



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UNA PROPUESTA DE ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO  
PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO DE ENERGÍA SOLAR  
FOTOVOLTAICA EN LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA USAC**

**Luis David Noj Larios**

Asesorado por MA. Ing. José Rafael Argueta Monterroso

Guatemala, marzo de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UNA PROPUESTA DE ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO  
PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO DE ENERGÍA SOLAR  
FOTOVOLTAICA EN LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA USAC**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**LUIS DAVID NOJ LARIOS**

ASESORADO POR MA. ING. JOSÉ RAFAEL ARGUETA MONTERROSO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

GUATEMALA, MARZO DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIA	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Carlos Alberto Navarro Fuentes
EXAMINADOR	Ing. Edgar Yanuario Laj
EXAMINADOR	Ing. Herbert Samuel Figueroa Avendaño
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UNA PROPUESTA DE ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO  
PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO DE ENERGÍA SOLAR  
FOTOVOLTAICA EN LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA USAC**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado con fecha 26 de abril de 2022.



**Luis David Noj Larios**



EEPFI-PP-0622-2022

Guatemala, 26 de abril de 2022

**Director**  
**Armando Alonso Rivera Carrillo**  
**Escuela De Ingenieria Mecanica Electrica**  
**Presente.**

**Estimado Ing. Rivera**

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UNA PROPUESTA DE ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA USAC**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Diseño - Diseño y operación de proyectos Solares y Eólicos - Principios de energía solar térmica**, presentado por el estudiante **Luis David Noj Larios** carné número **201222628**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en ARTES en Energía Y Ambiente.

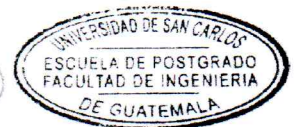
Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

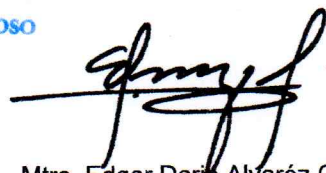
Atentamente,

*"Id y Enseñad a Todos"*

  
null José Rafael Argueta Monterroso  
Asesor(a)  
**José Rafael Argueta Monterroso**  
Ingeniero Electricista  
Colegiado No. 2913

  
Mtro. Juan Carlos Fuentes Montepeque  
Coordinador(a) de Maestría



  
Mtro. Edgar Darío Alvaréz Cotí  
Director  
Escuela de Estudios de Postgrado  
Facultad de Ingeniería





EEP-EIME-0622-2022

El Director de la Escuela De Ingenieria Mecanica Electrica de la Facultad de Ingenieria de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UNA PROPUESTA DE ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA USAC**, presentado por el estudiante universitario **Luis David Noj Larios**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingenieria en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

The image shows a handwritten signature in black ink over a circular official stamp. The stamp contains the text: "UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA", "DIRECCIÓN ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA", and "FACULTAD DE INGENIERIA".

Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo  
Director  
Escuela De Ingenieria Mecanica Electrica

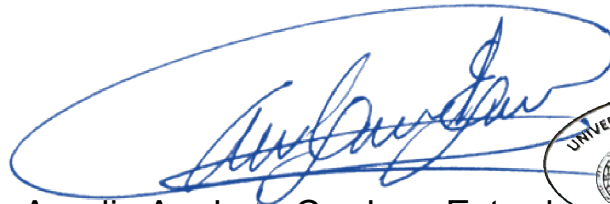
Guatemala, abril de 2022

Decanato  
Facultad de Ingeniería  
24189101- 24189102  
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

LNG.DECANATO.OI.263.2023

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UNA PROPUESTA DE ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA USAC**, presentado por: **Luis David Noj Larios**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada

Decana



Guatemala, marzo de 2023

AACE/gaoc

## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por la vida, la sabiduría, sus dones y talentos recibidos de su misericordia, porque: “su entendimiento no hay quien lo alcance” Isaías 40:28
- Mis padres** Luis Humberto Noj y Vilma Gricelda Larios, por su amor, tiempo y entrega, mi eterno agradecimiento por todo su apoyo para hacer realidad esta meta.
- Mis hermanos** Jonatan, Daniel y Samuel Noj Larios, por su apoyo y compañía durante mi vida.
- Mis abuelos** Romelio Noj, María Espectación Atz, quienes descansan en paz, Ventura Larios y Cornelia Acuta, por sus oraciones, sabias enseñanzas y consejos durante toda mi vida.
- Mi familia** Tíos y primos gracias por todo el apoyo.



## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por abrir las puertas de la educación superior, por ser el alma <i>mater</i> que me permitió nutrirme y guiarme en mi desarrollo académico.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por forjar los conocimientos adquiridos en sus aulas.
<b>Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica</b>	Docentes, auxiliares e ingenieros, por todos los conocimientos transmitidos.
<b>Mis amigos</b>	Por haberme acompañado durante la carrera y por su apoyo incondicional.
<b>Mi asesor</b>	MA. Ing. José Argueta, MA. Ing. César Villela, por aportar sus conocimientos y ser guía durante la elaboración del trabajo de graduación.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN .....	XIII
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. ANTECEDENTES .....	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	7
3.1. Descripción del problema .....	8
3.2. Formulación del problema .....	8
3.2.1. Pregunta central .....	8
3.2.2. Preguntas auxiliares .....	9
3.3. Delimitación del problema .....	9
4. JUSTIFICACIÓN .....	11
5. OBJETIVOS .....	13
5.1. General .....	13
5.2. Específicos .....	13
6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN .....	15
7. MARCO TEÓRICO .....	17

7.1.	Recursos energéticos renovables .....	17
7.1.1.	Energía hidráulica.....	18
7.1.2.	Energía geotérmica .....	19
7.1.3.	Energía eólica .....	21
7.1.4.	Energía biomásica.....	22
7.1.5.	Energía solar fotovoltaica .....	23
7.1.6.	Efecto fotoeléctrico .....	24
7.1.7.	Radiación solar.....	25
7.1.8.	Acumulador – baterías .....	26
7.1.9.	El regulador .....	27
7.1.10.	Panel solar .....	28
7.2.	Estudio técnico – económico.....	28
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	31
9.	METODOLOGÍA .....	35
9.1.	Características del estudio .....	35
9.2.	Unidades de análisis .....	36
9.3.	Variables .....	36
9.4.	Fases del estudio .....	38
9.4.1.	Fase 1: Revisión documental .....	38
9.4.2.	Fase 2: Diseño y validación del estudio técnico.....	39
9.4.3.	Fase 3: Estudio económico .....	39
9.4.4.	Fase 4: Análisis e interpretación de resultados.....	40
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....	41
11.	CRONOGRAMA .....	43

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO .....	45
REFERENCIAS .....	47



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Energía hidráulica.....	19
2.	Funcionamiento de la energía geotermica.....	20
3.	Energía eólica.....	21
4.	Energía biomásica.....	23
5.	Ejemplo de instalación de energía solar fotovoltaica .....	24
6.	Emisión de electrones. ....	25
7.	El regulador de carga.....	27
8.	Panel solar.....	28
9.	Cronograma.....	43

### TABLAS

I.	Operacionalización de las variables .....	37
II.	Radiación solar promedio de varias instituciones .....	38
III.	Recursos para la investigación.....	45



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>A</b>	Amperios
<b>CNEE</b>	Comisión Nacional de Energía Eléctrica
<b>EIME</b>	Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
<b>INDE</b>	Instituto Nacional de Electrificación
<b>INSIVUMEH</b>	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología
<b>KWH</b>	Kilo Watt hora
<b>kWh/m<sup>2</sup></b>	Kilo Watt hora sobre metro cuadrado
<b>kWh/m<sup>2</sup>/día</b>	Kilo Watt hora sobre metro cuadrado al día
<b>kWp</b>	Kilovatios pico
<b>MEM</b>	Ministerio de Energía y Minas
<b>MW</b>	Mega Watt
<b>PVGIS</b>	Sistema de Información Geográfica Fotovoltaica
<b>Q</b>	Quetzales
<b>TIR</b>	Tasa Interna de Retorno
<b>V</b>	Voltios
<b>VAN</b>	Valor Actual Neto
<b>W</b>	Watts
<b>W/m<sup>2</sup></b>	Watts sobre metro cuadrado





## GLOSARIO

<b>Albedo</b>	Porcentaje de radiación que cualquier superficie refleja respecto a la radiación que incide sobre ella.
<b>Bagazo</b>	Es el residuo del proceso de fabricación del azúcar a partir de la caña.
<b>Conexión a la red</b>	Una conexión a la red tiene el propósito de suministrar electricidad desde los proveedores hasta los consumidores.
<b>Dimensionamiento</b>	Acción y efecto de determinar el tamaño o importancia de algo, proceso para determinar la dimensión o característica correcta o esperada de algo.
<b>Factibilidad</b>	Se refiere a la disponibilidad de los recursos necesarios para llevar a cabo los objetivos o metas señaladas, es decir si es posible cumplir con las metas que se tienen en un proyecto.
<b>Fuentes termales</b>	Son manantiales de aguas calientes que constantemente emanan del suelo, con temperaturas mayores a la del ambiente que les rodea.

<b>Géiseres</b>	Es un tipo especial de fuente hidrotermal que emite periódicamente una columna de agua caliente y vapor al aire.
<b>Hidroeléctrica</b>	Es una instalación que utiliza energía hidráulica para la generación de energía eléctrica.
<b>Hora Solar</b>	Es la cantidad de energía solar que recibe un metro cuadrado de superficie.
<b>Insolación</b>	Es la suma de intervalos de tiempo durante los cuales la radiación solar directa supera el umbral de 120 W/m <sup>2</sup> .
<b>Inversor Solar</b>	Es un convertidor de corriente que se encarga de transformar la energía producida por las placas solares en energía útil para el consumo diario.
<b>Irradiación Solar</b>	Es la potencia por unidad de área recibida del sol en forma de radiación electromagnética medida en el rango de longitud de onda.
<b>Irradiancia</b>	Es la magnitud utilizada para describir la potencia incidente por unidad de superficie de todo tipo de radiación electromagnética.

<b>Magma</b>	Es una mezcla multifásica natural compuesta por una fase líquida, formada por roca fundida, otra fase sólida, mineral y una parte gaseosa.
<b>Piranómetro</b>	Instrumento meteorológico utilizado para medir de manera muy precisa la radiación solar incidente sobre la superficie de la Tierra.
<b>Radiación Solar</b>	Es el conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el Sol.
<b>Tensión</b>	Tensión eléctrica o diferencia de potencial es una magnitud física que cuantifica la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos.



## RESUMEN

Recientemente las energías alternativas han logrado un auge muy importante en varias áreas de la industria, razón por la cual el presente diseño de investigación busca realizar una propuesta para la posterior implementación de un laboratorio fotovoltaico en la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Dicha propuesta por medio de los objetivos pretende determinar el ángulo de incidencia óptimo al cual deben de instalarse los paneles fotovoltaicos, también se realizará el dimensionamiento para el laboratorio y finalmente por medio del estudio económico comprobar la factibilidad para la implementación del laboratorio.

La investigación se realizará con base en un diseño no experimental ya que la variable dependiente es la energía solar fotovoltaica y las independientes son el estudio técnico económico, radiación solar, laboratorio y no serán manipuladas por el investigador, de igual forma se trabajará con variables discretas y continuas por lo cual será un estudio cuantitativo y descriptivo ya que se recopilará información sobre radiación solar, costo y dimensiones de un sistema fotovoltaico.

De igual forma se dará sustento a la presente investigación por medio de la metodología con ayuda de las fases de estudio, las cuales comprenden la revisión documental, el diseño y validación del estudio económico y el análisis e interpretación de los resultados.

Finalmente se agrega un cronograma con las fechas de cada una de las actividades y fases que conlleva este trabajo a fin de llevar un mejor control para la elaboración de la investigación.

# 1. INTRODUCCIÓN

Guatemala es un país que cuenta con una industria muy amplia y en constante desarrollo. La mayor parte de esta industria utiliza energía derivada de recursos fósiles para realizar las actividades a las que se dedican y con esto contribuyen al deterioro del medio ambiente. Es por ello, que la presente investigación pretende hacer un estudio técnico-económico para una posterior implementación de un laboratorio de energía solar fotovoltaica en la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Derivado de lo anterior no existe un centro de estudios donde se impartan conocimientos sobre energías renovables, razón suficiente para que un estudio demuestre la factibilidad para la implementación de un laboratorio de energía solar y así los estudiantes de la Facultad de Ingeniería puedan desarrollar e implementar los conocimientos en la industria u otros sectores.

El propósito de la investigación es elaborar el estudio de factibilidad técnico y económico con el fin de mostrar y validar que la implementación de un laboratorio de energía fotovoltaica será de utilidad primeramente para los estudiantes de la Facultad y posteriormente para la industria y sociedad en general.

La implementación de un laboratorio es confiable y económicamente viable ya que, el equipo fotovoltaico es robusto, durable y no carece de un mantenimiento ostentoso, dicho laboratorio puede ser; duradero a largo plazo y



puede funcionar para beneficio de muchas actividades tales como prácticas para los estudiantes con el fin de obtener datos de radiación, insolación y potencia.

Inicialmente se tomarán bases en antecedentes de revistas o tesis similares al presente trabajo de investigación para lograr definir conceptos del marco teórico. Para luego elaborar la metodología y describir las técnicas de recolección de información para sustentar la investigación.

Finalmente se procederá a realizar un análisis tomando como base la variable de energía solar fotovoltaica, estudio técnico, laboratorio, estudio técnico, esto con el fin de dimensionar el equipo adecuado para un laboratorio y una posterior evaluación técnica para la implementación del laboratorio.

## 2. ANTECEDENTES

Actualmente se han realizado trabajos de investigación que se basan en estudios de energías fotovoltaicas, de igual forma se conoce que países de Sudamérica y Europa se han implementado laboratorios, bancos de trabajo y realizado investigaciones que tienen como objetivo mostrar la factibilidad de proyectos fotovoltaicos, todo esto con el fin de divulgar la información para creación de nuevos centros de estudio de esta energía alternativa. En Guatemala hasta la fecha únicamente una Universidad cuenta con un laboratorio para el estudio e implementación de equipo fotovoltaico. A continuación, se mencionan algunos trabajos que aportan información importante:

En la revista *Pakamuros* se muestra el artículo desarrollado por (Vasquez, 2019) titulado *Diseño de un sistema fotovoltaico autónomo para el suministro de energía eléctrica al laboratorio de Ingeniería Mecánica de la Universidad Politécnica Amazónica de Perú*, en dicho artículo muestran el diseño de un sistema fotovoltaico con el fin de abastecer de energía eléctrica al laboratorio de Ingeniería Mecánica, antes de realizar el diseño plantean varias fuentes de generación y al final seleccionan la generación fotovoltaica, ya que este tipo de energía mejora el perfil de tensión y al mismo tiempo ayuda a reducir el impacto ambiental, con esta selección se logra evitar el consumo de recursos fósiles y contribuyen a reducir el deterioro del medio ambiente, finalmente logran dar un paso hacia un campus universitario más verde.

En la tesis doctoral desarrollada por (Castro, 2020) titulado *Viabilidad técnica del panel fotovoltaico aislado para la generación de energía eléctrica en una vivienda situada en Huancayo*, se orienta en demostrar la viabilidad para la

instalación de paneles aislados en viviendas no conectadas a la red eléctrica, dentro de las variables de estudios utilizadas en el trabajo están: ángulo de inclinación, orientación, radiación y potencia eléctrica, dichas variables servirán de guía en el presente trabajo para encontrar los indicadores más óptimos y así lograr la correcta instalación de los paneles fotovoltaicos para el laboratorio de energía fotovoltaica. Con esto se puede argumentar el apoyo de esta tesis doctoral para la elaboración de la presente investigación.

En el trabajo de graduación titulado *Diseño de prácticas de equipo y estudio edilicio para la implementación de un laboratorio de energía solar fotovoltaica para la maestría en ingeniería con énfasis en energías alternativa* (Montaña, 2017), especifica que dicho diseño serviría de complemento teórico y práctico para estudiantes y profesionales con el fin de que contribuyan al desarrollo e implementación de sistemas fotovoltaicos en zonas no interconectadas del país. De igual forma se muestra la propuesta de prácticas para el laboratorio, también se hace un estudio para el diseño de trabajo conjunto con la distribución de equipos y finalmente se detallan los equipos para el laboratorio. El trabajo de graduación descrito anteriormente servirá de apoyo y sustento para la propuesta planteada en la siguiente investigación.

En el trabajo de graduación elaborado por (Ivan Dario & Torres Suárez, 2019), titulado *Construcción de un banco de pruebas solar fotovoltaico para el laboratorio de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Santo Tomas Tunja*, plantean la construcción de un banco de pruebas a fin de facilitar el aprendizaje para las prácticas del laboratorio de energía solar. En dicho banco los estudiantes podrán experimentar con los componentes de un sistema fotovoltaico tales como: inversor, paneles, baterías, reguladores, entre otros; también podrán realizar conexiones en serie-paralelo, variar el ángulo de incidencia de los paneles con el fin de obtener datos y posteriormente analizar los resultados. Finalmente se

realiza un dimensionamiento para la correcta implementación de los equipos a utilizar en el banco de pruebas. Este informe de graduación servirá de sustento para la elaboración del estudio del equipo fotovoltaico que se utilizará en el trabajo de investigación.

En el artículo publicado por (Contreras Castillo, Rojas Aguilar, & Forero, 2018) titulado *Diseño de un prototipo para el mejoramiento de la enseñanza de energía fotovoltaica* elaboran el diseño de un prototipo de un sistema fotovoltaico sin conexión a la red, esto con el fin de mejorar el proceso de enseñanza en energía fotovoltaica en la facultad de ingeniería electrónica. Este prototipo servirá para complementar el conocimiento y manejar equipos reales de una mejor forma así lograr conocer y comprender el funcionamiento de cada uno de estos.

En la tesis de maestría elaborada por (Herman López, 2016) titulado *Estudio técnico para la reubicación de una empresa dedicada a la venta de equipos de cocina y prestadora de servicios de mantenimiento a equipos eléctricos, electrónicos, refrigeración y gas, en la ciudad de Guatemala;* se muestra la realización de un estudio técnico con el fin de realizar un traslado de mobiliario de dicha empresa, en la presente investigación no se realizará ningún traslado de mobiliario pero se tomarán como referencia las bases del estudio técnico para poder sustentarlas en la investigación, así lograr realizar el estudio y poder mostrar la viabilidad de un laboratorio en la Facultad de Ingeniería.



### **3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Recientemente los recursos fósiles se han ido reduciendo al mismo tiempo que nuestro medio ambiente se deteriora, por ello se han buscado alternativas amigables con el medio ambiente con el fin de lograr una reducción en el deterioro del ambiente.

Debido a esta situación varias instituciones y universidades de varios países se han visto obligados a encontrar solución a este problema, por medio de estudios de factibilidad para la generación eléctrica utilizando las energías alternativas.

Con el paso de los años cada vez se necesitan y requieren de profesionales con conocimientos y cualidades específicas en distintas áreas, razón por la cual es necesario que cada profesional y estudiante de la EIME adquiera conocimientos sobre los distintos tipos de energías renovables que existen y así puedan comprender el rol que desempeña cada una en nuestra sociedad y al mismo tiempo conocer los beneficios que estas energías alternativas brindan.

Actualmente no existen estudios o investigaciones que aborden este tema en la EIME, por lo que con la ayuda de un estudio técnico-económico para un laboratorio de energía fotovoltaica se pretende iniciar a brindar soluciones que ayuden y contribuyan a la reducción del deterioro del medio ambiente.

### **3.1. Descripción del problema**

Actualmente la EIME de la Facultad de Ingeniería, tiene como misión formar profesionales con diversos conocimientos y aptitudes en varias áreas, pero no existe un curso o laboratorio como tal que este enfocado al área de energías renovables, específicamente a la energía solar.

Las posibles causas por las cuales no existe un laboratorio destinado al estudio de energías fotovoltaicas son la falta de iniciativa para realizar un estudio técnico para un laboratorio fotovoltaico, no hay un grupo de profesionales que desee aportar conocimientos del área a la población estudiantil y finalmente la falta de presupuesto para la compra del equipo fotovoltaico.

### **3.2. Formulación del problema**

A continuación, se plantea la interrogante central asociada con el problema, de igual forma se plantean tres interrogantes auxiliares que orientan el desarrollo del trabajo de investigación:

#### **3.2.1. Pregunta central**

¿Existe alguna propuesta de un laboratorio destinado al estudio de energía fotovoltaica en la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Facultad de Ingeniería?

### **3.2.2. Preguntas auxiliares**

- ¿Cuáles son los ángulos de incidencia óptimos que mejor se adaptan a la captación de irradiación solar, en la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica?
- ¿Qué dimensionamiento debe de tener un laboratorio para que se puedan impartir y/o cumplir con los objetivos de enseñanza y aprendizaje de la energía fotovoltaica?
- ¿Cómo determinar si es económicamente viable la implementación de un laboratorio fotovoltaico en la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica?

### **3.3. Delimitación del problema**

Se produce a la selección de soluciones en donde se determina el problema, para esto es necesario identificar la localización física y geográfica del lugar, en este caso la EIME; a partir de esto se parte con el estudio para determinar las condiciones ambientales que se han visto durante los años anteriores, los ángulos de incidencia que mejor se adaptan a la captación de la energía solar, la radiación solar promedio durante el día, meses y años anteriores entre otras variables.

Con base en lo anterior se planta el tiempo en que se llevará a cabo el estudio técnico en la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica.





## **4. JUSTIFICACIÓN**

La realización de la presente investigación se justifica en las líneas de investigación de gestión y uso eficiente de la energía y en energías renovables en el área energética de la Maestría de Energía y Ambiente. Se presenta una propuesta de estudio técnico-económico de un laboratorio de energía fotovoltaica en la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Dicho estudio contempla los aspectos técnicos, económicos y ambientales en el uso y aprovechamiento de recursos energéticos y en el diseño y operación de proyectos eólicos y solares. Debido al deterioro del medio ambiente, la energía solar fotovoltaica muestra una gran alternativa como suministro energético; derivado de lo anterior el siguiente estudio pretende realizar un análisis para que la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica sea pionera en la formación de profesionales con ética ambiental y en brindar soluciones que contribuyan al mejoramiento del medio ambiente.

La propuesta descrita será de beneficio primeramente para los estudiantes de pregrado y también para los docentes e ingenieros que deseen profundizar estudios investigativos en el área de energías fotovoltaicas en la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica con el fin de mejorar los conocimientos teóricos y prácticos del perfil de egresotanto de estudiantes de pregrado como de postgrado de dicha escuela.

La importancia de este estudio tiene como fin primordial mostrar la viabilidad del laboratorio de energía fotovoltaica y también en llevar a cabo una valoración

económicade los equipos técnicos del proyecto, ya que servirá como principio básico para la generación de electricidad en sectores de la población donde carecen de energía eléctrica y al mismo tiempo lograr una diversificación en la matriz energética del país.

La maestría al encontrarse en el marco de energía y ambiente involucra todo un análisis profesional dentro de la correcta implementación en donde habrá un beneficio académico y social.

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1. General**

Desarrollar una propuesta de estudio técnico económico para la implementación de un laboratorio de energía fotovoltaica en la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Facultad de Ingeniería.

### **5.2. Específicos**

- Determinar los ángulos de incidencia óptimos para obtener la mayor irradiación solar en el diseño del laboratorio fotovoltaico.
- Calcular el dimensionamiento del sistema fotovoltaico que permita cumplir con la enseñanza de los distintos conceptos sobre la energía fotovoltaica.
- Determinar por medio de un estudio económico, la factibilidad para la implementación de un laboratorio fotovoltaico.



## **6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN**

Debido a los altos costos de los equipos para un laboratorio de energía fotovoltaica se propone realizar un estudio técnico económico con el fin de verificar y validar la mejor opción para la selección de posibles equipos a utilizar en un laboratorio.

La mayoría de centros universitarios públicos del país, especialmente la Escuela de Mecánica Eléctrica de la Facultad de Ingeniería operan con una cantidad de recursos materiales y económicos limitados debido a ello se carece de muchas herramientas de estudio, incluido un laboratorio destinado al estudio de la energía fotovoltaica, razón por la cual se plantea un estudio con la finalidad de presentar una solución técnica y económicamente viable para un laboratorio de energía fotovoltaica de beneficio para toda la población estudiantil de la Facultad de ingeniería.

Dicho estudio llevará a cabo una valorización de los equipos fotovoltaicos, determinación de la localización óptima para la instalación de los mismos y la especificación del presupuesto de inversión, donde se detallen los recursos materiales, humanos y financieros para su correcta operación.

Anteriormente no existe evidencia o fuentes que muestren la realización de algún estudio técnico para un laboratorio de energía fotovoltaica dentro de la Facultad de Ingeniería, por lo tanto se argumenta la originalidad de la investigación, de igual forma es importante mencionar que el presente trabajo está acorde a las líneas de investigación seleccionadas dentro del área energética y gestión eficiente del uso de la energía.

Finalmente, el estudio por medio de una validez técnica plantea la inserción y selección correcta del equipo fotovoltaico logrando brindar soluciones al medio ambiente con ayuda del laboratorio y al mismo tiempo prevé contribuir paulatinamente al deterioro del medio ambiente.

## **7. MARCO TEÓRICO**

Actualmente los recursos naturales han tomado una relevancia muy importante, razón suficiente para hacer mención de cada uno de ellos a continuación.

### **7.1. Recursos energéticos renovables**

Según la Dirección de energía del Ministerio de Energía y Minas (MEM, 2018) los recursos energéticos renovables se definen como aquellos recursos que tienen como característica común que no se terminan, o que se renuevan por naturaleza. Dentro de estos recursos se tienen las energías hidráulica, geotérmica, eólica, solar (térmica y fotovoltaica) y la biomasa (leña, carbón vegetal, bagazo de caña de azúcar, biocombustibles y residuos urbanos, forestales, agrícolas y estiércol).

Según (MEM, 2018, pág. 2) “Guatemala se considera como un país que cuenta con una cantidad considerable de recursos renovables de energía, los cuales a la fecha han sido poco aprovechados”.

La afirmación anterior, se puede afirmar ya que según el portal de la página del Ministerio de Energía y Minas existe un potencial de 6,000 MW de energía hidroeléctrica y 1,000 MW de geotermia, y actualmente únicamente se aprovecha el 24.1% de la primera y un 3.5% de la segunda. (MEM, 2018, pág. 2).



De la misma forma según (Hernández Chan, 2018, pág. 2) “Para el desarrollo de proyectos de energía solar, Guatemala cuenta con un recurso importante, el cual tiene un valor anual promedio de radiación solar global de 5.3 kWh/m<sup>2</sup>/día”.

### **7.1.1. Energía hidráulica**

“La energía hidráulica es la obtenida del agua en movimiento. La fuerza del agua se transforma en energía mecánica al mover las aspas de una turbina en una central hidroeléctrica, donde se transforma en energía eléctrica” según (INDE, 2020, pág. 2).

De igual forma lo establece (MEM, 2018), La energía hidráulica es el aprovechamiento de la energía potencial que tiene una corriente de agua por diferencia de alturas, que debido a la gravedad hace que fluya de un terreno más alto a uno más bajo; y de esta forma esa energía se transforma en mecánica por medio de una turbina, que conectada a un generador que produce energía eléctrica. Las instalaciones para aprovechar este potencial hídrico se denominan centrales hidroeléctricas. La potencia y energía disponible en un río está en función directa de las diferencias de altura y del caudal que se utilice.

Figura 1. **Energía hidráulica**

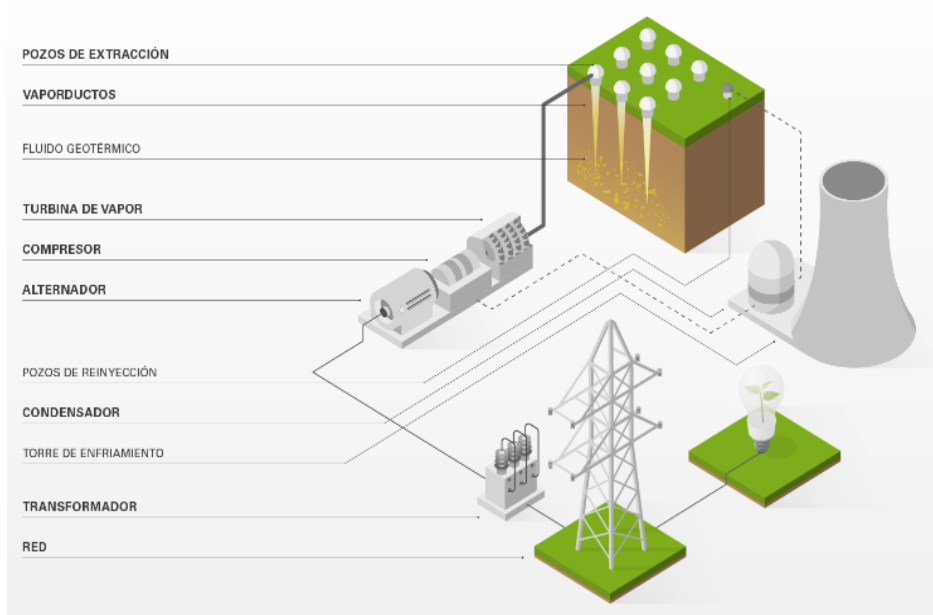


Fuente: Instituto Nacional de Electrificación. (2020). *Energía Hidráulica*.

### 7.1.2. **Energía geotérmica**

La energía geotérmica es el calor remanente de la formación de la tierra que está contenida dentro del planeta. A pesar de ser muy abundante este tipo de energía no se distribuye uniformemente y por lo general se encuentra a grandes profundidades, que dificultan su explotación industrial. (Pérez Denicia, Fernández Luqueño, Vilariño Ayala, Montaño Zetina, & Maldonado López, 2017)

Figura 2. **Funcionamiento de la energía geotérmica**



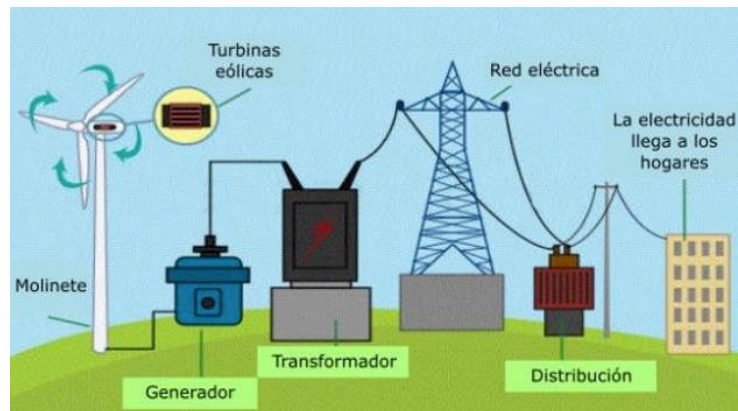
Fuente: Enel Green Power. (2021). *Energía geotérmica*.

Según (MEM, 2018), es aquella energía que se obtiene mediante el aprovechamiento del calor del interior de la tierra y que puede ser utilizada para la producción de energía eléctrica y otros usos. La energía geotérmica consiste en reservorios de roca porosa y permeable, en la cual por circulación de vapor o agua caliente se desarrolla un sistema de convección. El agua subterránea se filtra a profundidades de varios kilómetros donde es calentada directa o indirectamente por el magma, expandiéndose y ascendiendo a la superficie a temperatura elevada en forma líquida o de vapor, manifestándose como géiseres o fuentes termales. Este tipo de recurso se encuentra cerca de lugares donde se detecta actividad volcánica o movimiento de placas tectónicas.

### 7.1.3. Energía eólica

La energía eólica se considera una forma indirecta de la energía solar, puesto que, al producirse un calentamiento desigual de las masas de aire por el sol, las diferentes temperaturas del aire crean zonas con distintas presiones atmosféricas, y como consecuencia de esta desigualdad se produce el movimiento de las masas de aire, desde las zonas de alta presión a las zonas de baja presión, con lo que se da origen a los vientos. Asociado al movimiento de una masa hay una energía cinética, que depende de su masa y su velocidad que puede transformarse en energía útil, para la generación de energía eléctrica y bombeo de agua. (AGER, 2021)

Figura 3. **Energía eólica**



Fuente: Instituto Nacional de Electrificación. (2020). *Energía Eólica*.

La energía eólica es la energía que se obtiene del viento. Se trata de un tipo de energía cinética producida por el efecto de las corrientes de aire. Esta energía la podemos convertir en electricidad a través de un generador eléctrico. Es una energía renovable, limpia, que contamina y que ayuda a reemplazar la

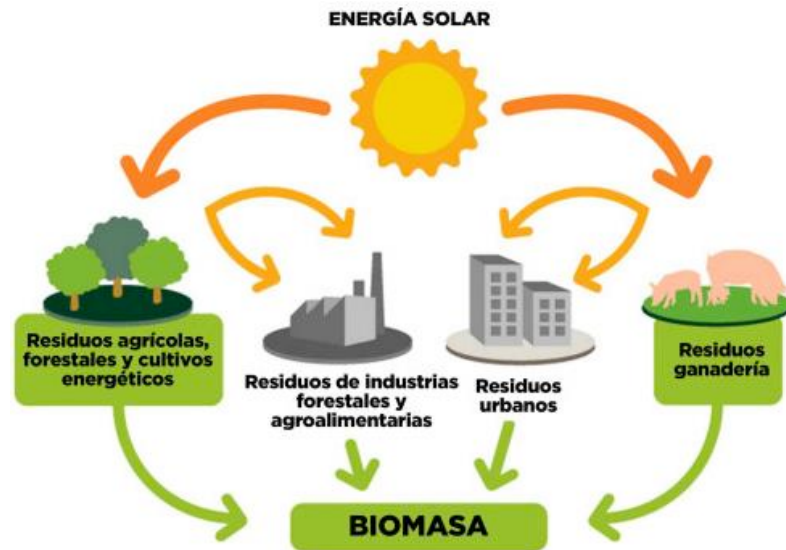
energía producida a través de los combustibles fósiles según lo expresa. (Energía, 2018)

#### **7.1.4. Energía biomásica**

(Pérez Denicia, Fernández Luqueño, Vilariño Ayala, Montaña Zetina, & Maldonado López, 2017, pág. 78) expresa que “el termino biomasa se refiere a la materia orgánica, no fosilizada y biodegradables, derivados de organismos vivos o que hayan estado recientemente vivos como plantas, animales y otros”.

(MEM, 2018), dice que la energía de la biomasa corresponde entonces a toda aquella energía que puede obtenerse de ella, ya sea a través de su quema directa o mediante su procesamiento para conseguir otro tipo de combustible. Un ejemplo del uso de la biomasa es en la industria azucarera a través de la cogeneración, que se define como la producción de dos o más formas de energía a partir de una sola fuente; una de ellas siempre será calor y la otra podrá ser electricidad o energía mecánica. Los ingenios azucareros producen calor para el proceso de producción de azúcar y energía eléctrica a partir del bagazo de caña.

Figura 4. **Energía biomásica**

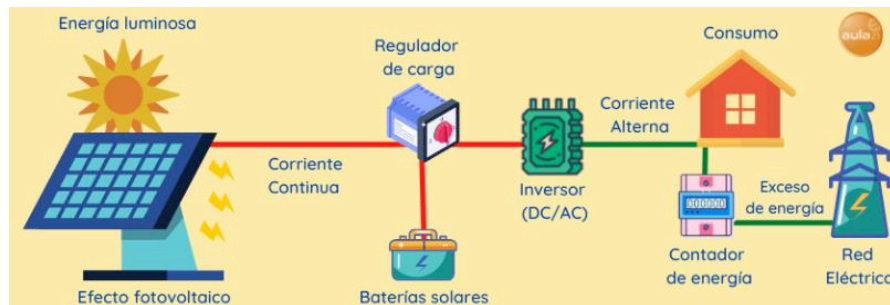


Fuente: (Tito, 2022). *Energía Biomásica*.

### 7.1.5. **Energía solar fotovoltaica**

(Minas, 2014) expresa que es aquella energía que proviene del aprovechamiento directo de la radiación del sol y de la cual se obtiene calor y electricidad. El calor se obtiene mediante colectores térmicos y la electricidad a través de paneles fotovoltaicos. Dada la posición geográfica de Guatemala, se cuenta con radiación solar durante casi todo el año lo cual hace un país ideal para esta forma de generar energía.

Figura 5. **Ejemplo de instalación de energía solar fotovoltaica**



Fuente: Centro de formación para la Industria. (2019). *Energía solar*.

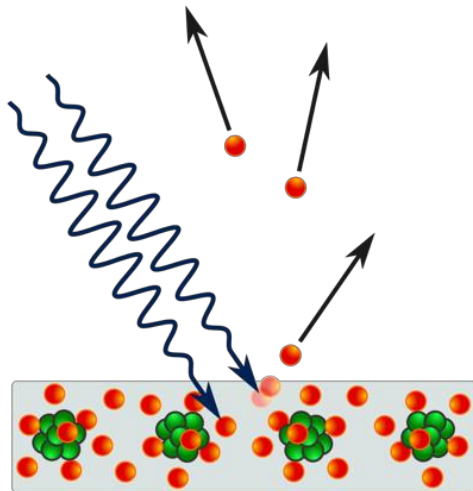
(Bhubaneswari, S., & Ranko, 2011), especifica que un sistema de generación de energía fotovoltaica consta de múltiples componentes como celdas, conexiones mecánicas, eléctricas, montajes y medios de regulación y/o modificación del sistema eléctrico de salida. Estos sistemas se clasifican en kilovatios pico (kWp) que es una cantidad de energía eléctrica que se espera que un sistema entregue cuando el sol está directamente sobre la cabeza en un día despejado.

Se basa en el efecto llamado efecto fotoeléctrico, por el cual determinados materiales son capaces de absorber fotones (partículas lumínicas) y liberar electrones, generando una corriente eléctrica.

#### **7.1.6. Efecto fotoeléctrico**

“El efecto fotoeléctrico consiste en la emisión de electrones por un material al incidir sobre él una radiación electromagnética (luz visible o ultravioleta)” (Dogulas A. Skoog, 2008, pág. 145).

Figura 6. **Emisión de electrones**



Fuente: Wikipedia (2021). Efecto fotoeléctrico.

### 7.1.7. **Radiación solar**

Según lo detalla (Iberdrola, 2021) La radiación solar es la energía emitida por el Sol, la cual se propaga en todas direcciones a través del espacio mediante ondas electromagnéticas. Emitida por la superficie solar, esta energía determina la dinámica de los procesos atmosféricos y climatológicos. Además, es directa o indirectamente responsable de circunstancias de nuestro día a día, como la fotosíntesis de las plantas, el mantenimiento de una temperatura compatible con la vida y de la formación del viento, clave para la generación de energía eólica.

De igual forma (Iberdrola, 2021) establece que la radiación solar se mide en superficie horizontal mediante un sensor de radiación o piranómetro, que se sitúa orientado al sur y en un lugar libre de sombras. Los datos se recogen en unidades de potencia, vatios por metro cuadrado ( $W/m^2$ ), en todas las estaciones



meteorológicas y tiende a hacerse en intervalos de diez minutos o de 24 horas para establecer medidas.

Los tipos de radiación solar se clasifican según la forma en que llegan a la tierra de la siguiente forma:

- Radiación solar directa: este tipo de radiación es la que traspasa la atmósfera y alcanza la superficie de la Tierra sin haber sufrido dispersión alguna en su trayectoria.
- Radiación solar difusa: es la radiación que alcanza la superficie de la Tierra tras haber sufrido múltiples desviaciones en su trayectoria, por ejemplo, por los gases presentes en la atmósfera.
- Radiación solar reflejada: es aquella fracción de radiación solar que es reflejada por la propia superficie terrestre, en un fenómeno conocido como efecto albedo.

#### **7.1.8. Acumulador – baterías**

Las baterías son dispositivos capaces de transformar la energía química en eléctrica. Las baterías son encargadas desde la electricidad producida por los paneles solares, a través de un regulador de carga y pueden entregar su energía a la salida de la instalación donde será consumida. (Díaz Corcobado & Carmona Rubio, 2010)

Las principales funciones de las baterías en la mayoría de las instalaciones fotovoltaicas son:

- Almacenar energía durante un tiempo determinado de días.
- Suministrar una potencia elevada en determinados instantes.
- Mantener una tensión de trabajo en la instalación.

### 7.1.9. El regulador

(Díaz Corcobado & Carmona Rubio, 2010), el regulador tiene la misión de evitar situaciones de carga y sobrecarga de la batería con el fin de prolongar su vida útil. El regulador trabaja en ambas zonas, en la parte de carga, su misión es la de garantizar una carga suficiente al acumulador y evitar las situaciones de sobrecarga, y en la parte de descarga se ocupará de asegurar el suministro eléctrico diario suficiente y evitar la descarga excesiva de la batería.

Figura 7. El regulador de carga

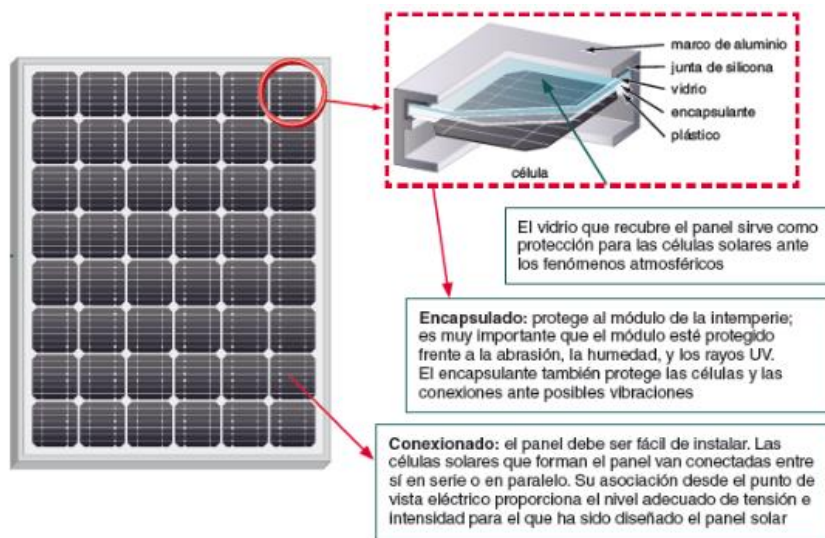


Fuente: (Díaz y Carmona, 2010). Instalaciones solares fotovoltaicas GM.

### 7.1.10. Panel solar

Un panel solar o módulo fotovoltaico está formado por un conjunto de células, conectadas eléctricamente, encapsuladas y montadas sobre una estructura de soporte o marco. Proporciona en su salida de conexión una tensión continua y se diseña para valores concretos de tensión (6, 13 y 24 voltios) que definen la tensión a la que va a trabajar el sistema fotovoltaico esto según (Díaz Corcobado & Carmona Rubio, 2010)

Figura 8. Panel solar



Fuente: (Díaz y Carmona, 2010). Instalaciones solares fotovoltaicas GM.

## 7.2. Estudio técnico – económico

Un estudio técnico permite proponer y analizar las diferentes opciones tecnológicas para producir los bienes o servicios que se requieren, lo que además admite verificar la factibilidad técnica de cada una de ellas. Este análisis identifica

los equipos, la maquinaria, las materias primas y las instalaciones necesarias para el proyecto y, por lo tanto, los costos de inversión y de operación requeridos, así como el capital de trabajo que se necesita. (Rosales, 2005)

Según lo describe (Miranda, 2012), el estudio técnico es la determinación del tamaño más conveniente, la identificación de la localización final apropiada y, obviamente, la selección del modelo tecnológico y administrativo idóneo que sean consecuentes con el comportamiento del mercado y las restricciones de orden financiero. Además, se encamina a la definición de una función adecuada de producción que garantice la utilización óptima de los recursos disponibles.

La importancia del estudio técnico para un proyecto significa definir y trabajar una serie de variables relacionadas directa o indirectamente con los ingresos y egresos asociados a éste, durante su ciclo de vida. Con relación a la viabilidad de éste, un proyecto puede y debe ser viable desde diversas perspectivas: desde el punto de vista comercial, administrativo, jurídico, financiero, ambiental y técnico. (Murcia Murcia, Díaz Piraquive, & Medellín Duarte, 2009)

El objetivo de un estudio técnico es verificar cuán posible es fabricar un producto o brindar un servicio, analiza el tamaño óptimo, la localización más favorable, los equipos a utilizar, las instalaciones necesarias y la organización requerida para su ejecución. (Prieto Herrera, 2009)

Mediante el estudio de ingeniería se determina la función de producción óptima para la utilización eficiente y eficaz de los recursos disponibles destinados a la producción de bienes o servicios. Para ellos deben analizarse las distintas alternativas y condiciones en que pueden combinarse los factores productivos, identificados a través de la cuantificación y proyección del monto de inversiones,

costos e ingresos que se asocian a cada una de las alternativas de producción.  
(Córdoba Padilla, 2011)

## 8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

1. MARCO REFERENCIAL
  - 1.1 Estudios previos
  - 1.2 Antecedentes
  
2. MARCO TEÓRICO
  - 2.1. Recursos Energéticos renovables
    - 2.1.1. Energía hidráulica
    - 2.1.2. Energía geotérmica
    - 2.1.3. Energía eólica
    - 2.1.4. Energía biomásica
    - 2.1.5. Energía solar fotovoltaica
    - 2.1.6. Efecto fotoeléctrico
    - 2.1.7. Radiación solar
    - 2.1.8. Panel solar
    - 2.1.9. El regulador

- 2.1.10. Acumulador - baterías
  - 2.2. Estudio técnico económico
  - 2.3. Laboratorio
  
- 3. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN
  - 3.1. Características del estudio
    - 3.1.1. Diseño
    - 3.1.2. Enfoque
    - 3.1.3. Alcance
    - 3.1.4. Unidad de análisis
  - 3.2. Variables
  - 3.3. Fases del desarrollo de la investigación
    - 3.3.1. Fase 1
    - 3.3.2. Fase 2
    - 3.3.3. Fase 3
    - 3.3.4. Fase 4
  
- 4. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS
  - 4.1. Aspectos técnicos
  - 4.2. Aspectos económicos
  - 4.3. Aspectos ambientales
  - 4.4. Discusión de resultados
  
- 5. ANÁLISIS DE COSTOS / ANÁLISIS FINANCIERO
  - 5.1. Valor Actual Neto
  - 5.2. Tasa Interna de Retorno

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS  
APÉNDICES  
ANEXOS





## **9. METODOLOGÍA**

A continuación, se describen los métodos y el procedimiento utilizado para cumplir con los objetivos propuestos en el siguiente trabajo de investigación.

### **9.1. Características del estudio**

El diseño de investigación de la presente investigación es un diseño no experimental, ya que las variables “Energía solar fotovoltaica”, “Estudio técnico” y laboratorio” no serán manipuladas por el investigador y los datos o la información será recolectada o adquirida en las instituciones o lugares específicos encargados de manipular o recabar los datos de las variables antes mencionadas.

Al mismo tiempo se trabajarán con variables discretas y continuas, por lo que será un estudio cuantitativo. De igual forma la investigación será descriptiva ya que se recopilará información de la radiación solar, el costo, dimensiones del equipo para un laboratorio eficiente. También será una investigación de carácter correlacional, porque existen variables directas e indirectas que se describe a continuación:

- Ubicación ideal para la instalación del equipo
- Latitud
- Longitud
- Radiación solar en el lugar donde estará el equipo
- Potencia de cada panel
- Análisis financiero

- Relación costo/beneficio

## **9.2. Unidades de análisis**

La población de estudio serán los datos de radiación e insolación sobre el techo de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de san Carlos de Guatemala.

De los cuales se tomarán muestras de cada uno de los meses de años anteriores en un periodo de 10 años, para poder determinar la radiación en insolación promedio y así encontrar la potencia para realizar el correcto dimensionamiento del laboratorio.

## **9.3. Variables**

Las variables en estudio se describen a continuación:

Tabla I. **Operacionalización de las variables**

Variable	Definición teórica	Definición operativa
<b>Energía solar fotovoltaica</b>	El calor se capta por medio de colectores térmicos y a la electricidad a través de paneles fotovoltaicos. Debido a la posición geográfica Guatemala presenta valores significativos de radiación solar durante casi todo el año.	La energía fotovoltaica no emite ningún tipo de polución durante su funcionamiento, contribuyendo a evitar la emisión de gases de efecto invernadero. Su principal inconveniente consiste en que su producción depende de la radiación solar, si no se encuentra alineada perpendicularmente el Sol pierde un 10-25% de la energía incidente, generalmente se mide por medio del piranómetro en watt-metro cuadrado.
<b>Estudio técnico-económico</b>	La importancia del estudio técnico para un proyecto significa definir y trabajar una serie de variables relacionadas directa o indirectamente con los ingresos y egresos asociados a éstos durante su ciclo de vida.	La medición del estudio técnico económico se realiza con base en los lineamientos donde se realizará el proyecto, tomando en cuenta el lugar, la ubicación dentro de la entidad edilicia, los recursos económicos con los que pueden disponer y finalmente evaluando los valores de los costes de inversión.
<b>Laboratorio</b>	El laboratorio es un lugar dotado de los medios necesarios para realizar investigaciones, experimentos, prácticas y trabajos de carácter científico, tecnológico o técnico, está equipado con instrumentos de medias o equipos con los que se realizan experimentos, investigaciones y prácticas diversas según la rama a la que se dediquen.	Su importancia, sea en investigaciones o a escala industrial y en cualquiera de sus especialidades, radica en el hecho de que las condiciones ambientales están controladas y normalizadas.

Fuente: elaboración propia.

Para realizar esta medición se tomarán datos en condiciones iguales para cada uno de los escenarios y se llenará la siguiente tabla para documentar los resultados:

Tabla II. **Radiación solar promedio de varias instituciones**

MES	Radiación Solar W/m2 (INSIVIMEH)	Radiación Solar W/m2 (MEM)	Radiación Solar tomada en el lugar W/m2	Radiación Solar W/m <sup>2</sup> PVGIS
Marzo				
Abril				
Mayo				
Junio				
Julio				
Agosto				
Septiembre				
Octubre				
Noviembre				
Diciembre				

Fuente: elaboración propia.

#### 9.4. Fases del estudio

A continuación, se describen las fases del estudio. Se describirá el proceso por medio del cual se realizará, se indicará las técnicas que aplicarán y las actividades que se realizarán.

##### 9.4.1. Fase 1: Revisión documental

La investigación bibliográfica comprende de realizar una investigación profunda sobre los temas relacionados a las variables de investigación para luego poder desarrollar una correcta estructura en la evaluación técnica y económica; entre las variables a desarrollar están los siguientes:

- Energía solar fotovoltaica
- Estudio técnico – económico
- Laboratorio

#### **9.4.2. Fase 2: Diseño y validación del estudio técnico**

En esta fase con base en la recopilación de datos se podrá realizar el correcto análisis de estos para el correcto dimensionamiento del laboratorio fotovoltaico; esto se logra con la ayuda de los valores de:

- Irradiación solar
- Ángulos de incidencia
- Dimensionamiento del laboratorio
- Cálculo de los paneles
- Potencia de los paneles

#### **9.4.3. Fase 3: Estudio económico**

La fase comprenderá de una evaluación de factibilidad realizando un análisis económico en el precio de energía de un espacio destinado al laboratorio fotovoltaico, para el análisis se tomarán en cuenta los siguientes aspectos:

- Consumo de energía
- Generación de energía
- Costo de un sistema fotovoltaico
- Inversión inicial
- Costo de operación y mantenimiento
- Tiempo de recuperación de la inversión

#### **9.4.4. Fase 4: Análisis e interpretación de resultados**

En esta última fase de la investigación, se realizará un análisis de las fases anteriores y se llevará a cabo la toma de decisiones para poder responder las preguntas general y auxiliares en la investigación. Y con ello concluir si es viable técnica y económicamente la implementación de un laboratorio fotovoltaico.

## 10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Para el análisis del estudio técnico se realizará por medio de la revisión documental de la radiación solar, trabajo de campo para visitar y conocer el área disponible para la instalación del equipo del laboratorio.

Al mismo tiempo se apoyará en la estadística descriptiva ya que se utilizará como técnica para la recolección de datos, organizar y ordenar los datos de forma correcta para estimar los costos del equipo, para la realización se apoyará de la herramienta *Microsoft Excel* para el análisis en interpretación de los datos.

Para solicitar la información con respecto a la radiación se procederá a consultar fuentes como el INSIVUMEH, Ministerio de Energía y Minas, *software* PVGIS y la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica para obtener medidas del área y la gestión de los permisos correspondientes.

De igual forma para la elaboración del estudio se utilizará una computadora con acceso a internet y acceso a *Microsoft Office* para la elaboración de los indicadores TIR, VAN y la relación costo - beneficio que servirán para validar la factibilidad del estudio del laboratorio.

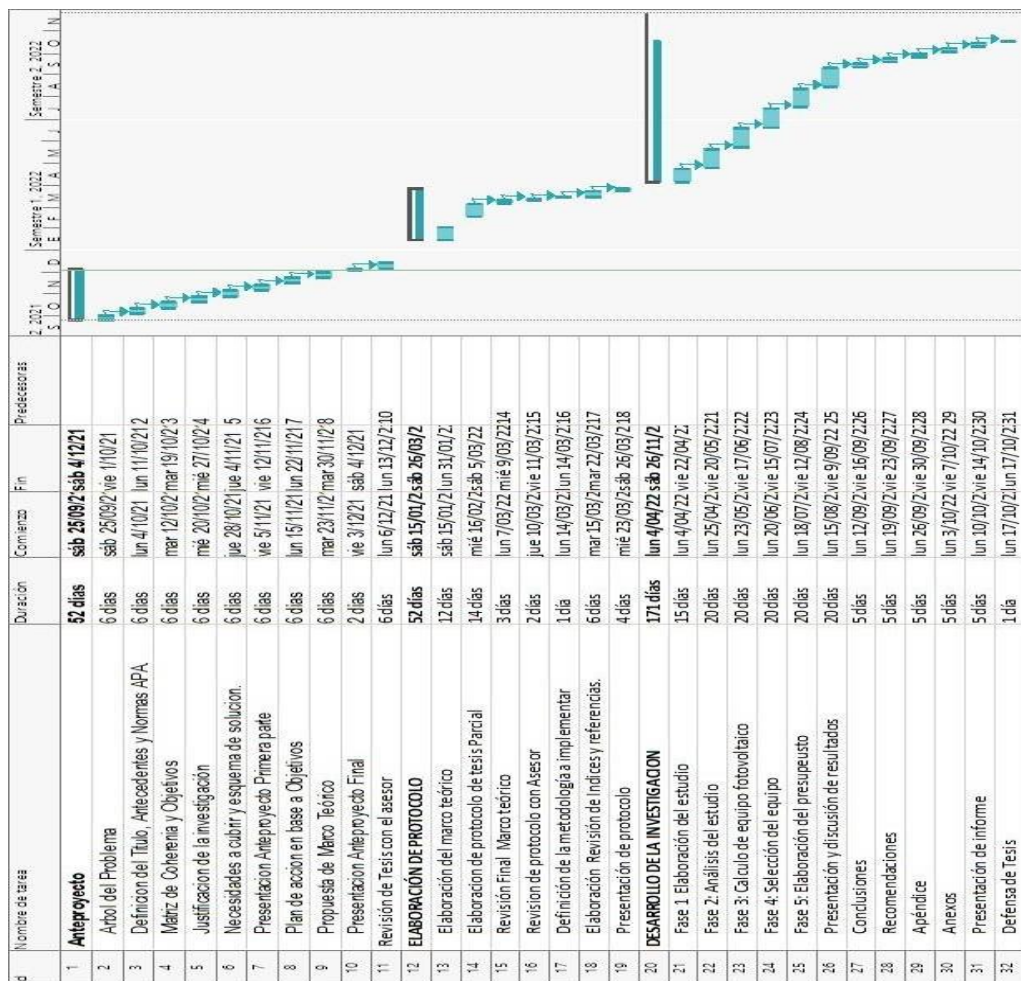




## 11. CRONOGRAMA

A continuación, se muestra un cronograma, donde se especifican las actividades y los tiempos para la realización de cada una de las actividades de la siguiente investigación.

Figura 9. Cronograma



Fuente: elaboración propia.



## 12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

El presente trabajo de investigación se realizará con recursos propios del estudiante de maestría. Ya que se trata de una investigación descriptiva, se tomarán en cuenta los siguientes recursos.

Tabla III. Recursos para la investigación

Recursos	Financiamiento	Unidades	Costo
<b>Humano</b>			
Asesor	Ad honorem	1	Q4,000.00
Investigador	Ad honorem	1	Q2,000.00
<b>Recurso Financiero</b>	No Aplica		
<b>Recurso Tecnológico</b>			
Computadora portátil	Investigador	1	Q6,000.00
Internet	Investigador	1	Q2,000.00
Hojas	Investigador	1	Q200.00
Impresiones	Investigador	1	Q500.00
Otros	Investigador	1	Q500.00
<b>Permisos</b>			
	Investigador		
<b>Transporte</b>			
Combustible	Investigador	1	Q1,000.00
<b>TOTAL</b>			<b>Q16,200.00</b>

Fuente: elaboración propia.

Los costos que representa el trabajo de investigación son razonables, por lo que se considera que el trabajo de investigación es viable desde el punto de vista económico, por lo tanto, se considera factible la realización del estudio.



## REFERENCIAS

1. AGER. (2021). *Energías Renovables*. Obtenido de Asociación de generadores con energía renovable: <https://ager.org.gt/energias-renovables/>
2. Bhubaneswari, P., S., I., & Ranko, G. (2011). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Elsevier, 15(3) 1625-1636.
3. Castro, F. D. (2020). *Viabilidad técnica del panel fotovoltaico aislado para la generación de energía eléctrica en una vivienda situada en huancayo*.
4. *Comisión General de Energía Eléctrica CNEE*. (12 de 10 de 2018). CNEE. Recuperado el 12 de 10 de 2018, de [www.cnee.gob.gt](http://www.cnee.gob.gt)
5. Contreras Castillo, S., Rojas Aguilar, J. S., & Forero, E. F. (2018). *Diseño de un prototipo para el mejoramiento de la enseñanza de energía fotovoltaica*. Encuentro Internacional de Educación en la Ingeniería ACOFI, 7.
6. Córdoba Padilla, M. (2011). *Formulación y Evaluación de Proyectos*. Colombia: Ecoe Ediciones.
7. Díaz Corcobado, T., & Carmona Rubio, G. (2010). *Instalaciones Solares GM*. McGraw-Hill.

8. Dogulas A. Skoog, S. R. (2008). *Principios de analisis instrumental*. Cengage Learning.
9. Energía, F. (2018). *Factor Energía*. Obtenido de Blog: Eficiencia energética
10. Herman López, H. R. (2016). *Estudio técnico para la reubicación de una empresa dedicada a la venta de equipos de cocina y prestadora de servicios de mantenimiento a equipos eléctricos, electrónicos, refrigeración y gas, en la ciudad de Guatemala. Guatemala*.
11. Hernández Chan, R. (2018). *Energías Renovables en Guatemala*. Obtenido de [www.mem.gob.gt](https://www.mem.gob.gt): <https://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2019/01/Energ%C3%ADas-Renovables-en-Guatemala.pdf>
12. Iberdrola. (2021). Obtenido de [iberdrola.com](https://www.iberdrola.com): <https://www.iberdrola.com/compromiso-social/radiacion-solar>
13. INDE. (29 de 09 de 2020). Obtenido de <https://www.inde.gob.gt/blogs/que-es-la-energia-hidraulica/#:~:text=La%20energ%C3%ADa%20hidr%C3%A1ulica%20es%20la,se%20transforma%20en%20energ%C3%ADa%20el%C3%A9ctrica>.
14. Industria, F. p. (2019). *Centro de formación técnica para la industria*. Obtenido de <https://www.cursosaula21.com/que-es-energia-solar-fotovoltaica/>

15. Ivan Dario, M., & Torres Suárez, E. (2019). *Construcción de un banco de pruebas solar fotovoltaico para el laboratorio de Ingeniería Mecánica de la Universidad Santo Tomas Tunja*. Santo Tomas Tunja.
16. MEM. (27 de 12 de 2018). *mem.gob.gt*. Obtenido de Energías Renovables en Guatemala: <https://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2019/01/Energ%C3%ADas-Renovables-en-Guatemala.pdf>
17. Minas, M. d. (06 de 02 de 2014). *Energías renovables en guatemala*. Obtenido de Dirección general de Energía: <https://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2012/04/Energ%C3%ADas-Renovables.pdf>
18. Miranda. (2012). *Gestión de proyectos*. Obtenido de [http://students.aiu.edu/submissions/profiles/resources/onlineBook/m7r2W5\\_Gestion%20de%20Proyectos%20good.pdf](http://students.aiu.edu/submissions/profiles/resources/onlineBook/m7r2W5_Gestion%20de%20Proyectos%20good.pdf)
19. Montaña, F. P. (2017). *Diseño de prácticas, selección de equipo y estudio eilicio para la implementación de un laboratorio de energía solar fotovoltaica para la maestría en ingeniería con énfasis en energías alternativas de la Universidad Libre sede Bogotá*. Bogotá.
20. Murcia Murcia, J. D., Díaz Piraquive, F. N., & Medellín Duarte, V. (2009). *Proyectos formulación y criterios de evaluación*. Bogotá: Alfaomega.



21. Pérez Denicia, E., Fernández Luqueño, F., Vilariño Ayala, D., Montaña Zetina, L. M., & Maldonado López, L. A. (2017). *Renewable energy sources for electricity generation in Mexico*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 78, 597-613.
22. Prieto Herrera, J. (2009). *Proyectos: enfoque gerencial*. Colombia: Ecoe Ediciones.
23. Rosales. (2005). *Capítulo del Estudio Técnico*. En Rosales, Estudio Técnico (pág. 170).
24. Tito, B. (4 de 05 de 2022). *Ingeniería Ambiental*. Obtenido de <https://ingenieriaambiental.net/energia-dela-biomasa/>
25. Vasquez, E. J. (2019). *Diseño de un sistema fotovoltaico autónomo para el suministro de energía eléctrica al laboratorio de Ingeniería Mecánica de la Universidad Politécnica Amazónica de Perú*. Pakamuros, 73 - 88.
26. Wikipedia. (2020). *La enciclopedia libre*. Obtenido de [es.wikipedia.org: https://es.wikipedia.org/wiki/Efecto\\_fotoel%C3%A9ctrico](https://es.wikipedia.org/wiki/Efecto_fotoel%C3%A9ctrico)