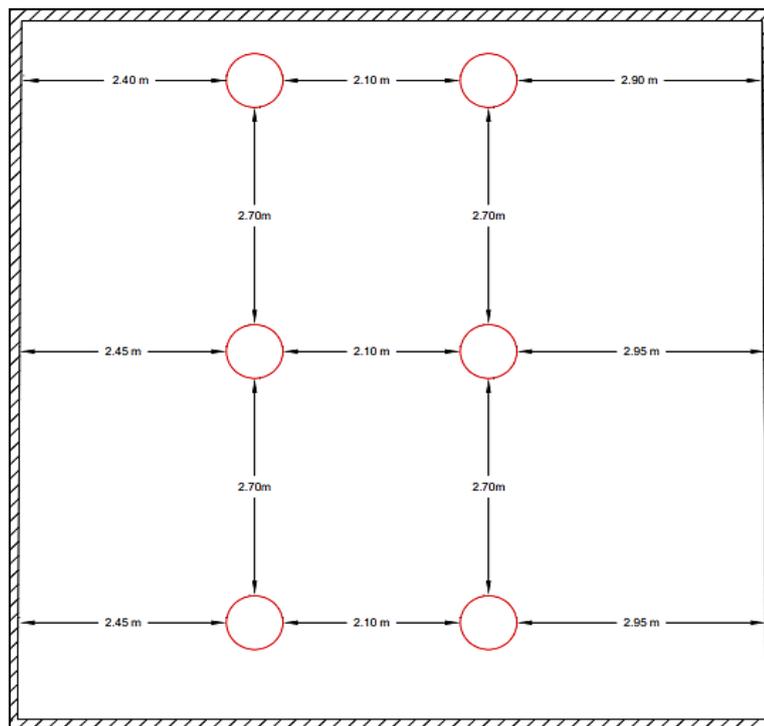
Anexo 4:

Resumen y materiales del diseño de las luminarias del laboratorio

Tipo	Disposición en campo	X	Y	Altura de montaje	Luminaria
1era Luminaria (X/Y/Z)	2.552 m / 1.125 m / 3.559 m	2.552 m	1.125 m	3.559 m	1
		5.260 m	1.125 m	3.559 m	2
Dirección X	2 Uni., Centro-centro, Distancias desiguales	2.552 m	3.575 m	3.559 m	3
		5.260 m	3.575 m	3.559 m	4
Dirección Y	4 Uni., Centro-centro, Distancias desiguales	2.552 m	6.025 m	3.559 m	5
		5.260 m	6.025 m	3.559 m	6
Organización	A1	2.552 m	8.475 m	3.559 m	7
		5.260 m	8.475 m	3.559 m	8

Anexo 5:

Distribución de las luminarias del laboratorio



APENDICES

Apéndice 1:

Fotografías de la implementación



Apéndice 2:

Fotografías de la implementación



Apéndice 3:

Fotografías de la implementación



Apéndice 4:

Fotografías de la implementación

**Apéndice 5:**

Fotografías de la implementación

**Apéndice 6:**

Fotografías de la implementación



Apéndice 9:

Fotografías de la implementación

**Apéndice 9:**

Fotografías de la implementación

**Apéndice 9:**

Fotografías de la implementación



Apéndice 9:

Fotografías de la implementación

**Apéndice 9:**

Fotografías de la implementación

**Apéndice 9:**

Fotografías de la implementación

