



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Química

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA EL ESTUDIO DE VIABILIDAD EN EL DISEÑO DE LA
INSTALACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO EN CASAS RODANTES EN
GUATEMALA**

Yasmin Ester Monzón Arrecis

Asesorado por el Mtro. Ing. Miguel Antonio Santizo Pacheco

Guatemala, noviembre de 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA EL ESTUDIO DE VIABILIDAD EN EL DISEÑO DE LA
INSTALACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO EN CASAS RODANTES EN
GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

YASMIN ESTER MONZÓN ARRECIS

ASESORADO POR EL MTRO. ING. MIGUEL ANTONIO SANTIZO PACHECO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO

INGENIERA QUÍMICA

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

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

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADORA	Inga. Adela María Marroquín González
EXAMINADOR	Ing. Williams Guillermo Alvarez Mejía
EXAMINADORA	Inga. Mercedes Esther Roquel Chávez
SECRETARIO	Mtro. 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 PARA EL ESTUDIO DE VIABILIDAD EN EL DISEÑO DE LA
INSTALACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO EN CASAS RODANTES EN
GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Posgrado, con fecha 29 de octubre de 2022.



Yasmin Ester Monzón Arrecis



EEPFI-PP-2092-2022

Guatemala, 16 de noviembre de 2022

Director
Williams G. Álvarez Mejía
Escuela De Ingeniería Química
Presente.

Estimado Ing. Álvarez

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 PARA EL ESTUDIO DE VIABILIDAD EN EL DISEÑO DE LA INSTALACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO EN CASAS RODANTES EN GUATEMALA**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Diseño - Diseño y operación de proyectos Solares y Eólicos - Principios de energía fotovoltaica**, presentado por la estudiante **Yasmin Ester Monzón Arrecis** carné número **201602930**, 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"


Miguel Antonio Santizo Pacheco
INGENIERO ELECTRICISTA
No. 6794

Mtro. Miguel Antonio Santizo Pacheco
Asesor(a)


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
ESCUELA DE POSTGRADO
FACULTAD DE INGENIERIA
DE GUATEMALA

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


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





EEP.EIQ.1713.2022

El Director de la Escuela De Ingenieria Quimica de la Facultad de Ingeniería 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 PARA EL ESTUDIO DE VIABILIDAD EN EL DISEÑO DE LA INSTALACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO EN CASAS RODANTES EN GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Yasmin Ester Monzón Arrecis**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Williams G. Álvarez Mejía; Mg.I.Q., M.U.I.E.
Director
Escuela De Ingenieria Quimica

Guatemala, noviembre de 2022

LNG.DECANATO.OI.806.2022

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 Química, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA EL ESTUDIO DE VIABILIDAD EN EL DISEÑO DE LA INSTALACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO EN CASAS RODANTES EN GUATEMALA**, presentado por: **Yasmin Ester Monzón Arrecis**, 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, noviembre de 2022

AACE/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por permitirme realizar una más de mis metas y darme la fortaleza para seguir adelante.
Mis padres	Byron Eduardo Monzón y Alma Raquel Arrecis por su apoyo incondicional, su ejemplo, su amor y sacrificio para que pueda cumplir esta meta.
Mis hermanos	Garvin Alexander Guzman y Jonatan Eduardo Monzón por su apoyo y cariño.
Mi Bisabuela	María Simona González (q. e. p. d.) por sus sabios consejos y por todo el amor que me dio durante mi vida.
Mi novio	Ramón Arnoldo Jácome por su constante ayuda, apoyo y amor durante estos años.
Mi familia	Por su cariño y apoyo para que pueda cumplir una más de mis metas.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser el <i>alma mater</i> que permitió nutrirme de conocimiento.
Facultad de Ingeniería	Por proporcionarme los conocimientos que me han permitido realizar este trabajo de graduación.
Escuela de Postgrado	Por permitirme culminar mi carrera por medio de su programa de estudios.
Mis amigos	Por haberme acompañado y apoyado durante la carrera.
Asesor de tesis	Mtro. Ing. Miguel Antonio Santizo Pacheco, por haberme guiado durante el trabajo de graduación.
Revisora de tesis	M.A. Ing. Karen Michelle Martínez por su tiempo y ayuda para poder realizar este 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	5
3.1. Descripción del problema	5
3.2. Formulación del problema	6
3.3. Delimitación del problema	6
4. JUSTIFICACIÓN	9
5. OBJETIVOS	11
5.1. General	11
5.2. Específicos	11
6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN	13
7. MARCO TEÓRICO	15
7.1. Energía	15
7.1.1. Energía renovable	15

7.1.2.	Energía solar	15
	7.1.2.1. Radiación solar	16
7.2.	Sistema fotovoltaico	16
7.2.1.	Células solares	17
	7.2.1.1. Células de silicio cristalino	17
	7.2.1.2. Células de silicio amorfo	17
7.2.2.	Tipos de sistemas fotovoltaico	17
	7.2.2.1. Off-grid	17
	7.2.2.2. Sistemas híbridos	18
	7.2.2.3. On-grid	19
	7.2.2.4. Sistemas de bombeo solar	20
7.2.3.	Cálculo de componentes de radiación solar	20
7.3.	Componentes de un sistema fotovoltaico	21
7.3.1.	Modulo fotovoltaico	21
7.3.2.	Regulador de carga	21
7.3.3.	Batería	22
7.3.4.	Inversor de corriente	22
	7.3.4.1. Inversor de corriente DC/AC	22
	7.3.4.2. Inversor cargador	22
	7.3.4.3. Inversor de interconexión	23
7.4.	Seguimiento Solar	23
7.5.	Evaluación económica	24
	7.5.1. Valor presente neto (VPN)	24
	7.5.2. Tasa interna de retorno (TIR)	24
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS	27
9.	METODOLOGÍA	31
9.1.	Tipo de estudio	31

9.2.	Fases del estudio	31
9.2.1.	Fase 1: Investigación bibliográfica.....	31
9.2.2.	Fase 2: Recolección de datos.....	32
9.2.2.1.	Consumo energético.....	32
9.2.2.2.	Costos de energía.....	32
9.2.2.3.	Costo de instalación.....	32
9.2.3.	Fase 3: Análisis de datos.....	33
9.2.3.1.	Cálculo de consumo energético.....	33
9.2.3.2.	Diseño de sistema fotovoltaico	33
9.2.3.3.	Cálculo del valor presente neto.....	33
9.2.3.4.	Cálculo de tasa de interna de retorno	34
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....	35
11.	CRONOGRAMA.....	37
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	41
13.	REFERENCIAS.....	43
14.	APÉNDICES.....	47

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Elementos de un sistema fotovoltaico tipo Off-grid	18
2.	Elementos de un sistema fotovoltaico tipo híbrido	19
3.	Elementos de un sistema fotovoltaico tipo On-grid	20

TABLAS

I.	Cronograma seminario I.....	37
II.	Cronograma seminario II.....	38
III.	Cronograma seminario III.....	39
IV.	Recursos Financieros.....	41

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
H	Hora
=	Igual
J	Joule
kW	Kilovatio
kV	Kilovoltio
≥	Mayor que o igual
<	Menor que
%	Porcentaje
Q	Quetzales
W	Watt

GLOSARIO

Abastecimiento	Cubrir ciertas necesidades.
Aceleración	Proceso en donde la velocidad cambia.
Atmósfera terrestre	Parte gaseosa de la Tierra, es la capa externa y menos densa del planeta.
Bateria	Transformador de energía eléctrica.
Cargas eléctricas	Fuerzas de atracción o de repulsión entre partículas subatómicas.
Células fotovoltaicas	Dispositivo que transforma la energía lumínica en energía eléctrica.
Combustibles fósiles	Carbón, petróleo, gas natural y gas licuado.
Conductor	Material que ofrece poca resistencia al movimiento de la carga eléctrica.
Corriente alterna	Corriente con dirección de flujo de electrones a intervalos regulares o en ciclos.
Corriente directa	Corriente con dirección constante de electrones.

Corriente eléctrica	Flujo de carga eléctrica que recorre un material.
Factor de carga	Carga promedio dividida por la carga máxima en un período de tiempo específico.
Generador	Máquina que transforma energía mecánica en energía eléctrica.
Humedad	Medida que indica la cantidad de vapor de agua en el aire.
Irradiación solar	Potencia por unidad de área recibida del Sol.
MPPT	Maximum Power Point Tracker. Seguidor de Punto de Máxima Potencia.
Paneles solares	Recolector de luz solar para transformarla en energía.
Potencia eléctrica	Cantidad de energía eléctrica transferida de una fuente generadora a un elemento consumidor por unidad de tiempo.
PWM	Pulse-Width Modulation. Ancho de Pulso Modulado.
Radiación Electromagnética	Emisión, propagación y transferencia de energía en cualquier medio en forma de ondas electromagnéticas o partículas.
Rendimiento	Proporción entre el producto y los medios utilizados.

Red eléctrica	Red interconectada que suministra electricidad desde los proveedores hasta los consumidores.
Semiconductor	Material que actua como conductor de corriente pero depende de variables.
Sistema fotovoltaico	Material que actua como conductor de corriente pero depende de variables.
Sostenible	Satisface las necesidades siendo economica y ambientalmente rentable.

RESUMEN

El propósito de la investigación es demostrar la viabilidad de la aplicación de este tipo de proyectos e instalaciones para el abastecimiento de energía eléctrica en casas rodantes, como respuesta ante el alto consumo que estas representan, generando para ello una base de datos bibliográficos en los que se hará una recopilación de los criterios y diseño de metodologías aplicadas para el área de estudio.

Por medio de documentos como artículos científicos y libros, se procedió a definir los criterios de diseño fotovoltaico y la aplicabilidad de paneles solares en casas rodantes, que sea capaz de adecuarse a las necesidades de electrodomésticos dentro. Para demostrar la viabilidad del diseño propuesto, se llevó a cabo un análisis económico y una modelación en tres dimensiones del sistema fotovoltaico.

Se determinó que la propuesta planteada de diseño del sistema fotovoltaico para una casa rodante es viable y capaz de ajustarse a las necesidades de energía eléctrica dentro de ella.

El diseño teórico se llevó a cabo bajo una muestra de 1 casa y una aproximación de 4 personas por cada familia guatemalteca en el área de interés.

1. INTRODUCCIÓN

El uso de casas rodantes conlleva la utilización de energía eléctrica para el funcionamiento de los electrodomésticos que se utilizan dentro de ellas. Este consumo energético tiene consecuencias económicas y ambientales, como lo son el costo de producción de la energía eléctrica a través de sistemas electrógenos que contribuyen a la contaminación global y generación de gases de efecto invernadero, así como el agotamiento de recursos energéticos.

Con la implementación de un sistema fotovoltaico en las casas rodantes se busca reducir el alto consumo energético, ya que este sistema permite abastecer energía eléctrica a los electrodomésticos dentro de las casas rodantes y así utilizar energía limpia para el ambiente y económica en comparación a la energía eléctrica proveniente de un generador.

Esta investigación permite por medio de un estudio económico determinar la rentabilidad de la utilización de paneles solares para abastecer la energía eléctrica en casas rodantes en Guatemala y la modelización de este sistema.

Para determinar la rentabilidad del sistema fotovoltaico se realizará un estudio del consumo energético para poder establecer el costo que se tiene en una casa rodante normal utilizando energía no renovable y el costo de instalación de un sistema fotovoltaico, estos datos permitirán que a partir del cálculo del valor presente neto y el de la tasa interna de retorno se pueda estimar la rentabilidad para la implementación de este proyecto energético en las casas rodantes.

En el capítulo 1 de esta investigación se definirán los conceptos básicos sobre energía y los diferentes tipos de energía haciendo énfasis en la energía solar, luego se establecerán los distintos tipos de sistemas fotovoltaicos, y los diferentes tipos de celdas en el capítulo 2. Con los conceptos anteriores podemos adentrarnos a los componentes fundamentales para esta instalación los cuales ayudarán en el análisis económico de inversión inicial necesaria para este proyecto, esto se encuentra en el capítulo 3. Por último, en el capítulo 4 se introduce el concepto de seguimiento solar y en el capítulo 5 se definen los métodos económicos necesarios para estimar la viabilidad de la implementación del sistema fotovoltaico en casas rodantes.

2. ANTECEDENTES

Los siguientes estudios tienen como propósito contribuir a esta investigación y establecer un antecedente del estudio de una alternativa para el consumo energético.

Últimamente la humanidad ha consumido irracionalmente combustibles fósiles y este consumo acelerado ha causado daños relevantes en el ecosistema ya que el uso de combustibles fósiles emite gases de efecto invernadero aumentando el calentamiento global y causando daños ambientales al planeta. Por esta razón es importante la búsqueda de energías alternativas que no contribuyan al deterioro del medio ambiente. La energía solar se considera como una de las fuentes más importantes porque de una forma directa o indirecta esta energía es la originaria de casi todas las fuentes renovables. (Ferrer et al., 2018)

Existen muchos factores que se deben tomar en cuenta para la obtención de energía solar fotovoltaica, Ferrer (2018) en su artículo sobre el Análisis del factor de carga de un sistema eléctrico aislado con fuentes renovables de energía explica que esta es variable con el tiempo y se encuentra en función de la irradiación total en el plano horizontal y de otros factores como la temperatura, humedad y velocidad del viento.

El interés en la energía solar se ha incrementado en los últimos años esto se debe a que esta energía es más atractiva por ser una fuente de energía limpia, gratuita y también por la cantidad de energía solar disponible que actualmente llega a la superficie terrestre. Existen diferentes métodos o tecnologías para generar electricidad a partir de la energía solar, sin embargo los sistemas

fotovoltaicos son los más utilizados por su aplicación en viviendas y por su bajo costo y producción. (Vega, 2018)

El mercado mundial de células fotovoltaicas esta creciendo, en países en vías de desarrollo se puede ver el avance energético gracias a sistemas fotovoltaicos instalados, hace apenas unos años esta tecnología parecía lejana pero han ido incrementando rápidamente y hoy en día la construcción de estos sistemas es más frecuente. (Puig et al., 2019)

La fuerza del cambio climático y el calentamiento global está encontrando nuevas formas de producir electricidad de forma limpia y sostenible. Las células solares son una de las tecnologías más importantes para este propósito. Pero la cantidad de energía generada es diferente y depende de la cantidad de radiación solar. (Llana, 2021)

En el artículo de la Revista Científica Tecno Humanismo sobre la importancia del seguimiento solar en las instalaciones fotovoltaicas, Llana (2021) explica que uno de los principales problemas de la energía solar es que no se logra aprovechar toda la radiación solar durante el día y esto se debe a que se instalan en una posición fija y una manera de solucionar este problema es por medio de instalaciones con seguimiento solar sin embargo este tipo de instalaciones no es rentable por su alto costo de instalación y mantenimiento.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1. Descripción del problema

Según el “estudio de mercado para la creación de un servicio de casas rodantes en la ruta del Spondylus” de Tapia Zevallos el uso de casas rodantes en el mundo incrementa anualmente un 13.22 %. Sin embargo, el uso de casas rodantes implica la utilización de electrodomésticos esenciales para transformar un simple vehículo con todas las comodidades necesarias para ser un hogar, como lo pueden ser estufa eléctrica, refrigerador, entre otros. Estos electrodomésticos utilizan energía eléctrica la cual necesita ser alimentada por un generador de combustible diésel y esto representa un alto consumo de energía eléctrica no renovable.

El consumo energético de estas casas rodantes hace que este método de transporte y vivienda no sea amigable con el ambiente y sea costoso ya que el alto consumo energético representa un alto costo económico y puede disminuir utilizando un sistema fotovoltaico.

Otro de los factores importantes a considerar es que este alto consumo energético en el uso de casas rodantes representa el agotamiento de los recursos no renovables lo cual provoca la emisión de gases de efecto invernadero al viajar, por lo que al utilizarlas se obtienen consecuencias en el clima y se aporta a la contaminación global. (Llana, 2021)

3.2. Formulación del problema

Por lo anterior mencionado se determinaron las siguientes preguntas de investigación:

- Pregunta general
 - ¿Cuál es la viabilidad económica en la implementación de un diseño de celdas fotovoltaicas para el abastecimiento de energía eléctrica necesario en una casa rodante?

- Preguntas específicas
 - ¿Cuál es el consumo de energía eléctrica de una casa rodante promedio en Guatemala?

 - ¿Cuáles serían los criterios técnicos para el diseño de un sistema fotovoltaico instalado en una casa rodante?

 - ¿Cuál es la viabilidad económica de la implementación de un diseño de celdas fotovoltaicas en una casa rodante?

3.3. Delimitación del problema

Para poder desarrollar la investigación, es necesario considerar ciertos factores como que el diseño de un sistema fotovoltaico en una casa rodantes se llevará de forma teórica, en base a un cálculo de consumo energético promedio de electrodomésticos necesarios para el funcionamiento de dicha casa rodante,

se considera la radiación solar obtenida en Guatemala y costos de consumo energético de este país.

4. JUSTIFICACIÓN

La realización de la presente investigación se basa en la línea de investigación de gestión y uso eficiente de la energía, del área energética y subtema de aspectos técnicos, económicos y ambientales en el uso y aprovechamiento de recursos energéticos.

Mediante el análisis económico de la instalación de un sistema de celdas fotovoltaicas se busca el abastecimiento de energía eléctrica. La instalación de paneles solares en una casa rodante para la alimentación de electrodomésticos permite la reducción del uso de combustibles fósiles y el uso de energía limpia en lugar del agotamiento de recursos no renovables. La utilización de esta energía en la casa rodante tendrá un impacto ambiental y económico haciendo más viable el uso de este tipo de transporte.

Con esta investigación se pretende determinar el ahorro económico que se tendrá al instalar paneles solares y la tasa interna de retorno para establecer si este proyecto es rentable o no ponerlo en práctica.

Este estudio va dirigido principalmente a familias o personas que viajan distancias grandes y usan esta alternativa de transporte ya que al usar este medio de transporte pueden reducir gastos en hoteles y obtener una mayor comodidad, y al concluir que es rentable la instalación de paneles solares se podrá tomar esta investigación como referencia para la implementación y diseño de la instalación de un sistema fotovoltaico.

Las conclusiones de esta investigación permitirán el desarrollo de este sistema el cual tendrá una disminución en el consumo energético que representa un impacto ambiental y económico en los viajes de familias y personas que viajan en Guatemala y se puede implementar como alternativa de vivienda con un costo económico bajo.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Proponer el diseño de un sistema fotovoltaico capaz de abastecer energía eléctrica a una casa rodante para que sea sostenible y rentable económicamente.

5.2. Específicos

- Caracterizar el consumo promedio de energía eléctrica en una casa rodante.
- Proponer el diseño del sistema fotovoltaico, a partir de criterios técnicos, para el abastecimiento de energía eléctrica en una casa rodante.
- Determinar la viabilidad económica de la instalación del diseño fotovoltaico propuesto para una casa rodante.

6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

El uso de casa rodantes con una instalación de celdas fotovoltaicas hará que el uso de estas sea autosostenible ya que este sistema será capaz de abastecer energía a los electrodomésticos esenciales. La instalación de estos sistema podría representar un costo menor al uso de casas rodantes normales, ya que al colocar paneles solares los electrodomésticos no consumen energía eléctrica de ningún generador sino al contrario energía solar que se obtiene de los paneles solares. La investigación surge debido al alto consumo energético que producen las casas rodantes, la demanda de este uso de transporte esta aumentando año tras año alrededor del mundo, por lo que la implementación de paneles solares ayuda a reducir el alto costo energético y costo económico que las casas rodantes representan.

Una de las principales ventajas de este diseño de investigación es determinar que la instalación de un sistema fotovoltaico en una casa rodante permite el aprovechamiento de la luz solar y una mayor eficiencia ya que estos paneles se mueven constantemente y es posible utilizar la radiación del sol en distintos ángulos ya que el sol se mantiene en constante movimiento durante el día.

La instalación de este sistema fotovoltaico permite abastecer energía a los electrodomésticos por lo que las casas rodantes únicamente utilizarían combustibles fósiles para el movimiento del vehículo. Esto beneficia económicamente a las comunidades que suelen utilizar este tipo de transporte y a los que comienzan a verlo como una alternativa de viaje por esta razón se

busca que el uso de esta tecnología en casas rodantes permita que esa accesible para las familias y personas interesadas en usar este transporte en Guatemala.

7. MARCO TEÓRICO

El uso de energía solar para generación de energía eléctrica nos permite tener una alternativa ambiental y económicamente viable para sustituir este consumo energético, por lo que es importante establecer los conceptos básicos y técnicos necesarios para comprender una instalación fotovoltaica.

7.1. Energía

Carvallo (2021) explica que la energía es la capacidad para producir trabajo, una de las características principales de la energía es la capacidad de transformarse en otras formas de energía como en energía cinética, eléctrica, gravitatoria, química, nuclear, radiante, magnética, entre otras.

7.1.1. Energía renovable

Las energías renovables son las que se producen de forma continua y son inagotables. Existen diferentes tipos de energía renovables entre ellas la energía eólica, geotérmica, hidráulica, marina, biomasa y solar. (Carvallo, 2021)

7.1.2. Energía solar

La energía solar es una de las mayores fuentes de energía renovables siendo destacada por tener recursos ilimitados, ya que se toma la energía directamente de la radiación solar, sin embargo, no se logra a un alto rendimiento como otras energías renovables. La cantidad de energía que llega a la Tierra por medio de la radiación solar es diez mil veces mayor que el consumo energético

actual por lo que se dispone de suficiente energía, pero el problema es que no se aprovecha al máximo. (Vega, 2018)

La potencia que el Sol irradia y logra llegar a la atmósfera terrestre es aproximadamente de 1367 W/m^2 , con una variación de 3% dependiendo de la estación del año y un 1.5 % que influyen factores de actividad solar. (Llana, 2021)

7.1.2.1. Radiación solar

La radiación electromagnética son ondas que se producen por la aceleración de las cargas eléctricas cuando llegan a la tierra, Fernández (2017) menciona que sólo el 50% de estas ondas alcanzan la superficie terrestre y puede ser de forma directa o se dispersa por la atmosfera.

7.2. Sistema fotovoltaico

La energía fotovoltaica se refiere al aprovechamiento de la radiación solar para transformarla directamente en energía eléctrica por medio del efecto fotovoltaico. El efecto fotovoltaico es la emisión de electrones de un material cuando este se ilumina con radiación electromagnética, donde se obtiene energía eléctrica por medio de células fotovoltaicas. (Montoya Rasero, 2010)

Los sistemas fotovoltaicos generan electricidad a partir de radiación solar, lo que lo hace una alternativa para reducir el consumo de energía y aumentar la eficiencia. (Mejía, 2019)

7.2.1. Células solares

Las células fotovoltaicas se pueden dividir en dos dependiendo de su estructura, como lo pueden ser células de silicio cristalino o amorfo.

7.2.1.1. Células de silicio cristalino

Las células de silicio cristalino son las fopilas más comunes. El termino cristalino se refiere al grupo perfecto de átomos ya que el silicio es un cristal. Las células que están formadas por un solo cristal se denominan monocristalino y cuando el silicio está formado por más de un cristal se denominan multicristalino o policristalino. (Carvallo, 2021)

7.2.1.2. Células de silicio amorfo

Las células de silicio amorfo se refieren a que tienen una estructura desordenada (vidrioso). Este tipo de material tiene deformaciones debido a que los átomos se encuentran unidos a tres átomos en vez de cuatro. El silicio amorfo es un mal semiconductor ya que existen uniones pendientes. (Carvallo, 2021)

7.2.2. Tipos de sistemas fotovoltaico

Existen tres diferentes tipos de sistemas fotovoltaicos, el sistema Off-grid, On-grid y sistemas fotovoltaicos híbridos.

7.2.2.1. Off-grid

Los sistemas fotovoltaicos de tipo off-grid se utilizan en zonas alejadas donde no se tiene energía convencional ya que este sistema debe abastecer

principalmente la demanda diaria de energía que necesitan los usuarios. La corriente puede ser alterna o continua. (Carvallo, 2021)

Figura 1. **Elementos de un sistema fotovoltaico tipo Off-grid**



Fuente: Carvallo (2021). *Diseño de un sistema fotovoltaico en la carrocería de una unidad médica móvil para suministrar energía eléctrica a equipos biomédicos en zonas alejadas de Lambayeque.*

7.2.2.2. **Sistemas híbridos**

Los sistemas híbridos tienen dos fuentes de energía las cuales pueden funcionar una después de la otra o funcionar ambas al mismo tiempo dependiendo del diseño del sistema y dimensionamiento. (Carvallo, 2021)

Figura 2. Elementos de un sistema fotovoltaico tipo híbrido



Fuente: Carvallo (2021). *Diseño de un sistema fotovoltaico en la carrocería de una unidad médica móvil para suministrar energía eléctrica a equipos biomédicos en zonas alejadas de Lambayeque.*

7.2.2.3. On-grid

Los sistemas fotovoltaicos on-grid son los sistemas que necesitan una red eléctrica ya existente de la cual se conectan para inyectar energía directamente a los usuarios. (Carvallo, 2021)

Figura 3. **Elementos de un sistema fotovoltaico tipo On-grid**



Fuente: Carvallo (2021). *Diseño de un sistema fotovoltaico en la carrocería de una unidad médica móvil para suministrar energía eléctrica a equipos biomédicos en zonas alejadas de Lambayeque.*

7.2.2.4. **Sistemas de bombeo solar**

Los sistemas fotovoltaicos se utilizan regularmente en aplicaciones agrícolas y de agua potable, la energía que se obtiene de los paneles pasa a un controlador de bomba la cual controla la bomba solar. (Carvallo, 2021)

7.2.3. **Cálculo de componentes de radiación solar**

Para calcular la energía producida por un sistema fotovoltaico o modelar su evolución temporal va a ser primordial disponer de información acerca de la radiación incidente en el plano de su generador. Una vez que se debería profetizar la energía producida por el sistema en una época futuro, el problema a solucionar se basa en estimar la irradiancia que recibirá desde la información disponible sobre el comportamiento de la radiación en ese sitio. Una vez que hablamos de un ejercicio de estudio del comportamiento del sistema fotovoltaico,

el problema se basa en traducir los valores de radiación accesibles en los que corresponden a la inclinación y orientación del generador. (Lamigueiro, 2011)

7.3. Componentes de un sistema fotovoltaico

Los componentes de un sistema fotovoltaico son varios pero pueden simplificarse en cuatro principales como lo son el módulo fotovoltaico, el regulador de carga la batería y el inversor de corriente.

7.3.1. Modulo fotovoltaico

Los módulos fotovoltaicos permiten utilizar los rayos del sol como energía ya que recogen la energía térmica y la convierte en energía para producir electricidad. Los módulos fotovoltaicos también llamados paneles solares cuentan con diversas células que aprovechan el efecto fotovoltaico para generar corriente eléctrica. Estos deben estar en contacto directo a los rayos del sol, una célula independiente es capaz de proporcionar una tensión de algunas décimas de voltio y una potencia máxima de 1 o 2 Watts. Por esta razón se debe determinar el número de células conectadas en serie necesarias para producir tensiones de diferentes rangos. (Vega, 2018)

7.3.2. Regulador de carga

Carvallo (2021) explica que el regulador de carga es el encargado de administrar la energía que se generó en el panel y protege de sobrecargas o sobre descargas, de cortocircuitos, de sobretensiones y de batería baja a la batería para que esta tenga un mayor tiempo de vida útil. El regulador es también llamado controlador de carga, este debe indicar la capacidad de la batería, así

como su estado de carga y su corriente de entrada. Existen dos tipos de reguladores del tipo PWM y MPPT.

7.3.3. Batería

La batería se utiliza para suministrar corriente al circuito esto es en caso de que la energía captada por el módulo no sea suficiente para el accionamiento de la carga. (Vega, 2018)

7.3.4. Inversor de corriente

Existen diferentes tipos de inversores de corriente estos tienen corriente continua en la entrada y corriente alterna en la salida la cual se utiliza directamente en equipos domésticos. (Carvallo, 2021)

7.3.4.1. Inversor de corriente DC/AC

El inversor de corriente DC/AC invierte la corriente continua en corriente alterna monofásica, la carga instalada debe ser menor a la potencia del inversor. Se puede generar una red alterna trifásica si se unen tres inversores enlazados por medio de algún medio de comunicación, estos inversores deben tener el mismo tamaño y tener una carga trifásica como motores o bombas. (Carvallo, 2021)

7.3.4.2. Inversor cargador

El inversor cargador tiene corriente continua en la entrada, en la salida corriente alterna y una entrada adicional la cual ingresa energía hacia el sistema

para abastecer la carga y hacer que el inversor/cargador pueda funcionar como cargador y dar la energía necesaria a las baterías. (Carvallo, 2021)

7.3.4.3. Inversor de interconexión

Los inversores de interconexión tienen corriente continua en la entrada y la salida se conecta a una red existente que inyecta energía. Este puede contar con comunicación para monitoreo remoto dependiendo de la gama del inversor y de la potencia se puede seleccionar en monofásico o trifásico. (Carvallo, 2021)

7.4. Seguimiento Solar

Es necesario captar la mayor cantidad de radiación solar para tener una potencia de salida máxima de un panel fotovoltaico para esto se utilizan seguidores solares lo cuales pueden seguir la dirección del sol para que los rayos incidan perpendicularmente sobre el módulo y siga desde el este hasta el oeste con esto puede capturar la mayor cantidad de energía. (Vega, 2018)

La energía obtenida de la radiación solar depende del tiempo y de otros factores como la irradiación total en el plano horizontal, la temperatura, la velocidad del viento, la humedad, entre otras. Estas variables provocan variaciones en la tensión del punto de conexión con la red y en la frecuencia del sistema. Estas variables de la energía solar fotovoltaica dependen de la capacidad de la central fotovoltaica (CFV), de la zona donde se instalan y del punto de conexión. (Ferrer et al., 2018)

7.5. Evaluación económica

Para tener un criterio económico en la decisión de un proyecto se puede utilizar la herramienta Tasa Interna de Retorno (TIR) la cual va de la mano del Valor Presente Neto (VPN).

7.5.1. Valor presente neto (VPN)

El valor presente neto o también llamado valor actual neto indica si hay ganancia financieramente, esto se realiza midiendo el flujo de ingresos y egresos y restando la inversión inicial. (Carvallo, 2021)

La fórmula del valor presente neto se puede simplificar en:

$$VAN = \sum_{n=0}^N \frac{I_n - E_n}{(1 + i)^n}$$

Donde:

- I_n = Ingresos
- E_n = Egresos
- n = Número de periodos (Carvallo, 2021)

7.5.2. Tasa interna de retorno (TIR)

La TIR es un método para determinar la rentabilidad del proyecto por medio de la comparación entre la TIR obtenida y la tasa de descuento. Para esto se define el VAN igual a 0.

$$VAN = -I + \sum_{i=1}^N \frac{Q_i}{(1 + TIR)^i} = 0$$

Donde:

Qi : Es el flujo de caja en el periodo i (Carvallo, 2021)

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SIMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

JUSTIFICACIÓN

HIPÓTESIS

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Energía

1.1.1. Energía renovable

1.1.2. Energía solar

1.1.2.1. Radiación solar

1.2. Sistema fotovoltaico

1.2.1. Células solares

1.2.1.1. Células de silicio cristalino

1.2.1.2. Células de silicio amorfo

1.2.2. Tipos de sistemas fotovoltaicos

1.2.2.1. Off-grid

1.2.2.2. Sistemas híbridos

1.2.2.3. On-grid

- 1.2.2.4. Sistemas de bombeo solar
 - 1.2.3. Cálculo de componentes de radiación solar
 - 1.3. Componentes de un sistema fotovoltaico
 - 1.3.1. Modulo fotovoltaico
 - 1.3.2. Regulador de carga
 - 1.3.3. Batería
 - 1.3.4. Inversor de corriente
 - 1.3.4.1. Inversor de corriente DC/AC
 - 1.3.4.2. Inversor cargador
 - 1.3.4.3. Inversor de interconexión
 - 1.4. Seguimiento Solar
 - 1.5. Evaluación económica
 - 1.5.1. Valor presente neto (VPN)
 - 1.5.2. Tasa interna de rentabilidad (TIR)
- 2. DETERMINACIÓN DE CONSUMO ENERGÉTICO
 - 2.1. Electrodomésticos esenciales
 - 2.2. Caracterización de electrodomésticos
 - 2.3. Costos de energía consumida promedio
- 3. MODELIZACIÓN DEL DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO
 - 3.1. Estructuración de componentes fotovoltaicos necesarios
 - 3.2. Proyección del diseño fotovoltaico
- 4. EVALUACIÓN ECONÓMICA
 - 4.1. Valor presente neto
 - 4.2. Tasa interna de retorno
- 5. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

ANEXOS

9. METODOLOGÍA

La presente investigación es de tipo teórico, se tomarán en cuenta estudios anteriormente propuestos sobre diseños fotovoltaicos y se aplicará en una unidad móvil utilizada para vivienda y transporte. Esta investigación permite determinar la viabilidad económica de la implementación de esta tecnología.

9.1. Tipo de estudio

El presente estudio es cuantitativo pretende determinar de forma teórica el beneficio de la implementación de un sistema fotovoltaico por medio de un análisis económico de valor presente neto y tasa interna de retorno.

9.2. Fases del estudio

Este estudio se dividirá en tres diferentes fases, comenzando por la investigación bibliográfica, luego la recolección de datos y por último el análisis de datos.

9.2.1. Fase 1: Investigación bibliográfica

En esta etapa se estudiará la bibliografía recolectada que permita entender el funcionamiento de un sistema fotovoltaico y el equipo necesario para la instalación. Se investigará la teoría sobre tipos de análisis económicos y sus procedimientos para poder realizarlos con los datos obtenidos.

9.2.2. Fase 2: Recolección de datos

Para la recolección de datos se utilizará un método cuantitativo teórico tomando como referencia cotizaciones realizadas a empresas que proveen los componentes de un sistema fotovoltaico e investigación de consumo energético de electrodomésticos esenciales.

9.2.2.1. Consumo energético

Se tomarán los datos sobre la cantidad de electrodomésticos que consumirán energía eléctrica dentro de la casa rodante y el consumo energético de cada uno. Esto permitirá saber la cantidad de energía que el sistema fotovoltaico deberá abastecer para que funcione con energía solar sin la necesidad de un generador eléctrico a base de combustibles fósiles.

9.2.2.2. Costos de energía

Se recolectarán los datos del costo de energía actual en Guatemala para poder realizar un análisis comparativo del costo del uso de la casa rodante utilizando energía eléctrica convencional con el costo de la instalación del sistema fotovoltaico.

9.2.2.3. Costo de instalación

La recolección de los costos de instalación permitirá determinar la inversión inicial y así hacer un análisis económico para definir el tiempo de retorno de inversión. Estos datos se obtendrán por medio de cotizaciones realizadas a empresas encargadas de la distribución de los componentes necesarios para un sistema fotovoltaico.

9.2.3. Fase 3: Análisis de datos

La fase de análisis de datos se divide en los principales cálculos como el consumo energético, el diseño fotovoltaico y los dos cálculos económicos que son el valor presente neto y la tasa interna de retorno.

9.2.3.1. Cálculo de consumo energético

La energía consumida por los electrodomésticos se mide en KWh (Kilovatios hora). Para determinar el consumo energético promedio de la casa rodante se tomará aproximando el tiempo de uso de cada aparato eléctrico y los KW que estos consumen.

$$\text{Consumo} = \text{Potencia} * \text{Tiempo}$$

9.2.3.2. Diseño de sistema fotovoltaico

El diseño se modelará por medio del software *Sketchup* utilizando como referencia los datos bibliográficos recolectados anteriormente para determinar los componentes necesarios del sistema fotovoltaico.

9.2.3.3. Cálculo del valor presente neto

El valor presente neto permitirá obtener el costo total de la instalación del sistema fotovoltaico tomando en cuenta mantenimientos o gastos posteriores y traerlos al presente para observar el beneficio neto que se tendrá al implementar este proyecto.

$$VAN = \sum_{n=0}^N \frac{I_n - E_n}{(1 + i)^n}$$

Donde:

- I_n = Ingresos
- E_n = Egresos
- n = Número de períodos

9.2.3.4. Cálculo de tasa de interna de retorno

La tasa de interna de retorno (TIR) permite conocer si la implementación del sistema fotovoltaico es aceptable o no, este método compara ambas situaciones dentro de la casa rodante para determinar si es rentable. Para determinarlo se utiliza el siguiente parámetro.

$$K_{TIR} \geq K \rightarrow \text{Rentable}$$

$$K_{TIR} < K \rightarrow \text{No rentable}$$

$$K_{TIR} = K \rightarrow \text{Aceptable}$$

Donde K_{TIR} es la tasa de inversión de retorno expresada en porcentaje y la k es la tasa de descuento.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

La técnica que se utilizará en la investigación es de tipo revisión documental, en esta se tomará en cuenta la bibliografía reunida para tener un mejor análisis de diseño del desarrollo de la investigación. Esto permitirá una base documental sobre las variables utilizadas en un sistema fotovoltaico rentable y sostenible para la implementación en casas rodantes.

Se utiliza un método documental debido a que no existe evidencia de un análisis económico sobre la instalación de paneles solares ni un diseño exacto que cumpla la necesidad de energía eléctrica utilizada dentro de una casa rodante. Por esta razón se busca realizar una investigación que informe sobre una alternativa para el consumo energético que se produce en casas rodantes. Para determinar la viabilidad económica de este diseño se recolectarán datos sobre el consumo energético de electrodomésticos. Para el desarrollo del diseño de celdas fotovoltaicas se utilizará el software *Sketchup*. Y para el desarrollo de la evaluación económica se realizan los cálculos de valor presente neto y tasa interna de retorno.

11. CRONOGRAMA

Tabla I. Cronograma seminario I.

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	
1		Tesis de Maestría en Energía y Ambiente	461 días	mar 10/05/2	lun 12/02/24	
2		Inicio	0 días	mar 10/05/2	mar 10/05/2	10/05
3		Seminario I	66 días	mar 10/05/2	mar 9/08/22	
4		Investigar temas relacionados sobre instalaciones fotovoltaicas	12 días	mar 10/05/22	mié 25/05/22	
5		Seleccionar posibles fuentes bibliografías	5 días	jue 26/05/22	mié 1/06/22	
6	✓	Primera propuesta de título de tesis	2 días	jue 2/06/22	vie 3/06/22	
7		Consulta de título de tesis con asesor	1 día	lun 6/06/22	lun 6/06/22	
8		Consulta de título de tesis con catedratico de seminario	1 día	mar 7/06/22	mar 7/06/22	
9		Leer bibliografía actualizada sobre proyectos similares	10 días	mié 8/06/22	mar 21/06/22	
10		Escoger articulos relevantes	3 días	mié 22/06/22	vie 24/06/22	
11		Clasificar articulos relevantes	4 días	lun 27/06/22	jue 30/06/22	
12		Comenzar con la estructura de los antecedentes	5 días	vie 1/07/22	jue 7/07/22	
13		Enviar a asesor los antecedentes para la primera revisión	2 días	vie 8/07/22	lun 11/07/22	
14		Elaborar plantamiento del problema	5 días	mar 12/07/22	lun 18/07/22	
15		Determinar los objetivos de la investigación	5 días	mar 19/07/22	lun 25/07/22	
16		Consultar con asesor los objetivos establecidos	3 días	mar 26/07/22	jue 28/07/22	
17		Desarrollar plan de acción	2 días	vie 29/07/22	lun 1/08/22	
18		Elaborar las necesidades a cubrir	2 días	mar 2/08/22	mié 3/08/22	

Proyecto: Cronograma Instalaci Fecha: jue 27/10/22	Tarea		Resumen inactivo		Tareas externas
	División		Tarea manual		Hito externo
	Hito		solo duración		Fecha limite
	Resumen		Informe de resumen manual		Progreso
	Resumen del proyecto		Resumen manual		Progreso manual
	Tarea inactiva		solo el comienzo		
Hito inactivo		solo fin			

Fuente: elaboración propia

Tabla II. Cronograma seminario II.

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Semestre 1, 2021 Semestre 2, 2021 Semestre 1, 2022 Semestre 2, 2022 Semestre 1, 2023																							
						A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M
19	🚀	Seminario II	54 días	mar 23/08/2	lun 7/11/22																								
20	📄	Investigar principios fundamentales de un sistema fotovoltaico	15 días	mar 23/08/22	lun 12/09/22																								
21	📄	Proponer índice de marco teórico	6 días	mar 13/09/22	mié 21/09/22																								
22	📄	Elaborar marco teórico	2 días	jue 22/09/22	vie 23/09/22																								
23	📄	Revisión con asesor sobre el avance del protocolo	15 días	lun 26/09/22	vie 14/10/22																								
24	📄	Realizar correcciones del asesor y elaboración de marco metodológico	2 días	lun 17/10/22	mar 18/10/22																								
25	📄	Enviar papelería del asesor y realizar primera entrega de protocolo al	1 día	mié 19/10/22	mié 19/10/22																								
26	📄	Realización de técnicas de investigación	1 día	vie 21/10/22	vie 21/10/22																								
27	📄	Realizar factibilidad del estudio	5 días	lun 24/10/22	vie 28/10/22																								
28	📄	Realizar correcciones del catedrático del curso	5 días	lun 31/10/22	sáb 5/11/22																								
29	📄	Entrega del protocolo correspondiente a la fase II	1 día	sáb 5/11/22	sáb 5/11/22																								
30	🚀	Seminario III	55 días	lun 21/08/23	vie 3/11/23																								
31	📄	Lectura general del protocolo	1 día	lun 21/08/23	lun 21/08/23																								
32	📄	Realizar cártula exterior, listado de símbolos y glosario	3 días	mar 22/08/23	jue 24/08/23																								
33	📄	Determinar electrodomesticos necesarios para una casa rodante	10 días	vie 25/08/23	jue 7/09/23																								

Proyecto: Cronograma Instalaci Fecha: jue 27/10/22	Tarea		Resumen inactivo		Tareas externas	
	División		Tarea manual		Hito externo	
	Hito		solo duración		Fecha límite	
	Resumen		Informe de resumen manual		Progreso	
	Resumen del proyecto		Resumen manual		Progreso manual	
	Tarea inactiva		solo el comienzo			
	Hito inactivo		solo fin			

Fuente: elaboración propia.

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

La presente investigación se realizará a partir de recursos propios de la estudiante de maestría, tomando en cuenta que la investigación es de tipo exploratoria. Los recursos que ayudarán al desarrollo y análisis de rentabilidad de la presente investigación son los siguientes:

- Recursos humanos: Conocimiento del investigador y Maestro experto en el sector energético Miguel Antonio Santizo Pacheco.
- Recursos tecnológicos: Aplicaciones Microsoft Excel y Microsoft Word para la investigación y el análisis económico, así como la aplicación de Sketchup para el modelado del diseño de paneles solares.
- Acceso a la información: Documentos bibliográficos relacionados a proyectos de energía solar y sistemas fotovoltaicos.
- Recursos financieros: Los estudios representan el uso de recursos económicos detallado en la siguiente tabla IV.

Tabla IV. **Recursos Financieros**

No	Recurso	Cantidad	Precio Unitario	Total
3	Impresora	1	Ya se cuenta con este recurso	Q -
4	Papel Bond	2	Q 30.00	Q 60.00
5	Programa Sketchup	1	Q 900.00	Q 900.00
6	Computadora	1	Ya se cuenta con este recurso	Q -
7	Microsoft	1	Ya se cuenta con este recurso	Q -
TOTAL				Q 960.00

Fuente: elaboración propia.

13. REFERENCIAS

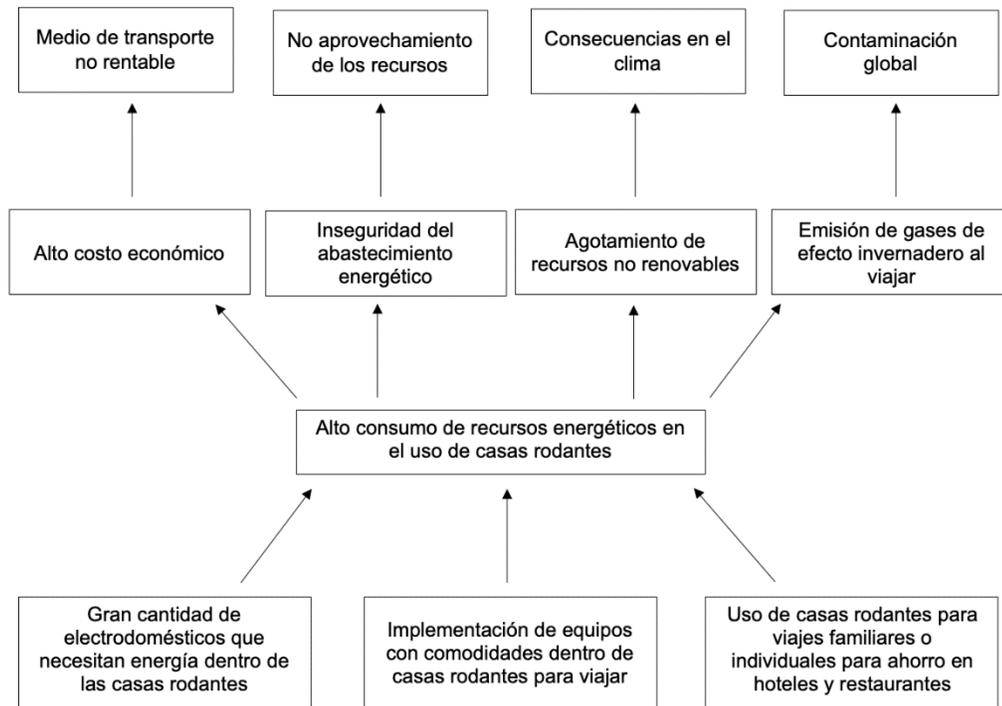
1. Aranguri, D., Mariñes, L., & Castillo, R. (Septiembre, 2021). Importancia del seguimiento solar en las instalaciones fotovoltaicas. *Revista Científica TecnoHumanismo, Lima, Peru, 1(9)*, 1-15.
2. Carvallo, R. (2021). *Diseño de un sistema fotovoltaico en la carrocería de una unidad médica móvil para suministrar energía eléctrica a equipos biomédicos en zonas alejadas de Lambayeque* (Tesis de licenciatura). Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo. Recuperado de <https://orcid.org/0000-0001-5672-6829>
3. Fernandez, L. (2017). *Proyecto de diseño e implementación de un sistema fotovoltaico de interconexión a la red eléctrica en la Universidad Tecnológica de Altamira* (Tesis de maestría). Centro de Investigación de Materiales Avanzados S.C., Altamira. Recuperado de <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1004/1927>
4. Ferrer, M., Santos, A., & Silvio, H. (Enero, 2018). Análisis del factor de carga de un sistema eléctrico aislado con fuentes renovables de energía. *Revista de Ingeniería Energética, 39(1)*, 13-20.
5. Llana, J. (2021). *Sistema de almacenamiento redox para planta fotovoltaica en Guatemala* (Tesis de maestría). Universidad de Oviedo, Gijón. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10651/59464>

6. Mejía, E. (Diciembre, 2019). Diseño de un sistema fotovoltaico autónomo para el suministro de energía eléctrica al laboratorio de Ingeniería Mecánica de la Universidad Politécnica Amazónica. *Revista Pakamuros*, 7(2), 73-88.
7. Mendoza, C. (2021). *Diseño de un sistema de iluminación LED para el taller de material rodante ubicado en el patio de trenes, línea 1 metro de Lima* (Tesis de licenciatura). Universidad Tecnológica de Perú, Lima. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12867/5244>
8. Mesa, L., Sanabria, C., y Pérez, J. (Octubre, 2016). Diseño de un sistema solar fotovoltaico autónomo para una institución educativa rural en el municipio de Páez-Boyacá. *Revista de la Universidad de los Llanos, Colombia*, 9(1), 1-10.
9. Montoya, C. (Septiembre, 2011). Energía Solar Fotovoltaica. *Master profesional en Ingeniería y Gestión Medioambiental de la Escuela de Organización Industrial*. Master llevado a cabo en Madrid, España.
10. Patiño, J., Tello, J., & Hernández, J. (Mayo, 2013). Diseño e implementación de un sistema fotovoltaico híbrido y desarrollo de su regulador de carga aplicando instrumentación virtual. *Revista Elementos, Bogota, Colombia*, 2(2), 1-17. Recuperado de <https://doi.org/10.15765/e.v2i2.170>

11. Puig, P., Jofra, M., (Septiembre, 2019). Energía Solar Fotovoltaica. *Revista Energías Renovables para Todos, Madrid, España, 9(2)*, 1-20.
12. Schiller, S., Martin, J., & Garreta F., (Enero, 2017). Energy and Environment in an Architectural Design Application. *Renewable Energy, Argentina, 15(1)*, 445-450.
13. Sekki, T., Airaksinen, M., y Saari, A. (Octubre, 2015). Impact of building usage and occupancy on energy consumption in Finnish daycare and school buildings. *Energy and Buildings, Finlandia, 105(15)*, 247-257. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.07.036>
14. Sumano, F. (2012). *Diseño y construcción de un sistema de seguimiento fotovoltaico* (Tesis de licenciatura). Universidad Tecnológica de la Mixteca, Huajuapán de León, Oaxaca. Recuperado de http://jupiter.utm.mx/~tesis_dig/11479.pdf
15. Vega, G. (2018). *Optimización Energética y Ambiental de Sistemas Fotovoltaicos para su Integración en la Edificación* (Tesis de doctorado). Universidad Politécnica de Madrid, España. Recuperado de https://oa.upm.es/52379/1/GABRIELA_VEGA_GUIRACOCKA.pdf
16. Zhong, H., Li, G., Tang, R. & Dong, W. (Febrero, 2011). Optical performance of inclined southern-north axis three-positions tracked solar panels. *Energy, China, 36(2)*, 1171-1179. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.energy.2010.11.031>

14. APÉNDICES

Apéndice 1. Árbol de problema



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Matriz de coherencia

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	VARIABLES	METODOLOGÍA
Pregunta General	Objetivo General	Variable 1	Metodología 1
¿Cuál es la viabilidad económica en la implementación de un diseño de celdas fotovoltaicas para el abastecimiento de energía eléctrica necesario en una casa rodante?	Proponer el diseño de un sistema fotovoltaico capaz de abastecer energía eléctrica a una casa rodante para que sea sostenible y rentable económicamente.	Energía fotovoltaica recuperada en paneles solares sobre casa rodante.	Fase 1: Investigación bibliográfica
Preguntas específicas	Objetivos Específicos	Variable 2	Metodología 2
¿Cuál es el consumo de energía eléctrica de una casa rodante promedio en Guatemala?	Caracterizar el consumo promedio de energía eléctrica en una casa rodante.	Consumo energético	Fase 3: Cálculo de consumo energético
		Variable 3	Metodología 3
¿Cuáles serían los criterios técnicos para el diseño de un sistema fotovoltaico instalado en una casa rodante?	Proponer el diseño del sistema fotovoltaico, a partir de criterios técnicos; para el abastecimiento de energía eléctrica en una casa rodante.	Componentes de un sistema fotovoltaico	Fase 3: Diseño de sistema fotovoltaico
		Variable 4	Metodología 4
¿Cuál es la viabilidad económica de la implementación de un diseño de celdas fotovoltaicas en una casa rodante?	Determinar la viabilidad económica de la instalación del diseño fotovoltaico propuesto para una casa rodante.	VPN (Valor Presente Neto) y TIR (Tasa Interna de Retorno)	Fase 3: Cálculo de valor presente neto y cálculo de tasa de inversión de retorno

Fuente: elaboración propia.