



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO®



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE TEZIUTLÁN



Tesis

“Desarrollo de un proyecto de energía renovable fotovoltaica
para sistemas domóticos”

PRESENTA:

LUIS ARTURO LEAL MARTINEZ

CON NÚMERO DE CONTROL

19TE0062*

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN SISTEMAS COMPUTACIONALES

CLAVE DEL PROGRAMA ACADÉMICO

ISIC-2010-224

DIRECTOR (A) DE TESIS:

M.S.C HERIBERTO HERNÁNDEZ RODRÍGUEZ

“La Juventud de hoy, Tecnología del Mañana”

TEZIUTLÁN, PUEBLA, JUNIO 2024



PRELIMINARES

Agradecimientos

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a las personas que han estado a mi lado a lo largo de este camino y que han hecho posible la realización de esta tesis.

A mi amada esposa, Luz Adriana Aquino Guevara, por ser mi apoyo incondicional, por impulsarme cuando sentía que no podía más y celebrar conmigo cada logro. Este trabajo no habría sido posible sin ti.

A mi querido hijo, Andry Leal Aquino, por ser mi mayor motivación para superarme cada día, por traer tanta alegría a mi vida y recordarme que al final del día, lo más importante es el amor de la familia.

A mi padre, Arturo Leal Palacios, por siempre estar a mi lado brindándome su amor, comprensión y sabios consejos que me han impulsado a luchar por mis sueños. Gracias por creer en mí y por tu apoyo incondicional.

A mi abuelita, Gloria Martinez, por creer siempre en mí y darme tanto cariño y consejos que me han guiado hasta donde estoy ahora. Gracias por estar siempre pendiente de mis estudios.

También con mucho amor y admiración a la memoria de mi madre, María de Lourdes Martinez Martinez, una mujer extraordinaria, cariñosa y luchadora cuyo recuerdo me ha acompañado siempre. Aunque ya no estás físicamente, sé que has guiado mi camino desde el cielo y me diste la fuerza para seguir adelante aún en los momentos más difíciles. Todo lo que soy ahora te lo debo a ti, mamá. Para ti con cariño de tu hijo que nunca te olvida.

Y por último quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi asesor, por su invaluable orientación y apoyo a lo largo de este arduo proceso académico.

Con gratitud y aprecio.

Resumen

Uno de los principales objetivos que se planteó en las Naciones Unidas desde el año 2015 (ODS) es la erradicación de la pobreza y afirman que sin lograrla no podrá haber desarrollo sostenible. Al adoptarla esta agenda, los estados se comprometieron a movilizar los medios necesarios para su implementación, mediante alianzas centradas especialmente en las necesidades de los más pobres y vulnerables.

Sin embargo, a la par de estos objetivos el crecimiento de la población mundial, y las necesidades también lo hará, la demanda de energía accesible. Una economía global dependiente de los combustibles fósiles está generando cambios drásticos en el clima, la crisis económica actual y la contingencia sanitaria ha dejado la tarea de cambiar de paradigmas y voltear a ver fuentes de energía alternativas como la solar, eólica, termal, tratando de mejorar la productividad energética de manera sostenible buscando con ellos abaratar los costos de su producción.

Buscando contribuir a los objetivos que se persiguen para el año 2030, se propone el desarrollo de un proyecto que fortalezca la producción eléctrica, el cual tiene doble propósito, primeramente, servir como productor de energía limpia y renovable para alimentar una vivienda con sus necesidades básicas, y servicios que necesita para una vivienda digna, como por ejemplo servicios de iluminación, bombeo de agua potable, y refrigeración.

El segundo propósito, es automatizar estos servicios haciendo uso de la domótica para que los usuarios se encuentren en un entorno controlado y los recursos sean cuidados, de tal manera que no sean desperdiciados por un uso indebido, tratando de optimizar de manera eficiente y efectiva el cuidado de ellos.

Para lograr lo anterior, se emplearán diversos elementos (dispositivos electro mecánico, energía fotovoltaica) que permiten un despliegue automatizado del entorno donde habitan las personas, con configuraciones de acuerdo a sus

necesidades y hábitos para armar una infraestructura domótica basada en la comunicación de los dispositivos, que a través de técnicas de aprendizaje automático identificará patrones, auto ajustándose automáticamente según el comportamiento de los habitantes de la vivienda.

El proyecto pretende aplicarse a viviendas con necesidades básicas en comunidades alejadas de los servicios básicos, hasta la vivienda que ya cuenta con los servicios estándar.

Introducción

Existen varias razones para pensar en un sistema autónomo y sustentable con el uso de energía libre. Se podría utilizar en entorno aplicado a la vivienda de zonas rurales donde las condiciones son adversas, por ejemplo, en servicios de captación de agua potable por bombeo de manera automatizada, iluminación donde no exista una red eléctrica como la de la comisión federal de electricidad para el uso cotidiano nocturno, servicios de dispositivos de red inalámbrica para llevar el internet.

En esencia, el objetivo del proyecto es proporcionar un conjunto controlado del entorno de una casa habitación, optimizando los recursos de manera automática y bajo diferentes configuraciones en escenarios reales, dependiendo de las necesidades de los habitantes.

Un proyecto de energía renovable fotovoltaica domótica ofrece la oportunidad de contribuir al cuidado del medio ambiente con el uso de energías limpias, ayuda a la economía de los ciudadanos, en amortizar el incremento de las tarifas altas por el consumo de energía eléctrica controlada y fomenta el uso de nuevas formas de sustentabilidad.

Las industrias podrían beneficiarse del proyecto, podrían probarse en entornos de este tipo para ayudar en el desarrollo de la producción y explotar sus recursos de manera controlada con el uso de la domótica, actualmente la industria ya cuenta con algunos mecanismos de este tipo, pero las tarifas por el uso de energía y por adquirirlos son muy altas. Cuando consideramos la cantidad de energía que se utiliza en una nave industrial, se hace evidente la búsqueda de alternativas que apoyen a la demanda de ella y al realizar un esquema controlado, por medio de la investigación se puede buscar la mejor manera de atacar el problema.

Al contar con un sistema básico de energía fotovoltaica existe la posibilidad para los ayuntamientos de la reducción de costos de los servicios municipales, reducción de costos en los sistemas de riego, en la ganadería y la avicultura, instalación en

establos electrificados, en el comercio y los servicios. La posibilidad de llevar energía eléctrica a comunidades remotas y en la promoción del desarrollo de dichas comunidades.

La construcción de un sistema de energía renovable y automatizado requiere familiarizarse con los conceptos básicos de electricidad y electrónica, distribución de señales, uso de dispositivos de medición de voltajes, conocimiento sobre la energía solar e instalación de celdas fotoeléctricas. Debe entenderse la comunicación entre los dispositivos eléctricos para automatizar la vivienda y así extraer los datos que son valiosos para poner a punto el sistema.

Se debe garantizar un sistema siempre activo, lo que significa que muchas pruebas y evaluaciones deben desarrollarse antes de implementar el proyecto final. Las etapas por las que pasará el proyecto son: Instalación de equipo solar, pruebas y puesta en marcha.

La instalación de equipo solar requiere conocimiento técnico en cuestión de grados de inclinación del panel, capacidad de las celdas de acuerdo a la demanda de energía de la vivienda, configuración de controladores y capacidad de inversores que amplifican el voltaje para su uso. Esto proporciona seguridad para las personas y un lugar donde se pueden utilizar los artefactos sin ningún riesgo que dañe la salud e integridad de los usuarios.

La domótica y electrónica separa las funciones de los usuarios en el cuidado de los recursos y se apoya en tres pilares fundamentales que son, el ahorro energético, la eficiencia energética y la generación de energía, esta automatización aísla el peligro de la instalación eléctrica que se tiene en la vivienda, ayuda a las tareas cotidianas, volviéndola fácil para los habitantes y de manera transparente en su aplicación, como por ejemplo la automatización en el bombeo de agua, automatización de iluminación, mejorar la seguridad por medio de sensores de presencia y alarmas, cierre de puertas automáticos, optimización en la búsqueda del ahorro energético, etc.

Todas estas características de la automatización se pueden llevar a un panel de control donde se pueda controlar de manera automática.

ÍNDICE GENERAL

1.1 Descripción de la empresa.....	2
1.1.1 Datos generales de la empresa.....	4
1.1.1.1 Misión	4
1.1.1.2 Visión	4
1.1.1.3 Valores.....	5
1.1.1.4 Estructura organizacional.....	5
1.1.1.5 Lugar donde se implementará el proyecto	6
1.2 Problemas de investigación a resolver.....	6
1.3 Preguntas de investigación.....	7
1.4 Objetivos.....	8
1.4.1 Objetivo general	8
1.4.2 Objetivos específicos.....	8
1.5 Justificación.....	9
2.1 Estado del arte	11
2.2 Sostenibilidad y energías renovables.....	12
2.2.1 Fundamentos de la energía solar fotovoltaica	13
2.2.2 Historia de la energía solar fotovoltaica	13
2.2.3 Energía limpia.....	14
2.2.4 Impacto ambiental.....	15
2.2.5 Impacto social	15
2.3 Principio de funcionamiento de las celdas solares.....	16
2.3.1 Tipos de tecnologías fotovoltaicas.....	16
2.3.2 Tecnologías fotovoltaicas orgánicas.....	16
2.3.3 Tecnologías de concentración	17
2.3.4 Tecnologías térmicas fotovoltaicas	17
2.3.5 Paneles bifaciales.....	17
2.3.6 Las tecnologías híbridas	18
2.4 Estructura básica de una célula solar	18
2.5 Aplicaciones de la energía solar en la domótica.....	21

2.5.1 Integración de paneles solares en sistemas domóticos	21
2.5.2 Integración de energía renovable fotovoltaica en domótica.....	21
2.5.3 Energía renovable fotovoltaica	22
2.6 Descripción de energía eléctrica.....	24
2.6.1 Corriente continua y alterna	25
2.6.2 Corriente continua	25
2.6.3 Corriente alterna.....	26
2.6.4 Que es tensión	26
2.6.5 Tensión eléctrica.....	26
2.6.6 Amperios.....	27
2.6.7 Volts	27
2.6.8 Ley de ohm	27
2.7 Componentes	31
3.1 Procedimiento y descripción de actividades realizadas.....	38
3.1.1 Evaluación del sitio y diseño	39
3.1.2 Diseño del Sistema	41
3.1.3 Adquisición de materiales	44
3.1.4 Paneles y cálculos realizados para la implementación del proyecto.....	44
3.1.5 Proceso para selección de baterías.....	45
3.1.6 Inversor	46
3.1.7 Controlador MPPT de 24 y 60A	46
3.1.8 Instalación física	47
3.1.8.1 Montaje de los paneles solares.....	47
3.1.8.2 Instalación del controlador.....	48
3.1.8.3 Instalación de baterías	48
3.1.8.4 Conexiones.....	49
3.1.8.5 Configuración.....	49
3.1.9 Diagrama general de la interconexión	50
3.1.10 Pruebas y desarrollo.....	52
3.1.11 Configuraciones y programación	53

3.1.11.1 Mantener las baterías en un lugar adecuado	54
3.1.11.2 Verificar regularmente el estado general.....	54
3.1.11.3 Evitar descargas profundas	54
3.1.11.4 No sobrecargar las baterías.....	54
3.1.11.5 Utilizar ciclos de carga y descarga completos	54
3.1.11.6 Almacenar baterías en periodos de inactividad	55
3.1.12 Mantenimiento y monitoreo continuo	55
3.2 Alcance y enfoque de la investigación	56
3.3 Hipótesis	57
3.4 Diseño y metodología de la investigación	57
3.5 Selección de muestra	58
3.6 Recolección de datos	58
3.7 Evaluación de los datos.....	59
4.1 Aplicación del sistema	62
4.2 Materiales	63
4.3 Imágenes de la implementación del sistema	64
4.4 Carga y descarga de las baterías en la aplicación.....	65
4.5 Consumo de energía antes y después	66
4.6 Emisiones de CO2.....	68
4.7 Captación de energía	69
4.8 Comprobación de la hipótesis	71
5.1 Conclusiones del proyecto	74
5.2 Conclusiones relativas a los objetivos específicos	75
5.3 Conclusiones relativas al objetivo general.....	76
5.4 Aportaciones originales	77
5.5 Limitaciones del modelo planteado	77
5.6 Recomendaciones.....	78
6.1 Competencias desarrolladas	82
7.1 Fuentes de Información	85
8.1 Anexos.....	89

Índice de figuras	92
Índice de tablas.....	93

CAPÍTULO I

GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1 Descripción de la empresa

El instituto tecnológico superior de Teziutlán, inició sus actividades el 1 de septiembre de 1993 en las instalaciones del CBTis No. 44, ubicado en el barrio de Ahuateno. Con la firme intención de ser uno de los mejores y avanzados medios de educación superior del país, se inicia con dos carreras con un amplio porvenir.

Esta acción cristaliza los esfuerzos de muchos teziutecos y del Sr. Gobernador Lic. Manuel Bartlett Díaz. Así el día 6 de septiembre de 1993 daba inicio el primer día de clases del instituto tecnológico superior de Teziutlán de una manera decidida y rápida y con la firme convicción de alcanzar las metas propuestas para el beneficio único de Teziutlán y la región.

El 19 de noviembre del mismo año, se aprueba por parte del congreso local, la firma del convenio entre la SEP y el gobierno estatal, para crear el instituto tecnológico superior de Teziutlán, Puebla. El 27 de octubre de 1994, el quincuagésimo segundo congreso constitucional del estado libre y soberano de Puebla, expide la ley que crea al ITST. Esta ley en su artículo 1 menciona que el instituto es un organismo público descentralizado del gobierno del estado de Puebla, con personalidad jurídica y patrimonio propios. Con base a un estudio de las necesidades del sector productivo y de la oferta educativa de otras instituciones de nivel medio superior y superior en la región.

En 2018, la Mtra. Arminda Juárez Arroyo asumió la dirección general, lo que llevó a una reestructuración de la institución y la expedición de su reglamento interior. El instituto tecnológico superior de Teziutlán se consolida como una institución comprometida con ofrecer una educación de calidad, moderna y eficaz, en línea con las demandas de la sociedad y los principios de la ley de educación del estado de Puebla. Su objetivo es satisfacer las necesidades e intereses de la población, promover la transparencia y eficiencia en el uso de recursos, y cumplir con sus programas de trabajo de manera puntual.

Actualmente el ITST ofrece 8 licenciaturas que como resultado del esfuerzo para el cumplimiento de estándares de calidad educativa el instituto ha obtenido acreditaciones internacionales.

Figura 1

Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, lugar del proyecto



Fuente: (Google, 2023)

Dentro del área del centro de cómputo de la institución educativa, se encuentran algunas áreas de oportunidad y es ahí donde nace la idea del proyecto a realizar, Esto mediante el uso de energía sustentable con el propósito de disminuir el consumo de energía eléctrica.

El área en donde se enfoca el proyecto, es industrial, con la implementación de energía renovable, las características científicas y técnicas del proyecto de energía renovable fotovoltaica incluyen el uso de tecnología para convertir la luz solar en energía eléctrica, de igual manera la implementación de sistemas domóticos para optimizar el consumo y la eficiencia energética, la integración en infraestructuras existentes, y el enfoque en la eficiencia y almacenamiento de energía serán la herramienta clave para realizar el desarrollo del proyecto.

La importancia radica en la sostenibilidad ambiental, el ahorro de energía, el desarrollo tecnológico, la formación y capacitación, y su capacidad de ser un ejemplo para la comunidad educativa y empresarial.

1.1.1 Datos generales de la empresa

Nombre de la institución

Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán

Dirección

Fracción I y II S/N, Aire Libre, Teziutlán, Puebla. 73960

Teléfono

(231)3114000

Correo electrónico

div.isc@teziutlan.tecnm.mx

Giro

Educativo

1.1.1.2 Misión

El instituto tecnológico superior de Teziutlán tiene como misión, formar profesionales que se constituyan en agentes de cambio y promuevan el desarrollo integral de la sociedad, mediante la implementación de procesos académicos de calidad.

1.1.1.3 Visión

Llegar a ser la institución de educación superior tecnológica más reconocida en el estado de Puebla, que ofrezca un proceso de enseñanza – aprendizaje certificado, comprometido con la excelencia académica y la formación integral del alumno, contribuyendo al desarrollo sustentable, económico, político y social del estado de Puebla.

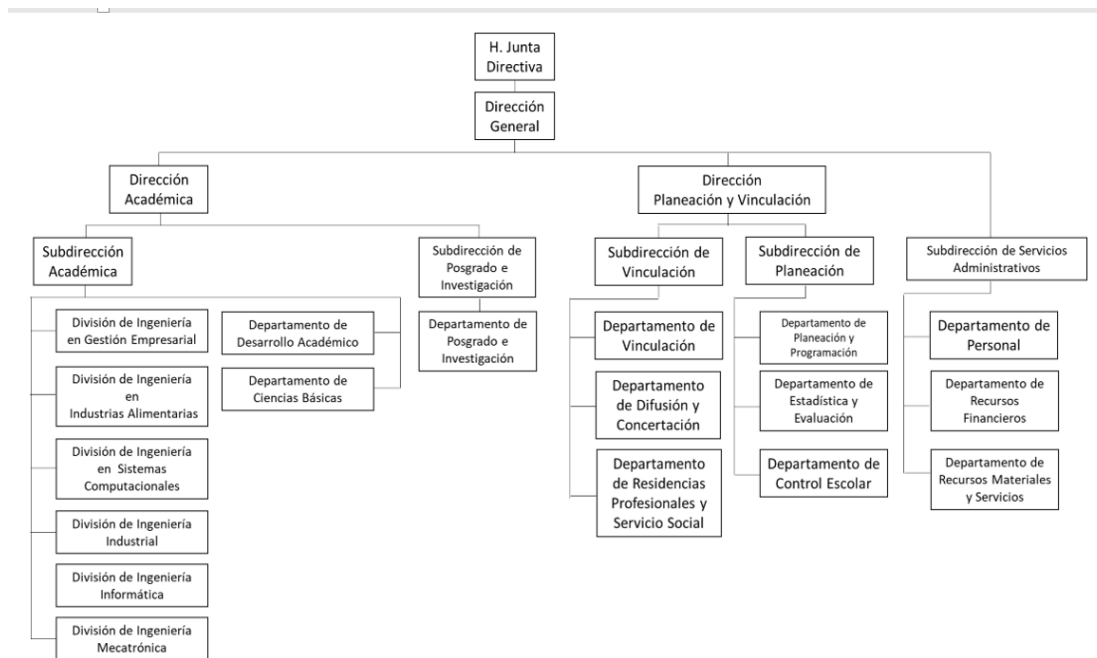
1.1.1.4 Valores

- Poseer los valores de responsabilidad, honestidad, espíritu de servicio y compromiso con su entorno social y ambiental.
- Autonomía en su actuación individual y grupal, conservando un comportamiento ético y acorde a los lineamientos establecidos para una convivencia sana.
- Tolerancia y respeto a la multiculturalidad, a la pluralidad y a la igualdad de oportunidades.

1.1.1.5 Estructura organizacional

Figura 2

Estructura organizacional



Número de registro: **GEP1719/09/00012A/11/18**

Última fecha de modificación: **NOVIEMBRE DE 2018**

Fuente: (ITST, 2023)

1.1.1.6 Lugar donde se implementará el proyecto

La implementación del proyecto se llevará a cabo en una casa habitación para generar electricidad y alimentar sistemas dentro del hogar, una instalación solar en una casa proporciona una fuente de energía eficiente y sostenible que no solo beneficia al medio ambiente, sino que también ahorra dinero y brinda comodidad al propietario. El lugar idóneo para la localización de los paneles es en el techo de la vivienda en donde se cuenta con la mayor exposición al sol, y en donde posteriormente se almacenará y quedará disponible para su uso.

1.2 Problemas de investigación a resolver

Debido a la creciente preocupación por el cambio climático y la necesidad de reducir las emisiones de gases contaminantes, el presente estudio se fundamenta en la importancia de adoptar fuentes de energía más limpias y renovables. Por lo tanto, reconocer el potencial de la energía solar fotovoltaica y su integración en sistemas domóticos cobra relevancia para cumplir con el objetivo de disminuir nuestra huella de carbono y promover prácticas sostenibles.

El instituto tecnológico superior de Teziutlán busca alternativas para reducir su huella de carbono y fomentar el uso de energías limpias; derivado de esta idea han surgido proyectos de investigación con el interés de estudiar la implementación de energías sostenibles y amigables con el ambiente.

La creciente demanda de recursos energéticos y el impacto ambiental asociado a la generación de electricidad a partir de fuentes no renovables, como combustibles fósiles, hacen necesario considerar el uso de fuentes energéticas más sustentables y amigables con el medio ambiente.

El presente proyecto de investigación busca la implementación de un sistema de energía solar mediante la implementación de celdas solares para la generación de electricidad y con ella poder alimentar electrodomésticos de uso cotidiano en un escenario de vivienda convencional, que como ubicación estará establecida en la región nororiental del estado de Puebla.

El propósito de este trabajo es contribuir y brindar apoyo tanto a investigadores como ingenieros, así como a cualquier lector interesado en adoptar soluciones de energía solar en sus hogares u otros entornos. El trabajo tesista ofrece una perspectiva valiosa para aprovechar fuentes de energía renovable y sostenible, allanando el camino hacia un futuro más ecológico y consciente del medio ambiente. Es fundamental desarrollar una investigación detallada que permita tomar decisiones informadas y adecuadas para la implementación de paneles solares en combinación con la domótica para poder cuidar este valioso recurso producido por el Sol.

1.3 Preguntas de investigación

- ¿Cuál es la viabilidad económica de implementar un sistema de energía renovable fotovoltaica en un entorno domótico?
- ¿Cómo se puede optimizar la ubicación de los paneles solares para maximizar la captación de energía solar en el contexto de un sistema domótico, considerando factores como la orientación, sombras y eficiencia energética de los dispositivos conectados?
- ¿Cuál es el impacto ambiental logrado mediante la adopción de un sistema de energía fotovoltaica en sistemas domóticos, en comparación con fuentes de energía no renovables?
- ¿Qué tecnologías de almacenamiento energético son más adecuadas para complementar un sistema fotovoltaico en una vivienda?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Desarrollar un sistema generador de energía eléctrica utilizando paneles solares en una vivienda, que garantice la reducción de los costos por lo menos en un 50%, asegurando que el sistema sea viable para el propietario, promoviendo el uso de energías limpias y renovables en conjunto con la automatización durante un periodo de 6 meses.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Garantizar que la cantidad de paneles solares maximicen la captación de energía solar para cubrir la demanda energética de la vivienda.
2. Establecer un sistema de almacenamiento de energía para asegurar un suministro constante de energía durante períodos de baja radiación solar.
3. Analizar la reducción de costos de electricidad del propietario, para asegurar el ahorro de al menos el 50% durante los primeros seis meses de operación del sistema.

1.5 Justificación

Con motivo de avanzar hacia un modelo energético más sostenible y amigable con el medio ambiente en el instituto tecnológico superior de Teziutlán, se propone el desarrollo de un proyecto de energía renovable fotovoltaica para sistemas domóticos. En esta iniciativa, se busca combinar la tecnología fotovoltaica con la automatización inteligente para optimizar la generación, distribución y consumo de energía en edificaciones, específicamente en viviendas convencionales con la idea de promover el ahorro familiar en el uso de energéticos y la no contaminación ambiental.

Con la finalidad de lograr una mayor eficiencia energética y un uso responsable de los recursos, se propone la implementación de una alternativa en el uso e instalación de generación de energía eléctrica.

Esta investigación proporcionará una base sólida para establecer un plan estratégico que contribuya a la reducción del impacto ambiental, el ahorro de energía y la promoción de prácticas sostenibles en el ámbito tecnológico.

Esta iniciativa representa un paso hacia la adopción de tecnologías limpias y una respuesta concreta a los desafíos actuales relacionados con la energía y el cambio climático. Además, ofrece una oportunidad para la investigación y el desarrollo en áreas clave de la energía y la automatización inteligente. Este proyecto, como parte de una estrategia integral de eficiencia energética, promete ser una solución innovadora y efectiva para el uso responsable de los recursos y el cumplimiento de los objetivos de sustentabilidad.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Estado del arte

En la actualidad, se está buscando la forma más adecuada de utilizar y consumir energía eléctrica convencional. Algunos estudios han indicado que la eficiencia energética en la construcción implica lograr condiciones interiores óptimas con el menor consumo final de energía posible. Por esta razón, la arquitectura solar, se esfuerza por aprovechar los recursos naturales y adaptarse a las condiciones climáticas locales mediante la implementación de sistemas de acondicionamiento pasivo. La reducción en el uso de energía también se traduce en una disminución de la contaminación ambiental y costos más bajos.

Arquitectura solar en Huancabamba, ciudad ubicada en Perú: La investigación se desglosa en la delimitación del tema, la ubicación donde se llevará a cabo el estudio, los recursos necesarios para la solución estimada del mismo. Todo lo concerniente a la problemática, que involucra un centro cultural y las técnicas de arquitectura solar pasiva en Perú (Flores, 2018).

Se estableció el propósito y se detallaron las técnicas e instrumentos que se emplearon en su desarrollo. Como resultado, se diseñó un centro cultural que ofrezca espacios adecuados para llevar a cabo todas las actividades del mismo en la localidad, aplicando las técnicas de arquitectura solar.

Se determinó que la técnica de arquitectura solar pasiva aplicada en el proyecto "centro cultural" posee las siguientes ventajas: Bajo costo, facilidades de construcción, no requiere combustible y por ello no contamina el ambiente, mediante esta propuesta se logró generar confort en los ambientes de una manera sencilla, dando como resultado que la arquitectura solar basada en el centro cultural cumple con la función encomendada, dejando en claro que el uso de la energía solar es un proyecto viable que además será de gran utilidad para el estudio de posteriores proyectos a implementar en la zona.

El proyecto de titulación de William Borbor en la universidad politécnica salesiana tiene como objetivo principal mejorar las condiciones de vida de la comunidad masa

2 en el golfo de Guayaquil. Para satisfacer las necesidades energéticas de las 17 casas individuales de la comunidad, que se enfrentan a la falta de servicios básicos como la energía eléctrica, Borbor propone la implementación de un sistema fotovoltaico basado en paneles solares.

La propuesta se basa en el sistema fotovoltaico, que utiliza la radiación solar para producir electricidad de manera sostenible. Este método no solo soluciona la falta de acceso a energía en masa 2, sino que también tiene como objetivo reducir el impacto que tiene en el medio ambiente al disminuir la dependencia de fuentes de energía no renovables (Borbor, 2021).

Se destaca que el uso de paneles solares representa una solución tecnológica y un cambio significativo hacia la sostenibilidad y el desarrollo sostenible. La iniciativa no solo proporciona energía eléctrica, sino que también enseña a la comunidad cómo mantener el sistema, creando un modelo que pueden usar otras comunidades que se enfrentan a desafíos similares. En masa 2, los paneles solares se describen como un paso significativo hacia la mejora de la calidad de vida y la protección del medio ambiente.

Al proporcionar energía eléctrica sostenible y limpia, se espera que la implementación del sistema fotovoltaico tenga un impacto positivo en la calidad de vida de las familias de la comunidad masa 2. Al empoderar a la comunidad con conocimientos y habilidades en tecnologías limpias, se espera que el proyecto fomente el desarrollo comunitario y la autosuficiencia.

2.2 Sostenibilidad y energías renovables

En la última década, el interés en la adopción de fuentes de energía renovable ha aumentado significativamente debido a la creciente conciencia sobre el cambio climático y la necesidad de reducir la dependencia de combustibles fósiles. La energía solar fotovoltaica se ha convertido en una de las tecnologías más prometedoras para la generación de electricidad limpia y sostenible. Al mismo tiempo, la domótica, que se refiere a la automatización y control inteligente de los

sistemas, ha experimentado una rápida evolución, proporcionando soluciones avanzadas para la eficiencia energética.

2.2.1 Fundamentos de la energía solar fotovoltaica

Desde este punto de vista la energía solar fotovoltaica se produce a través de paneles solares que contienen células fotovoltaicas. Cuando los fotones de la luz solar pasan por estas células, producen corriente eléctrica utilizando el efecto fotovoltaico. La electricidad producida puede usarse directamente en el hogar o se puede convertir en corriente alterna usando un inversor. Es decir, es una fuente de energía limpia y sostenible que ayuda a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y a convertirse en una fuente de energía dependiente de los combustibles fósiles. No obstante, la disminución de costos y los beneficios económicos que ofrece a los propietarios de sistemas solares contribuyen a su crecimiento.

2.2.2 Historia de la energía solar fotovoltaica

El efecto fotovoltaico, fue descubierto por Edmund Becquerel en 1839, cuando experimentaba con electrodos metálicos en una solución conductora y notó un aumento en la generación eléctrica con la luz. En 1873, Willoughby Smith descubrió el efecto fotovoltaico en sólidos, específicamente en el selenio, y en 1877, W. G. Adams y R. E. Day produjeron la primera célula fotovoltaica de selenio.

En 1904, Albert Einstein publicó un artículo sobre el efecto fotovoltaico, además de su teoría de la relatividad, y en 1921, ganó el premio Nobel por estas teorías, incluyendo la explicación del efecto fotovoltaico.

El desarrollo de la tecnología fotovoltaica tuvo un impulso importante en los años cincuenta, debido a los programas espaciales, que buscaban desarrollar una fuente de energía económica e inagotable. En 1954, los investigadores Chapin, Fuller y Pearson produjeron la primera célula de silicio en los laboratorios Bell y presentaron su trabajo en 1955. La industria estadounidense asumió la tarea de producir elementos solares fotovoltaicos para aplicaciones espaciales. (BAYOD, 2009)

El 17 de marzo de 1958, se lanzó el Vanguard I, el primer satélite alimentado con energía solar fotovoltaica, lo que marcó un hito en la utilización de esta tecnología en el espacio. La Unión Soviética también presentó sus células fotovoltaicas con tecnología de silicio en la exposición universal de Bruselas.

A partir de los años sesenta, se continuó avanzando en la tecnología fotovoltaica, con lanzamientos de satélites comerciales de telecomunicaciones y el uso de paneles solares en observatorios astronómicos espaciales.

En 1977, la producción mundial de paneles solares fotovoltaicos alcanzó los 500 kW, y para 1980, ARCO Solar se convirtió en la primera empresa en tener una producción industrial de 1 MW de módulos al año.

"La energía solar es la fuente más abundante y limpia de energía renovable disponible en nuestro planeta". (Smith, 2020)

Gracias a la disminución de costos y las mejoras en el rendimiento, los sistemas fotovoltaicos se han extendido a numerosas aplicaciones, lo que ha llevado a un aumento sustancial en la potencia instalada en todo el mundo.

2.2.3 Energía limpia

Para el caso de México, su situación es también digna de mención. Según el national renewable energy laboratory de Estados Unidos, se calcula que México tiene un potencial en energía eólica que supera los 40,000 MW (actualmente hay una capacidad instalada de 185 MW). En lo que respecta a la energía solar, se estima que alrededor del 90% del territorio nacional tiene una radiación solar promedio de 5 KWh por metro cuadrado al día, cifra considerada como uno de los niveles más elevados en el mundo. Además, México es líder a nivel mundial en la producción de electricidad a partir de fuentes geotérmicas, ocupando el tercer lugar con una capacidad instalada de 843 MW y un potencial de 2,400 MW. (Canseco, 2010)

Históricamente, a pesar de su riqueza en petróleo, México no había mostrado un gran interés en el desarrollo de energías renovables. Sin embargo, en los últimos

años, se han implementado diversos proyectos de envergadura, en parte debido a la promulgación de dos leyes importantes relacionadas con la eficiencia energética y las energías renovables. De hecho, México puede ahora destacar por haber establecido Eurus, el parque eólico más grande de América Latina, impulsado por la empresa española acciona energía. Este parque también ocupa el segundo puesto en reducción de emisiones según el registro de Naciones Unidas, evitando la emisión de 600,000 toneladas de CO₂ anualmente. Según la empresa española, la generación de energía de este parque equivale al consumo de una población de 500,000 habitantes.

2.2.4 Impacto ambiental

Pese a los esfuerzos continuos en investigación, desarrollo y las prácticas sostenibles son esenciales para minimizar los impactos ambientales y maximizar los beneficios de esta fuente de energía renovable.

La energía fotovoltaica es generalmente considerada positiva, en comparación con fuentes de energía convencionales como los combustibles fósiles. Sin embargo, como cualquier tecnología de generación de energía, la producción y uso de sistemas fotovoltaicos, también tiene ciertos aspectos que deben considerarse desde una perspectiva ambiental. (Mendoza, Botero, & González, 2022)

Sin embargo, como con cualquier tecnología, también tiene desafíos ambientales asociados, principalmente en la etapa de producción y eliminación de paneles solares.

2.2.5 Impacto social

Por otro lado, el fortalecimiento en el rubro de las energías renovables es un área que se debe atender prioritariamente, debido a la dependencia que ya tiene en los hogares y las familias, así como llevarlo a las zonas en las cuales no se tienen cobertura del servicio de red público; la crisis económica y la contingencia sanitaria actual, han hecho que se busque la manera de disponer de este servicio el cual tiene un efecto directo sobre la productividad, la salud, la educación, el abastecimiento

de agua potable, los servicios de comunicación, y una larga lista de beneficios y servicios.

La domótica está cambiando la forma en que interactuamos con el hogar y está brindando más autonomía a personas con discapacidades (Marrero, 2017).

En este esquema la domótica es una tecnología que transfiere de forma directa la manera de cómo se controlará el entorno donde se implemente, beneficiando a la correcta administración de esta energía en viviendas, instituciones o fabricas que deseen incursionar en el ámbito de las energías limpias.

2.3 Principio de funcionamiento de las celdas solares

Por otra parte, las celdas solares funcionan mediante el efecto fotovoltaico, un proceso que convierte la luz solar directamente en electricidad. Este fenómeno se produce en materiales semiconductores, como el silicio, cuando los fotones de la luz solar liberan electrones, generando una corriente eléctrica. Las celdas solares aprovechan este principio para generar energía limpia y sostenible a partir de la radiación solar (Torres, 2019).

2.3.1 Tipos de tecnologías fotovoltaicas

Ahora bien, dentro de las tecnologías emergentes, los perovskitas han ganado atención por sus propiedades únicas. Estos materiales, con su estructura cristalina específica, han demostrado un potencial asombroso en la conversión de la luz solar en electricidad. Aunque su eficiencia es alta y su costo de producción es potencialmente bajo, los perovskitas aún enfrentan desafíos en términos de durabilidad y estabilidad a largo plazo. Los investigadores están trabajando en abordar estos problemas para desbloquear su verdadero potencial en el mercado solar.

2.3.2 Tecnologías fotovoltaicas orgánicas

Teniendo en cuenta que se utilizan materiales orgánicos en lugar de los semiconductores inorgánicos tradicionales. Estos materiales ofrecen flexibilidad y la

capacidad de adaptarse a diversas formas y superficies, lo que amplía sus aplicaciones potenciales. Sin embargo, las eficiencias actuales de conversión son más bajas en comparación con otras tecnologías fotovoltaicas establecidas. La investigación en este campo se centra en aumentar la eficiencia y la durabilidad de los paneles orgánicos para hacerlos más competitivos en el mercado. (Luque & Hegedus, 2003)

2.3.3 Tecnologías de concentración

En este sentido, estas buscan aumentar la eficiencia al utilizar sistemas ópticos, como lentes o espejos, para enfocar la luz solar en áreas más pequeñas de células fotovoltaicas. Esta concentración de la luz solar puede aumentar significativamente la eficiencia de conversión, pero estas tecnologías son más adecuadas para regiones con alta radiación solar. Esto limita su aplicación a áreas específicas donde la luz solar directa es abundante.

2.3.4 Tecnologías térmicas fotovoltaicas

Ahora bien, se combina la generación eléctrica fotovoltaica con la captura de calor, lo que permite aprovechar de manera más eficiente la energía solar. Estos sistemas pueden enfriarse utilizando agua o líquidos térmicos, lo que aumenta la eficiencia general al capturar y utilizar la energía térmica residual.

En última instancia, la elección de la tecnología fotovoltaica dependerá de diversos factores, como la ubicación geográfica, el clima, los recursos disponibles y los objetivos de eficiencia. A medida que la investigación y la innovación continúan, es probable que veamos aún más avances y desarrollos en el campo de la energía solar, lo que ofrecerá más opciones y oportunidades para la generación sostenible de electricidad. (Luque & Hegedus, 2003)

2.3.5 Paneles bifaciales

Cabe destacar que son un enfoque innovador para aprovechar al máximo la radiación solar. Estos paneles capturan la luz solar tanto en la parte frontal como en la posterior, permitiendo la reflexión y el aprovechamiento de la luz que incide desde

diferentes ángulos. Como resultado, los paneles bifaciales pueden generar más energía en comparación con los paneles solares convencionales, especialmente cuando se instalan en superficies reflectantes, como nieve, agua o suelo.

2.3.6 Las tecnologías híbridas

Es interesante mencionar que estas representan una tendencia en la integración de diversas fuentes de energía para una generación más constante y confiable. Estos sistemas combinan paneles solares con otras fuentes de energía renovable, como la energía eólica, para aprovechar los patrones de generación complementarios y proporcionar una producción equilibrada a lo largo del tiempo. Además, la incorporación de sistemas de almacenamiento de energía puede mejorar aún más la estabilidad del suministro eléctrico, permitiendo el almacenamiento de energía excedente durante períodos de alta generación y su liberación cuando la demanda es mayor.

A medida que las tecnologías fotovoltaicas avanzan, la investigación y el desarrollo continúan abriendo nuevas posibilidades. La nanotecnología, por ejemplo, está siendo explorada para mejorar la eficiencia de las células solares y reducir los costos de producción. También se están investigando nuevos materiales y técnicas de fabricación para crear paneles solares más eficientes y asequibles. (BAYOD, 2009)

2.4 Estructura básica de una célula solar

Se considera que una estructura p-n son dos áreas diferentes en material llamado semiconductor como el silicio, una de estas áreas se llama "p" y la otra "n", y son diferentes porque contienen átomos mezclados de manera diferente en el material. Un semiconductor sin estructura p-n no permite la circulación de corriente eléctrica, incluso cuando se expone a la luz.

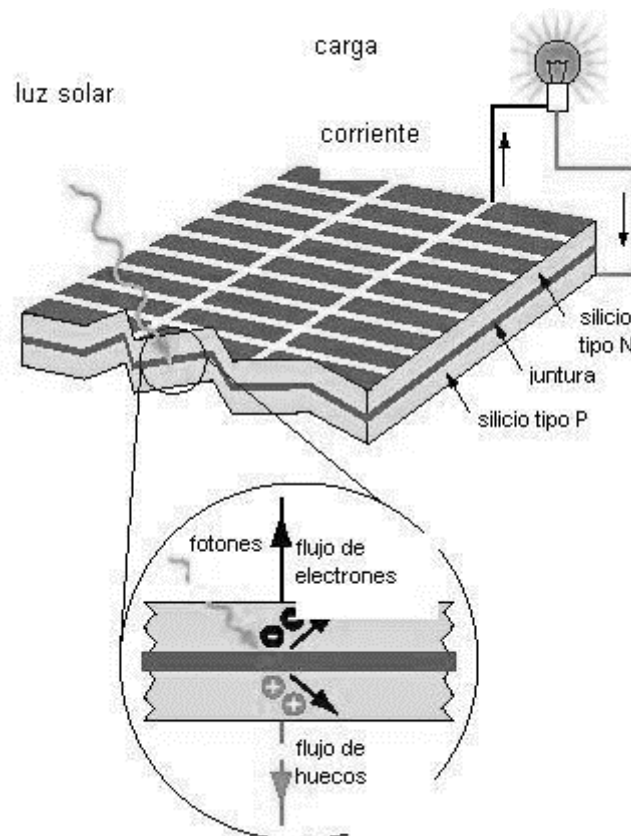
En tal caso, la luz solo provoca un calentamiento del semiconductor, un semiconductor es como un material que rara vez deja pasar la electricidad, incluso cuando se expone a la luz. Cuando la luz entra en él, como se muestra en la *figura*

3, solo lo calienta un poco, pero no produce electricidad, debido a que los pares electrón-hueco es decir que está haciendo referencia a la falta de un electrón en una posición específica en la estructura del semiconductor, creando lo que parece ser un espacio vacío o un lugar donde normalmente estaría un electrón los cuales generados por la luz desaparecen sin generar corriente eléctrica.

La unión p-n, que se logra difundiendo una capa de fósforo en una oblea de silicio previamente impurificada con boro, se refiere a un proceso en el que se introduce deliberadamente una pequeña cantidad de átomos de boro en un trozo de silicio, para alterar sus propiedades eléctricas, la cual permite la circulación de corriente eléctrica al crear un campo eléctrico.

Figura 3

Esquema de generación fotovoltaica



Fuente: (Google, 2023)

Las células solares actuales están formadas por una unión p-n como la descrita anteriormente, y para mejorar su rendimiento, se emplean tecnologías especiales, como la difusión de dopantes para células de silicio, estos son dispositivos utilizados para convertir la luz solar en electricidad.

La existencia de la unión p-n genera un campo eléctrico en el panel solar, dirigido del lado n al lado p, que separa los pares electrón-hueco. Este campo eléctrico guía los huecos hacia el contacto del lado p, extrayendo un electrón del metal que constituye el contacto, y dirige los electrones hacia el contacto del lado n, inyectándolos en el metal. (BAYOD, 2009)

En la cara frontal de la célula, que recibe la radiación solar, se coloca una malla de metalización frontal, se refiere al proceso de aplicar una capa de metal a la superficie de un material, que recoge las cargas y permite el paso de los fotones al interior del cristal, los fotones son minúsculos pedacitos de energía que viajan a la velocidad de la luz, no tienen peso y no tienen carga eléctrica, lo que significa que son neutros, los fotones son lo que hacen que la luz brille.

Esta malla no puede cubrir completamente la superficie de la célula para evitar pérdidas de eficiencia debido a la resistencia serie. Por lo tanto, se utilizan contactos en forma de peine para lograr un equilibrio entre permitir el paso de la luz solar y mantener una resistencia serie tolerable.

Además, la cara iluminada de la célula se recubre con una capa antirreflejante para aumentar la cantidad de energía solar absorbida. La coloración típica de las células es azul oscuro mate para evitar la reflexión de los fotones en la superficie. El grosor de la célula es un compromiso entre minimizar las pérdidas de transmisión y las recombinaciones de cargas eléctricas hasta la metalización.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que el grosor de las obleas es del mismo orden de magnitud que el de los utilizados para cortar el lingote de silicio cristalino, el cual es un bloque o trozo de silicio puro que ha sido cuidadosamente producido y

procesado para tener una estructura cristalina, lo que resulta en una pérdida considerable de material durante el corte.

Los paneles solares son una solución efectiva para reducir nuestra dependencia de los combustibles fósiles y mitigar el cambio climático (Johnson, 2019).

2.5 Aplicaciones de la energía solar en la domótica

Es importante resaltar que la domótica tuvo sus inicios en la década de 1980, con el desarrollo de sistemas de automatización en el hogar que buscaban facilitar la gestión de dispositivos eléctricos y mejorar la seguridad. Estos sistemas tempranos se basaban principalmente en protocolos de comunicación propietarios y eran costosos, lo que limitaba su adopción masiva

2.5.1 Integración de paneles solares en sistemas domóticos

A medida que la tecnología domótica evolucionaba, surgieron estándares y protocolos de comunicación más abiertos y compatibles entre dispositivos. Ejemplos destacados incluyen Zigbee, Z-Wave y Wi-Fi. Estos avances permitieron una mayor interoperabilidad entre dispositivos domóticos, facilitando la integración de diferentes sistemas en el hogar (Guzmán & Merino, 2015).

2.5.2 Integración de energía renovable fotovoltaica en domótica

Respecto a que la eficiencia de las células solares mejoraba y los costos disminuían, se vio un mayor interés en la integración de la energía fotovoltaica en sistemas domóticos. Los paneles solares se instalaron en techos residenciales, y las baterías de almacenamiento comenzaron a ser más comunes para permitir el almacenamiento de energía para su uso posterior.

En la actualidad, los proyectos de viviendas sostenibles con sistemas fotovoltaicos y domóticos inteligentes se han vuelto más populares y accesibles. Las viviendas sostenibles buscan reducir la dependencia de la red eléctrica y aprovechar al máximo la energía solar generada localmente. La domótica se ha convertido en un elemento

central en la gestión eficiente de la energía en estas viviendas, optimizando el uso de los recursos y mejorando el confort del usuario.

La historia de la energía renovable fotovoltaica para sistemas domóticos ha sido un viaje de innovación y desarrollo tecnológico, que ha llevado a la integración de estas tecnologías para crear viviendas sostenibles y eficientes energéticamente en la actualidad. La combinación de energía solar fotovoltaica y sistemas domóticos inteligentes representa un paso importante hacia un futuro más sostenible y consciente del medio ambiente. (Gonzalez, 2019)

2.5.3 Energía renovable fotovoltaica

En general la energía renovable fotovoltaica se basa en la conversión de la radiación solar en electricidad mediante paneles solares equipados con células fotovoltaicas. Esta tecnología presenta varias ventajas significativas. En primer lugar, la radiación solar es una fuente inagotable y universalmente disponible, lo que garantiza un suministro constante de energía.

Además, su producción no emite gases de efecto invernadero ni contribuye al cambio climático, lo que la convierte en una opción respetuosa con el medio ambiente. A lo largo del tiempo, los costos operativos son bajos después de la inversión inicial, lo que lleva a una reducción de costos a largo plazo. La independencia energética es otra ventaja clave, ya que los sistemas solares permiten a los usuarios generar su propia electricidad y disminuir su dependencia de fuentes convencionales. Además, la operación de paneles solares tiene un impacto ambiental mínimo en términos de emisiones y residuos.

Sin embargo, también hay desventajas que se deben considerar. La variabilidad climática puede afectar la producción de energía fotovoltaica, ya que depende de la disponibilidad de luz solar y puede fluctuar en días nublados o durante la noche. Los altos costos iniciales de instalación pueden dificultar su adopción para algunos consumidores, a pesar de los beneficios a largo plazo. Entonces, se requiere una

cantidad significativa de espacio para instalar suficientes paneles solares y generar cantidades significativas de electricidad.

La tecnología de almacenamiento de energía aún está en desarrollo, lo que limita la capacidad de almacenar el exceso de energía generada para su uso posterior. Además, la instalación masiva de paneles solares puede tener un impacto visual en el paisaje y competir con otros usos de la tierra.

La transición hacia un sistema energético basado en fuentes renovables es crucial para lograr la sostenibilidad a largo plazo y mitigar los impactos del cambio climático (Jacobson, Delucchi, & Mathiesen, 2017).

Continuando con la perspectiva de la energía renovable fotovoltaica, es importante destacar que los avances tecnológicos están constantemente abriendo nuevas oportunidades y superando algunas de las desventajas tradicionales.

En relación a la variabilidad climática, los sistemas de almacenamiento de energía están siendo desarrollados para abordar este problema. Las baterías de almacenamiento permiten capturar el exceso de energía durante los períodos de máxima generación solar y liberarla cuando la producción es baja, mejorando la capacidad de proporcionar electricidad constante.

En términos de altos costos iniciales, la disminución de los precios de los paneles solares y los incentivos gubernamentales han contribuido a hacer que la inversión en energía solar, sea más asequible para una gama más amplia de consumidores y empresas. Es por ello que los avances en la eficiencia de los paneles solares están aumentando la producción de energía por unidad de área, lo que puede ayudar a mitigar el espacio requerido.

En cuanto al impacto visual y el uso de tierra, la tecnología fotovoltaica ha evolucionado para incluir sistemas de integración arquitectónica, como paneles solares incorporados en techos y fachadas de edificios. Esto reduce el impacto visual y aprovecha el espacio ya existente de manera eficiente.

Por todo lo expuesto de las mejoras tecnológicas, es esencial considerar el impacto socioeconómico de la energía renovable fotovoltaica. La adopción y expansión de esta fuente de energía pueden crear empleos locales en la fabricación, instalación y mantenimiento de paneles solares y sistemas relacionados. Esto contribuye a impulsar la economía a nivel regional y nacional, al tiempo que fomenta la innovación en la industria de las energías renovables. (Mendoza, Botero, & González, 2022)

La descentralización de la generación de energía también es un aspecto importante a tener en cuenta. Al permitir a los hogares y las empresas generar su propia electricidad, la energía fotovoltaica reduce la dependencia de las grandes plantas de energía y la infraestructura de transmisión a larga distancia. Esto puede aumentar la resiliencia del sistema eléctrico y reducir los riesgos asociados con interrupciones del suministro.

Otro aspecto clave es la contribución a la seguridad energética. La diversificación de la matriz energética mediante la incorporación de fuentes renovables como la energía solar puede reducir la dependencia de los combustibles fósiles importados, disminuyendo la vulnerabilidad ante fluctuaciones en los precios y la disponibilidad de combustibles.

En última instancia, la energía renovable fotovoltaica desempeña un papel fundamental en la transición hacia un futuro energético más sostenible y resiliente. Si bien presenta desafíos, su continuo desarrollo y adopción ofrecen una solución efectiva para mitigar los impactos del cambio climático, reducir la contaminación y asegurar un suministro energético estable para las generaciones futuras.

2.6 Descripción de energía eléctrica

En contraste, la electricidad, cuyo nombre proviene del griego electrón, que significa "ámbar", es un fenómeno físico que se origina en las cargas eléctricas y se presenta en procesos térmicos (estufas, hornos), mecánicos (motores eléctricos), luminosos (luz) y químicos (cargadores de pilas, electrólisis).

La electricidad, que se puede ver en la naturaleza en forma de relámpagos, es necesaria para que el sistema nervioso funcione correctamente. Está en cualquier parte de nuestra vida, desde los dispositivos electrónicos más pequeños, como un MP4 o un móvil, hasta los potentes trenes de alta velocidad. Durante el siglo último, la electricidad no se había utilizado de manera tan amplia como se hace actualmente. (Arboledas, 2014)

El uso de energía eléctrica en todo el mundo sigue aumentando constantemente, por lo que es necesario buscar la manera de obtenerla de manera menos contaminante y, por lo tanto, más beneficiosa para el medio ambiente. Aunque la electricidad es una fuente limpia, la producción puede ser muy contaminante.

Si tenemos una comprensión adecuada de las leyes del electromagnetismo y también conocemos los diversos métodos para obtener electricidad y mostrar sus efectos magnéticos, mecánicos o químicos, será fácil implementarlas en cualquier proyecto tecnológico imaginable por la mente humana. Además, podemos referir a la electricidad al área de la física que estudia las leyes que regulan este fenómeno físico, así como al área de la tecnología que la utiliza en aplicaciones prácticas.

2.6.1 Corriente continua y alterna

Por consiguiente, la "energía eléctrica" es un término general que se refiere a la forma de energía, que se deriva del movimiento de electrones a través de un conductor eléctrico. Es una de las formas de energía más utilizadas en la sociedad moderna y es fundamental para el funcionamiento de dispositivos y sistemas eléctricos. La energía eléctrica se puede clasificar en dos tipos principales: corriente continua (CC) y corriente alterna (CA).

2.6.2 Corriente continua

Es el flujo continuo de electrones en una sola dirección a través de un conductor eléctrico, es decir la corriente continua es unidireccional y constante, se genera principalmente a partir de baterías, celdas fotovoltaicas y fuentes de alimentación,

principalmente se caracteriza por que el flujo de electrones no cambia de dirección y su voltaje es constante (Mahmoud, 2022).

2.6.3 Corriente alterna

En la corriente alterna el flujo de electrones cambia de dirección periódicamente es decir, que cambia de dirección a una frecuencia determinada formando ondas sinusoidales y esta se invierte a una frecuencia de entre 50 o 60Hz, esta corriente se genera principalmente en plantas eléctricas y es distribuida a través de la red eléctrica a los hogares, puede transportarse a largas distancias y convertirse fácilmente en diferentes niveles de voltaje por medio de los transformadores (Chapman, 2021).

2.6.4 Que es tensión

Se considera la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos, en un circuito se conoce como tensión. Se mide en volts (V) y también se conoce como voltaje. Representa la "fuerza" o "presión" que hace que los electrones se muevan a través de un conductor eléctrico.

En pocas palabras, el voltaje es lo que hace que los electrones se muevan en un circuito eléctrico. Los electrones suelen moverse del punto de mayor potencial (mayor voltaje) hacia el punto de menor potencial (menor voltaje) cuando hay una diferencia de potencial entre dos puntos (por ejemplo, entre los extremos de una batería) en un intento de equilibrar esta diferencia. (Arboledas, 2014)

2.6.5 Tensión eléctrica

La tensión eléctrica es una de las características fundamentales de un circuito eléctrico y está relacionada con la corriente (amperios) y la resistencia (ohmios) a través de la Ley de Ohm, que establece que V (voltaje) = I (corriente) x R (resistencia).

La tensión eléctrica es la medida de la diferencia de potencial eléctrico en un circuito y determina cómo se moverán los electrones a través de dicho circuito. Es una de las principales magnitudes utilizadas en la teoría y aplicación de la electricidad.

2.6.6 Amperios

Una unidad de medida de corriente eléctrica es el amperio, cuyo símbolo es A. Representa la cantidad de carga eléctrica que fluye a través de un punto en un circuito por unidad de tiempo.

Los amperios, en términos más simples, representan la cantidad de electrones que pasan por un punto en un circuito en un segundo. Una corriente de un amperio implica un flujo de una carga eléctrica por segundo.

Es fundamental comprender que los voltios (V) miden la diferencia de potencial o voltaje en un circuito, mientras que los amperios son una medida de corriente. Los voltios y los amperios, que se miden en vatios (W) y se regulan por la ley de Ohm, juntos determinan la potencia de un sistema eléctrico.

2.6.7 Volts

Los volts (símbolo: V) son una unidad de medida de la diferencia de potencial eléctrico o voltaje en un circuito eléctrico. Representan la cantidad de energía potencial eléctrica por unidad de carga eléctrica que posee un sistema, los volts indican cuán fuerte es la "fuerza" o "presión" que impulsa a los electrones en un circuito.

Son una medida esencial en electricidad y electrónica, ya que determinan cómo fluye la corriente eléctrica a través de un circuito y qué dispositivos pueden funcionar con ese voltaje específico. (Charles & Sadiku, 2018)

2.6.8 Ley de ohm

La ley de Ohm es la más simple y se utiliza en electricidad y electrónica; por lo tanto, debe dominarse completamente para enfrentarse al análisis de cualquier circuito.

Recordemos qué es un circuito y cómo funciona antes de aprender sobre la ley de Ohm. Un circuito es un conjunto de componentes que forman una trayectoria cerrada para permitir que los electrones circulen y generar un efecto específico (García A. &, 2020).

Cualquier circuito requiere al menos tres componentes fundamentales.

- Una fuente de energía que suministra la fuerza necesaria, tensión o potencial para movilizar a los electrones a lo largo del circuito.
- Un conjunto de conductores de la corriente eléctrica por los que circularán los electrones.
- Uno o varios elementos receptores o cargas que se encargan de convertir la electricidad en otra forma de energía.

Si se analiza un circuito en el que están en serie como se muestra en la *figura 4*, una fuente de voltaje (una batería de 12 voltios) y una resistencia de 6 ohmios, la Ley de Ohm se puede comprender fácilmente. El voltaje de la batería, el valor de la resistencia y la corriente que entrega la batería y circula a través de la resistencia se pueden relacionar.

Esta relación es: **$I = V / R$ y se conoce como la Ley de Ohm.**

Entonces la corriente que circula por el circuito (por la resistencia o resistor) es:

$$I = 12 \text{ Voltios} / 6 \text{ ohms} = 2 \text{ Amperios.}$$

De la misma manera, se puede despejar el voltaje de la fórmula en función de la corriente y la resistencia, lo que da como resultado la Ley de Ohm:

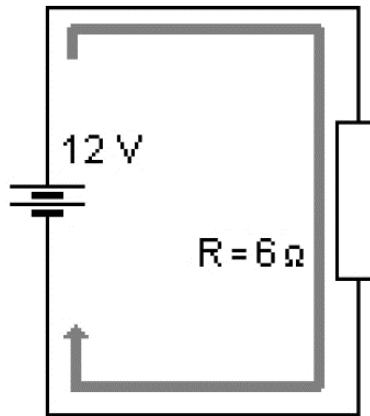
$$V = I * R.$$

Por lo tanto, una vez que se conocen la corriente y la resistencia, se puede obtener la tensión entre los terminales de la resistencia de la siguiente manera:

$$V = 2 \text{ Amperios} * 6 \text{ ohms} = 12 \text{ V}$$

Figura 4

Diagrama de Batería



Fuente: (Google, 2023)

Al igual que en el primer caso, si se despeja la resistencia en función del voltaje y la corriente, se obtiene la Ley de Ohm de la siguiente manera:

$$\mathbf{R = V / I.}$$

Por lo tanto, si se conoce el voltaje de la resistencia y la corriente que la atraviesa, se obtiene que:

$$\mathbf{R = 12 \text{ Voltios} / 2 \text{ Amperios} = 6 \text{ ohms}}$$

Es fascinante observar cómo la relación entre la corriente y el voltaje en una resistencia siempre es lineal y cómo el valor de la resistencia está directamente relacionado con la pendiente de esta línea.

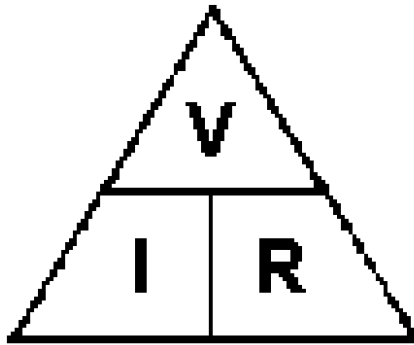
Por lo tanto, a mayor resistencia, más pendiente.

El triángulo siguiente, que tiene mucha similitud con las fórmulas anteriores, se utiliza para recordar las tres expresiones de la Ley de Ohm.

Triángulo de la ley de Ohm

Figura 5

Triángulo Ley de Ohm



Fuente: (Dima, 2015)

$$\mathbf{V = I \times R \quad I = V / R \quad R = V / I}$$

- Con la resistencia invariable. La tensión sigue a la corriente. Un aumento en la tensión implica un aumento en la corriente, y un aumento en la corriente implica un aumento en la tensión.
- Con el voltaje fijo. Un incremento en la corriente, causa una disminución en la resistencia y un incremento en la resistencia causa una disminución en la corriente.
- Con una corriente constante. La resistencia sigue al voltaje. El voltaje aumenta con la resistencia, y la resistencia aumenta con el voltaje.

Ahora podemos formular la ley de Ohm. El físico alemán Georg Simon Ohm (1789-1854) descubrió que en un circuito con una fuente de alimentación (V) y una resistencia pura (R) se cumplía que:

La intensidad de corriente eléctrica (I) que circula por un circuito es directamente proporcional a la caída de tensión (V) e inversamente proporcional a la resistencia (R) del mismo.

2.7 Componentes

A lo largo del proyecto se mencionan algunos de los componentes que se ocuparán para la implementación del sistema, por lo que es necesario tener en claro todas las características de cada uno, así como su funcionamiento, aplicaciones ya que la transferencia de conocimiento tecnológico y de investigación se fundamentará como marco teórico, el de uso comercial y la invención de los mecanismos domóticos que lo complementarán y serán probados.

Se requiere una configuración de sistema fotovoltaico para la energización de los sistemas, compuesto por un conjunto de paneles solares según sea el grado de las necesidades de la vivienda en la producción eléctrica, que puede variar de acuerdo a los servicios que requiera como, por ejemplo: iluminación básica de los 150 Watts hasta los 700 Watts.

Este sistema lo complementan dispositivos como inversores de energía, o batería de ciclo profundo, así como fuentes de carga.

Los dispositivos domóticos desarrollados se encargarán de la administración de este sistema es decir tendrán la función de un administrador de recursos.

Dependiendo de las necesidades básicas de la vivienda se piensa la configuración del sistema en las siguientes partes.

2.7.1 Instalación del kit solar

Un kit solar fotovoltaico lo componen una serie de elementos que le permiten funcionar como captador de energía. Las placas solares son uno de ellos, y están encargadas de recibir toda la radiación solar posible para transformarla en electricidad de corriente continua.

Es en este momento en el cual los inversores, transforman esa corriente continua en corriente alterna lista para ser consumida en el hogar. Ahora, en el caso de sistemas que han sido diseñados para autoconsumo, los inversores están conectados a la red eléctrica de la vivienda, como punto de inicio en la distribución de la energía

en la vivienda y son los que alimentarán a los sistemas domóticos, de bombeo de agua, de refrigeración de alimentos o en su necesidad otros sistemas que se estén ocupando.

2.7.2 El inversor CA

Por consiguiente, el inversor solar es el encargado de convertir la corriente continua procedente de los paneles solares en corriente alterna senoidal. Los inversores pueden abarcar tensiones de entrada de 12V, 24V o 48V cuando se utilizan en instalaciones aisladas, es decir convierten ese voltaje a tensiones de 110v o 220v. (Gonzalez, 2019). Los que están destinados a instalaciones conectados a la red eléctrica, la tensión de entrada suele ser mayor, ya que se prioriza alcanzar tensiones más elevadas, para fines de la investigación se adoptará el sistema aislado y auto sustentable, por lo que no dependerá del suministro de la red eléctrica de Comisión Federal de Electricidad.

2.7.3 Controlador

Es interesante mencionar que el regulador de carga solar es un dispositivo electrónico que va situado entre los paneles solares y las baterías. Su función es regular el flujo de energía que va de los paneles a las baterías. Controla tanto la intensidad como el voltaje que reciben estas, con el objetivo de que la recarga sea en condiciones óptimas y no dañe las baterías otra de sus funciones es de alargar la vida útil de ellas.

En el llenado de baterías, existen tres fases —bulk, absorción y flotación— según los niveles de carga. Este aparato se ocupa de que estas fases estén equilibradas y se produzcan en el momento adecuado, todo ello para que la batería, que es un elemento sensible, no se deteriore antes de tiempo.

Otras funciones que tiene el regulador son:

- 1) Evitar que las baterías se descarguen durante la noche cuando no tienen la aportación de energía de los paneles.

2) Proporcionar información de todo el sistema fotovoltaico (voltaje de las baterías, energía generada, nivel de carga, etc.).

3) Sirve como protección para evitar descargas profundas cuando tiene elementos consumiendo corriente continua directamente de las baterías.

Existen varios tipos de controladores o reguladores utilizados en sistemas fotovoltaicos para administrar la carga y descarga de las baterías y maximizar la eficiencia. Los principales tipos de controladores para sistemas fotovoltaicos son:

Controladores de carga PWM (Pulse Width Modulation): Los controladores PWM son comunes y utilizan un método de control que modula la cantidad de energía entregada a la batería a través de ciclos de conexión y desconexión rápida.

Controladores de carga MPPT (Maximum Power Point Tracking): Los controladores MPPT son más avanzados y eficientes. Utilizan algoritmos para rastrear el punto de máxima potencia del panel solar, lo que permite una conversión más eficiente de energía y un aumento en la carga de las baterías.

Controladores de carga de dos etapas: Estos controladores tienen un proceso de carga en dos etapas, generalmente una etapa de carga a corriente constante (Bulk) seguida de una etapa de carga a voltaje constante (Float). Este enfoque es eficaz para mantener las baterías en condiciones óptimas y evitar la sobrecarga.

Controladores de carga de tres etapas: Los controladores de carga de tres etapas añaden una etapa adicional de carga de absorción, que permite que las baterías alcancen su máxima capacidad de carga antes de entrar en la etapa de flotación. Esto es beneficioso para prolongar la vida útil de las baterías.

Controladores de carga basados en temporizador: Estos controladores funcionan según un temporizador preestablecido y no supervisan las condiciones de carga de la batería ni la radiación solar. Son menos precisos y eficientes en comparación con los controladores PWM o MPPT y se utilizan en aplicaciones muy simples.

2.7.4 Baterías de ciclo profundo

Cabe destacar que las baterías de ciclo profundo para paneles solares, almacenan energía de modo que las fuentes de la corriente eléctrica la recarguen a través de la instalación fotovoltaica, acumulan esta energía para emplearla en la noche o cuando no hay otra fuente de poder. La diferencia principal entre las baterías de ciclo profundo para paneles solares y las de ciclo corto, se basa en el uso que se hace de ellas (Gimeneo, Seguí, & Orts, 2011).

Para sistemas de iluminación, las cargas que se aplican a las baterías usualmente son pequeñas respecto a la capacidad de la batería. Aquí se emplea energía por debajo de la capacidad del acumulador. Por ejemplo, una batería de 65 amperios gasta 6 amperios en 10 horas. Por ello se les llama de ciclo profundo, pues pueden ser descargadas en un 90%.

Están diseñadas para descargarse casi en su totalidad y, de forma regular, perder entre 50% y 80% de su capacidad.

Se puede decir que estas baterías son las que energizarán los sistemas domóticos de iluminación y servicios básicos en la vivienda cargadas por los paneles solares en el transcurso del día.

2.7.5 Administrador domótico

En lo que respecta a este aparato, es una colección de herramientas que controlará la casa habitación, su función es la de administrar los recursos que genere el sistema solar, cuidar la energía eléctrica de acuerdo a las necesidades de la vivienda, como por ejemplo administrar el sistema de bombeo de agua, en base a las mediciones que le mande el indicador de almacenamiento, control de luces nocturnas y diurnas.

Los asistentes de voz como Alexa o Google Home se están convirtiendo en administradores domóticos muy populares por su facilidad de uso (García J. , 2018).

2.7.6 Bitácoras

Ahora bien, cuando el sistema se encuentre en función se requerirá un registro que pueda recopilar datos de múltiple uso de los dispositivos y poder visualizar los perfiles de la vivienda y de las personas que habitan en ella, la bitácora es responsable de registrar tanto la carga como la descarga de las baterías. Es un sistema de registro y monitoreo que registra todas las acciones relacionadas con la producción y el almacenamiento de energía solar. Esta aplicación permite mantener un registro detallado de la cantidad de energía producida por los paneles solares y la cantidad de energía almacenada en las baterías y utilizada para alimentar dispositivos o sistemas eléctricos.

El uso de bitácoras digitales interconectadas con los inversores fotovoltaicos facilita enormemente las tareas de monitorización (Torres, 2019).

Es fundamental mencionar que para la parte de la domótica se deben reconocer otros componentes, que a continuación se mencionarán para que de este modo se tenga un conocimiento más profundo y comprensible de esta parte importante que es la domótica.

2.7.7 Arduino

En este caso arduino es utilizado como un microcontrolador, cuando tiene un programa descargado desde un ordenador y funciona de forma independiente de éste, y controla y alimenta determinados dispositivos y toma decisiones de acuerdo al programa descargado, entonces interactúa con el mundo físico esto gracias a sensores y actuadores. El hardware y software abiertos de arduino fomentan la innovación colaborativa (Blanco, 2018).

2.7.8 Raspberry Pi

Una raspberry PI es un ordenador del tamaño de una tarjeta de crédito, consiste en una placa base que soporta distintos componentes de un ordenador como un

procesador ARM de hasta 1500 MHz, un chip gráfico y una memoria RAM de hasta 8 GB.

Esta computadora proporciona flexibilidad al proyecto ya que aparte de ser un equipo computacional compacto, proporciona la funcionalidad de controlar otros dispositivos inteligentes como en el caso de arduino, pero desde el punto de vista de una interfaz de usuario.

2.7.9 Sensores

Es un dispositivo diseñado para captar un estímulo de su entorno y traducir esa información que recibe. Esa información recibida es normalmente convertida a un impulso eléctrico que posteriormente es procesado por una serie de circuitos que generan una acción predeterminada en un aparato, sistema o máquina. Es un artefacto que en algunas aplicaciones transforma una clase de información en otra que se quiere medir o controlar.

Los sensores permiten capturar datos del entorno físico y convertirlos en señales eléctricas procesables (Sánchez, 2017).

Los sensores reaccionan a los cambios de las condiciones físicas alterando sus propiedades eléctricas. Por lo tanto, la mayoría de estos dispositivos industriales dependen de sistemas electrónicos para capturar, analizar y transmitir información sobre el medio ambiente.

Estos sistemas electrónicos se basan en los mismos principios que los circuitos eléctricos para funcionar, por lo que la capacidad de controlar el flujo de energía eléctrica es muy importante. Es decir, un sensor convierte los estímulos como el calor, la luz, el sonido y el movimiento en señales eléctricas. Estas señales se pasan a través de una interfaz que las convierte en un código binario y lo pasa a una computadora para ser procesado.

CAPÍTULO III

DESARROLLO Y METODOLOGÍA

3.1 Procedimiento y descripción de actividades realizadas

El cronograma de la *figura 6*, proporciona una visión general de la estructura temporal del proyecto, la duración del proyecto y las actividades realizadas cada semana hasta su finalización.

Figura 6

Cronograma de actividades

Actividades	Septiembre 1-17	Septiembre 18-30	Octubre 1-15	Octubre 16-31	Noviembre 1-6	Noviembre 7-13	Noviembre 14-19	Nov-Dic 20-15	Diciembre 16-22
Identificación del lugar									
Evaluación del sitio									
Análisis de datos									
Cálculos y dimensionamiento									
Presupuesto y aprobación									
Adquisición de material									
Preparación del sitio									
Instalación y configuración									
Pruebas y monitoreo inicial									

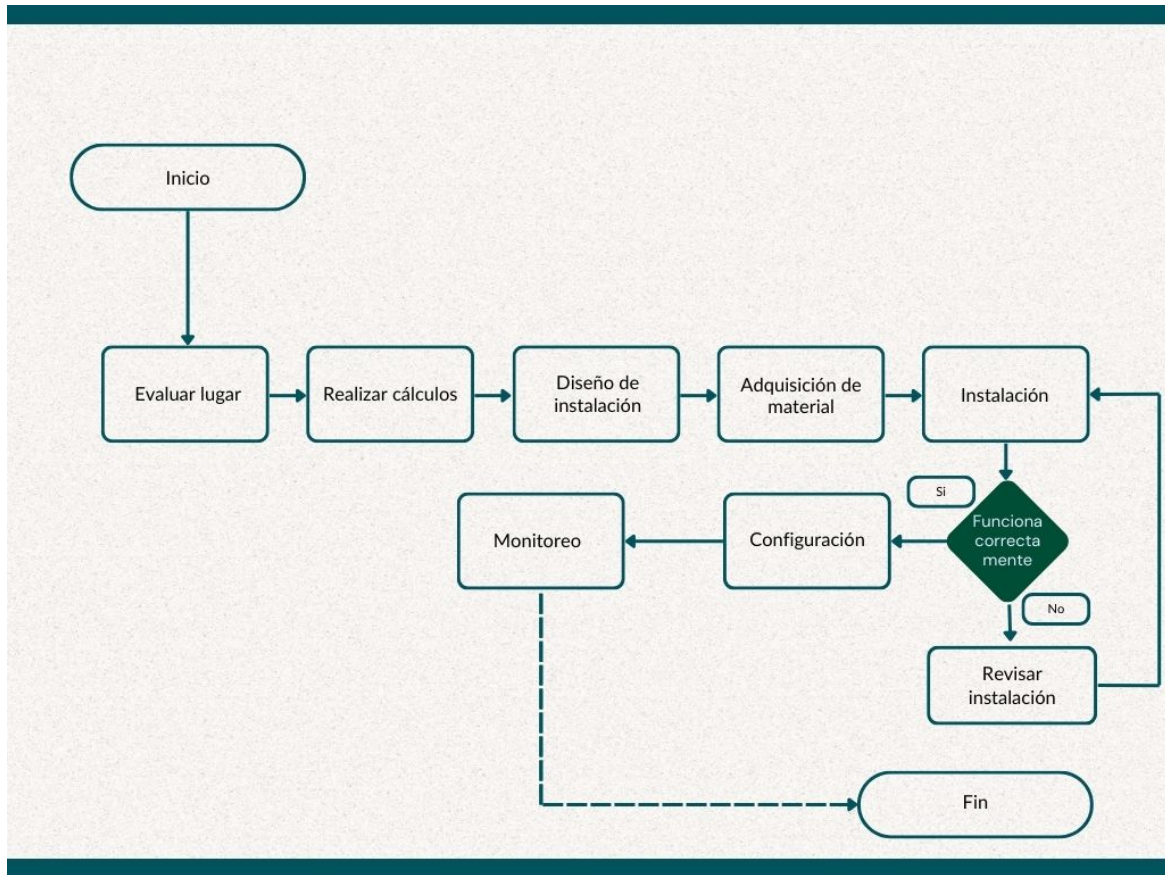
Fuente: Creación propia

Para llevar a cabo el proyecto de energía renovable fotovoltaica para sistemas domóticos, es necesario tener en cuenta algunas características que ayudarán a que el proyecto sea implementado de manera correcta en donde se puedan obtener beneficios y una reducción significativa del consumo de luz comercial.

En la siguiente *figura 7*, se muestra un diagrama de procesos el cual indica cómo es que está diseñado el proceso a seguir para la implementación del sistema fotovoltaico, así como las consideraciones necesarias a tomar en cuenta antes de la implementación.

Figura 7

Diagrama de procesos para implementar el sistema



Fuente: Creación propia

Una vez hecho este proceso, se prosigue con la evaluación de sitio, así como el diseño el cual debe ser basado en las características y necesidades del lugar.

3.1.1 Evaluación del sitio y diseño

Un punto de gran importancia es que se debe determinar el sitio más adecuado para la instalación de los paneles solares, los cuales deben estar en la orientación correcta en todo momento con la mejor exposición al sol, teniendo en cuenta la inclinación del techo, como se muestra en la *figura 8*, así como el sombreado y el espacio disponible que se tiene, el panel va montado sobre un marco o base dentro del techo de la vivienda a una inclinación de 30° grados aproximadamente para captar la mayor energía solar disponible.

La siguiente imagen muestra un prototipo de hogar que se distingue por usar paneles solares. A través de esta perspectiva, se analizará cómo el uso de estos paneles no solo beneficia al medio ambiente, sino también cómo esta decisión beneficia la eficiencia energética de la vivienda y los costos asociados.

Figura 8

Prototipo de la vivienda



Fuente: Creación propia

Datos recientes aseguran que la cantidad de energía solar que llega a la tierra en una hora es suficiente para abastecer las necesidades de energía de la humanidad durante un año entero.

Por otro lado, se realiza un análisis de consumo de la vivienda para dimensionar el tipo de sistema de paneles solares y así determinar la capacidad necesaria.

A continuación, se muestra en la *tabla 1* la información, donde se analizan los diferentes artefactos que serán alimentados de energía solar.

Tabla 1

Consumo total de la vivienda en watts y horas día

Número de artículos	Artefactos	Potencia medida en Watts (W)	Horas de uso por día (H)	Total, de energía (W/h)
1	TV de 42" LCD	128	4	512
3	Lámparas Led	32	4	384
1	Computadora Laptop	65	1	65
1	Refrigerador inverter	153	14	1400

Energía total = **2,361 Wh**

Fuente: Creación propia

Se debe tomar en cuenta que los artefactos también deben ser analizados de acuerdo al uso y la potencia que ocupan, para así tener armonía en cuanto al consumo de energía, evitando sobre cargar o tener poca potencia lo que ocasionaría daño para los aparatos conectados.

3.1.2 Diseño del Sistema

La energía solar se ha convertido en una fuente de energía limpia y sostenible que se ha popularizado a nivel mundial. Una forma efectiva de utilizar la energía solar para reducir los costos y la huella de carbono es instalar paneles solares en la azotea de un hogar. Sin embargo, la instalación de paneles solares en techos requiere atención especial a la seguridad, planificación adecuada y un enfoque cuidadoso.

Tomando en cuenta el consumo total se debe calcular el equipamiento de paneles a utilizar, la capacidad del controlador, el voltaje y los amperios necesarios, así como el número de baterías.

En la siguiente *figura 9*, podemos visualizar cómo es que se puede calcular el tipo de componentes necesarios para armar un kit solar de acuerdo a las necesidades energéticas de cada vivienda, es una página web creada por el asesor, la cual permitirá mediante cálculos decidir qué tipo de controlador se adecúa a las necesidades para conformar el kit solar, esto con el fin de que puedan trabajar de manera armónica cada componente del kit, para la selección de los paneles se debe considerar el consumo de la vivienda para que con ello pueda ajustarse a la potencia en watts, así como al voltaje de trabajo, sin duda estos datos son de gran relevancia y con este sistema hace mucho más fácil la elección.

Figura 9

Cálculo inteligente de kit solar.



Sistema Para Instalación de Kits Solares



Selección del Controlador Solar

Capture los datos para el controlador que debe utilizar en su sistema de energía solar.

Cuántos paneles piensa colocar

Cuántos watts(vatios) tiene cada panel

Qué voltaje tiene cada panel



Cálculo de las baterías en base a los aparatos a energizar

Cálculo para seleccionar las baterías a utilizar en base a la demanda de energía de los electrodomesticos que conecte a su planta solar.

Escriba el total de energía en watts a consumir en la vivienda

Cuántos volts es su batería



Selección el panel(es)

Calculo del kit solar en base a la selección del panel para su sistemas fotovoltaico.

Número de paneles

Potencia en watts

Voltaje de trabajo

Fuente: (Hernández, 2023)

De acuerdo a la elección de los paneles deriva la elección de batería y controlador, para que se tenga la certeza de que el kit solar calculado, contará con los componentes necesarios para la instalación, y una vez teniendo estos datos, se puede tomar una decisión acerca del inversor más conveniente para el kit.

La instalación del equipo, es de actividades más delicadas y relevantes para este estudio, ya que se tiene que buscar la mejor ubicación de las celdas solares para captar el mayor efecto fotovoltaico, ahora bien, la **figura 10** muestra los cálculos hechos para definir el tipo de controlador que se debe elegir, de acuerdo a la demanda de energía requerida y el controlador que arroja como el más idóneo es el MPPT, así como el desglose de información útil para el proyecto.

Se debe tener en cuenta que antes de comenzar la instalación, es necesario comprender las características técnicas del proceso, que incluyen el trabajo en alturas y manejo de equipos eléctricos. Este software se encuentra disponible en la dirección <http://187.157.132.18/solar> para consulta del público interesado en este tipo de aplicaciones.

Figura 10

Elección de controlador por parte de la página realizada

Controlador recomendado

Datos proporcionados:
4 Panel(es)
9.18 Corriente a corto circuito
1320 Watts de potencia
37.87 Volts por panel
Configuración en serie
Con 1.25 de factor de seguridad del 25%

El controlador es la parte pensante de su kit solar, en este caso de los datos que usted proporcione se recomienda un controlador superior a los

45.9 amperes

Considere la potencia de los paneles solares, en este caso

Se recomienda
un controlador **MPPT**

Watts Generados para el cálculo se estima que sus paneles generaran en promedio

1320 Watts de potencia
en condiciones optimas de luz solar. Con un voltaje de

151.48 volts
y un amperaje de

8.71 amperes

[Regresar](#)

Fuente: (Hernández, 2023)

3.1.3 Adquisición de materiales

Para poder generar 2,361 watts hora se tiene que contemplar las celdas solares suficientes, con el término hora solar pico (HSP). Debemos tomar en cuenta la potencia de los paneles (Wp) y el valor de la radiación solar pico HSP en la zona de instalación el cual tendrá una variación de entre 0 por falta radiación y 5 con alta radiación solar al día, por supuesto en función de las estaciones del año; por citar otro ejemplo existen altos valores en verano y valores muy bajos en invierno en este caso el factor de la hora solar pico va a depender de la zona donde se encuentre la vivienda, en este caso el factor es de 1.9 HSP en promedio anual.

Otro factor a considerar es el tipo de panel que se utilizó para la investigación, ya que existen un universo de modelos y marcas a considerar; en el caso de las condiciones que presenta la zona con continuos días lluviosos la opción más viable era seleccionar un panel monocristalino de potencia mediana alta para captar toda la energía posible hasta en días con neblina, la potencia seleccionada fue de 330 watts con 24 volts de trabajo.

3.1.4 Paneles y cálculos realizados para la implementación del proyecto

La elección de utilizar 4 paneles solares con una potencia pico de 330 Wp cada uno se basa en un cálculo de la demanda diaria de energía de 2,361 Wh y las horas de sol pico estimadas en 1.9 horas. Estos paneles están diseñados para generar la cantidad de energía necesaria para satisfacer esas necesidades diarias en la ubicación específica.

A continuación, se muestran los cálculos realizados para determinar los materiales necesarios para la demanda requerida, utilizando una variedad de fórmulas utilizadas en un artículo que sirvió como base para la presente investigación. Los autores (Hernández, Guitiérrez, & García, Diseño de una vivienda con energía solar en la zona Nororiental del Estado de Puebla., 2023) mencionan este método para determinar la cantidad de material.

Los cálculos quedarían de la siguiente manera:

$$330W_p \times 1.9 \text{ HSP} = \mathbf{627 \text{ Wh/día}}$$

Posteriormente se divide el total de energía a producir / potencia pico del panel solar a utilizar (W_p) / las horas solar pico y daría como resultado el total de paneles a utilizar de manera redondeada.

$$\text{Energía Total} = 2,361 \text{ Wh} / 330 \text{ Wp} / 1.9 \text{ HSP} = \mathbf{3.7 \text{ Total de paneles a utilizar (4 paneles)}}.$$

Los paneles solares están diseñados para durar entre 25 y 30 años, pero muchos continúan produciendo energía incluso después de 40 años.

3.1.5 Proceso para selección de baterías

Para el caso de las baterías, se eligieron con el objetivo de garantizar un funcionamiento eficiente y duradero del sistema de energía solar. Se consideró una demanda de energía diaria de 2,361 Wh y se aplicó un factor de protección del 60%. Esto significa que se utilizará solo el 60% de la capacidad total de las baterías para evitar dañarlas y extender su vida útil. Por lo tanto, se seleccionaron baterías que puedan proporcionar al menos 1,416 Wh de energía disponible para cubrir las necesidades diarias. Esta elección se basa en la optimización del rendimiento y la durabilidad del sistema de almacenamiento de energía.

Ahora se calcula el banco de baterías a utilizar:

Energía total = **2,361** Wh considerando un horario nocturno y tomando en cuenta que se utiliza un 60% de las baterías, como factor de protección para brindar los servicios descritos en la tabla I, es decir:

$$\text{Energía total} = \mathbf{2,361 \text{ Wh}}$$

60% de uso de carga de las baterías

$$\text{Energía total} = 2,361 \times 0.6 = \mathbf{1,416 \text{ Wh (energía disponible)}}$$

1,416 Wh es la energía que vamos a necesitar de las baterías, cuidando siempre no exceder del 60% de su uso debido a que se podrían dañar al pasar de ese parámetro.

3.1.6 Inversor

De tal manera la elección de un inversor de 2000 W se basa en la capacidad de manejar las necesidades diarias de energía del hogar de estudio, brindar eficiencia operativa del sistema, lo que resulta en una solución equilibrada y efectiva para la conversión de energía solar en electricidad utilizable en el estudio, ya que al disponer de este inversor se tiene la certeza de que brindará el mayor rendimiento por las características que se acoplan para el sistema fotovoltaico.

Existen diferentes tipos de inversores como lo son, los de onda pura y onda cuadrada, la elección entre un inversor de onda pura depende de si se requiere alta calidad de energía en dispositivos sensibles y para el caso de onda cuadrada, si la calidad de la energía es menos crítica y se busca economizar, esto depende de las necesidades específicas, para el sistema optamos por un inversor de onda pura.

El inversor elegido es de 2000W de onda pura, se encuentra en el rango de ± 127 voltios diseñado para su uso en la red de 127V. Esto asegura una salida de onda pura que se asemeja al voltaje estándar de la red eléctrica en la mayoría de las áreas de México.

3.1.7 Controlador MPPT de 24 y 60A

Existen diferentes tipos de controladores como lo son MPW, estos son adecuados para sistemas más pequeños y económicos y son efectivos para mantener la carga de las baterías. Por otro lado, están los controladores por etapas, los cuales son también conocidos como controladores por pasos, estos son utilizados en sistemas de control digital.

A partir del análisis de los tiempos de controladores se seleccionó un regulador MPPT de 24V y 60A con el propósito de optimizar el rendimiento del sistema. Este controlador tiene la capacidad de seguir el punto de máxima potencia de los paneles

solares, asegurando así una captura eficiente de la energía solar, incluso cuando las condiciones de luz son cambiantes. Son ideales para sistemas más grandes y lugares con variaciones climáticas significativas.

3.1.8 Instalación física

Para la instalación del sistema de paneles solares, se debe considerar que el área se encuentre limpia, asegurándose de que la superficie esté nivelada y segura para la instalación.

3.1.8.1 Montaje de los paneles solares

Primero deben ser montados en la ubicación previamente elegida sobre el techo de la vivienda como se observa en la *figura 11*, utilizando una estructura de soporte la cual le brinde la seguridad necesaria, asegurando que estén orientados hacia el sur (en el hemisferio norte) y a la inclinación correcta para optimizar la captación de luz solar.

Figura 11

Montaje de paneles



Fuente: Creación propia

3.1.8.2 Instalación del controlador

Se debe considerar que el controlador se encuentre en un lugar protegido de condiciones ambientales adversas como se muestra la *figura 12*, con suficiente ventilación y que se encuentre correctamente conectado a los paneles solares.

Figura 12

Instalación del controlador.



Fuente: Creación propia

3.1.8.3 Instalación de baterías

Instalarlas en un lugar adecuado y conectarlas correctamente al sistema para que la energía pueda ser almacenada sin fugas de energía. Las conexiones eléctricas requeridas se realizan para garantizar una conexión efectiva con los demás componentes del sistema, como los paneles solares y el controlador MPPT. Además, la configuración de las baterías se verifica y ajusta para maximizar su rendimiento y vida útil. La instalación de las baterías se lleva a cabo de manera meticulosa para garantizar que el sistema de almacenamiento de energía funcione de manera segura y eficiente.

Figura 13

Instalación de baterías



Fuente: Creación propia

3.1.8.4 Conexiones

Del mismo modo, se debe realizar las conexiones de manera que se mantengan en un lugar específico para evitar que se muevan o se desconecten, esto incluye conectar los paneles solares al controlador, el controlador a las baterías, y de las baterías al inversor, el cual se encarga de desempeñar una función esencial en la conversión de la energía generada por los paneles solares en corriente continua (CC) en energía utilizable en corriente alterna (CA).

Figura 14

Inversor conectado.



Fuente: Creación propia

3.1.8.5 Configuración

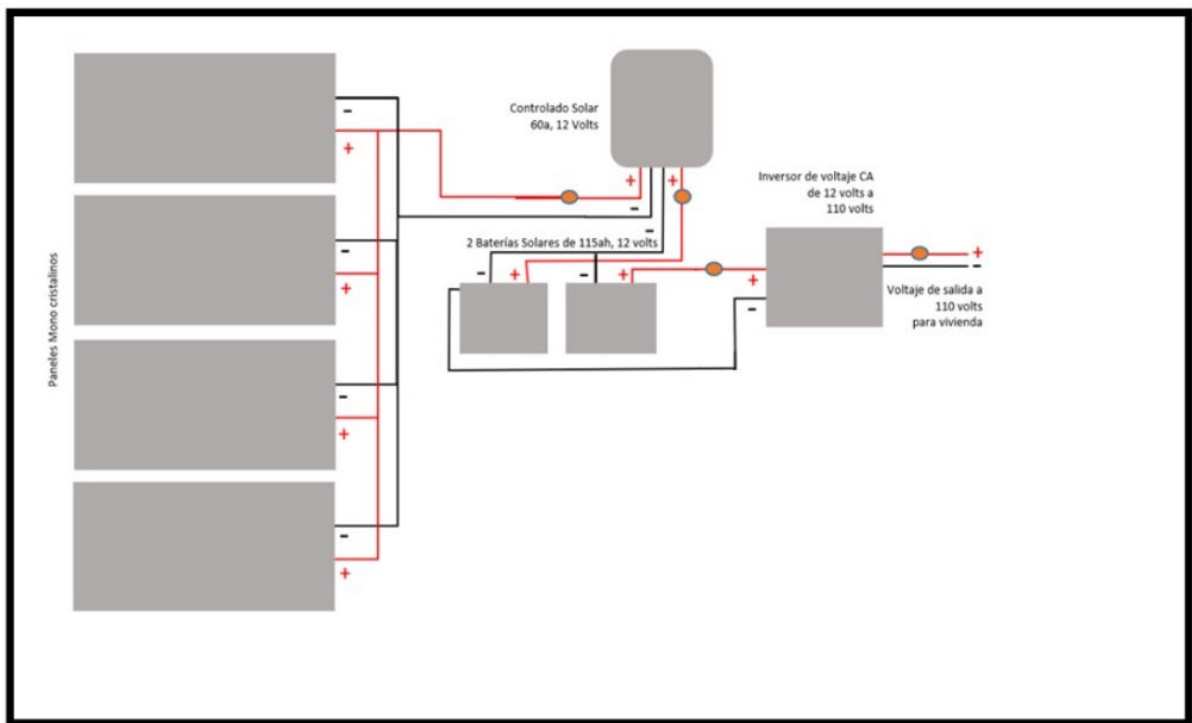
Se deben configurar los parámetros del controlador, el cual será la parte central que fungirá como el cerebro de la instalación, para finalizar se deben realizar pruebas de funcionamiento, para asegurarse de que todos los componentes están operando correctamente y que la energía generada está siendo correctamente distribuida.

3.1.9 Diagrama general de la interconexión

La propuesta como se puede ver en la *figura 15*, es la interconexión del sistema con todos los componentes que lo conforman, en donde se puede representar la parte de la fotovoltaica, esto con la intención de que el sistema sea más fácil de comprender.

Figura 15

Esquema de la instalación general del proyecto



Fuente: Creación propia

Después de haber analizado detalladamente el diagrama de interconexión del sistema de energía solar, es hora de pasar a la fase crucial de instalación de los paneles solares. Cada componente desempeña un papel importante en la generación y gestión de energía, y la eficiencia del sistema depende en gran medida de la correcta instalación de estos elementos.

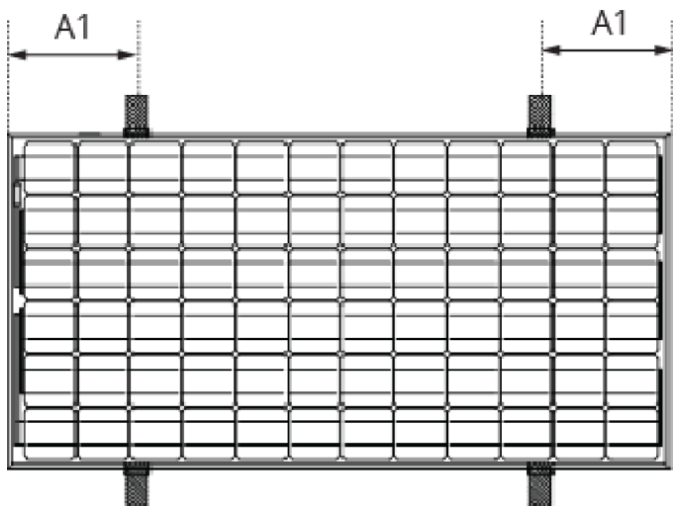
De este modo, se podrán instalar paneles solares de manera segura y eficiente, siguiendo las siguientes instrucciones y aplicando las mejores prácticas para así

obtener un sistema duradero. De esta manera, se contribuye a la generación de energía limpia y sostenible en un hogar.

Para los paneles se determina que cada módulo se debe fijar de manera segura en un mínimo de cuatro puntos en dos lados contrarios como se observa en las *figuras 16,17 y 18*. Deben respetarse las siguientes posiciones de sujeción:

Figura 16

Sujeción en lados largos



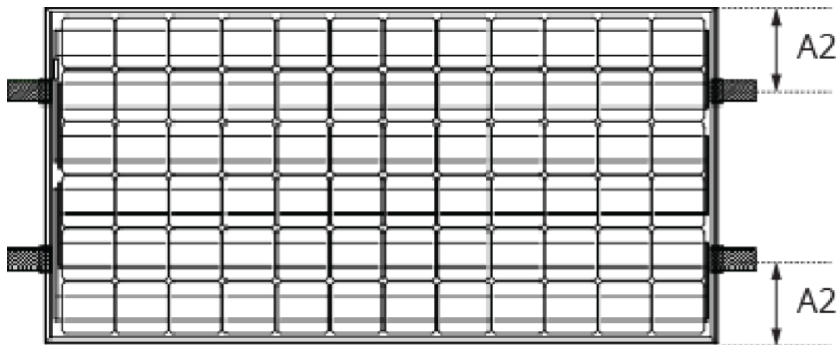
Fuente: (Energypedia, 2013)

Posiciones de sujeción cuando se sujeta en los lados largos con carga c 5400 Pa (parte frontal).

Serie MC	198-408 mm
Serie MCB	198-408 mm
Serie MC-EU	198-408 mm
Serie PC	198-408 mm
Serie MHE	300-400 mm
Serie MHI	350-450 mm
Serie MHH	350-450 mm
Serie MHJ	309-405 mm

Figura 17

Sujeción en lados cortos

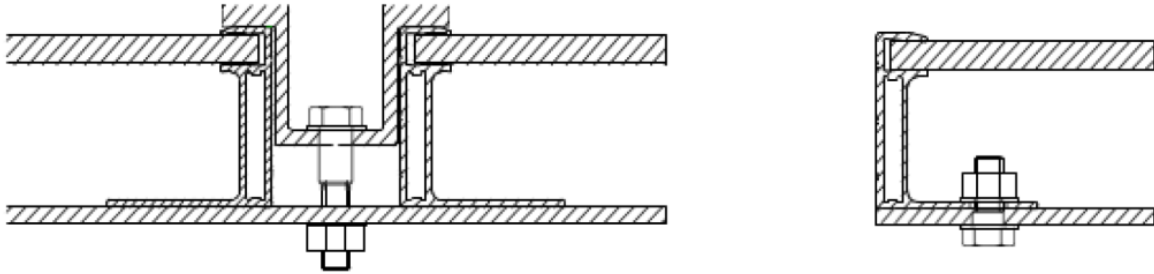


Fuente: (Energypedia, 2013)

Los módulos fotovoltaicos se pueden montar en una subestructura sujetándolos en el lado frontal del marco del módulo o atornillándolos en el lado trasero del marco.

Figura 18

Sujeción del panel solar



Fuente: (Energypedia, 2013)

- El par de apriete debe ser de 8-10 nm.
- No perfore orificios adicionales en el módulo.
- Utilice materiales apropiados de sujeción a prueba de corrosión.

3.1.10 Pruebas y desarrollo

Bajo una irradiancia solar de 1000 W/m^2 , el sistema de 4 paneles solares de 330 W produce una corriente total de aproximadamente 32 amperios (8 amperios por panel) y un voltaje total de 132 voltios (33 voltios por panel).

Bajo una irradiancia solar de 800 W/m^2 , el sistema de 4 paneles produce una corriente total de aproximadamente 24 amperios (6 amperios por panel) y un voltaje total de 120 voltios (30 voltios por panel).

Pruebas de eficiencia del inversor:

El inversor convierte eficientemente la corriente continua (DC) de los 4 paneles solares en corriente alterna (AC) con una eficiencia del 95%. Esto significa que, si los paneles generan 1320 vatios de energía DC, el inversor entrega aproximadamente 1254 vatios de energía AC.

Pruebas de integración del sistema:

Una vez instalados los componentes, se verifica la correcta integración del sistema de 4 paneles solares de 330 W con el inversor y su conexión a la red eléctrica.

Pruebas de producción/rendimiento:

Durante un período de un año, el sistema solar fotovoltaico de 4 paneles de 330 W genera un total de 5,808 kWh de energía (aproximadamente 5808 vatios-hora) en condiciones de funcionamiento normal. Esto se basa en la potencia nominal del sistema y la irradiancia solar promedio anual.

El inversor de 2000 W convierte eficientemente la corriente continua (DC) de los 4 paneles en corriente alterna (AC) con una eficiencia del 95%. Esto significa que, si los 4 paneles generan 1320 W de energía DC, el inversor entrega aproximadamente 1254 W de energía AC. La eficiencia del inversor es crucial para maximizar la cantidad de energía utilizable proveniente de los paneles solares.

Es importante evaluar la eficiencia del sistema, considerando posibles pérdidas durante la conversión y almacenamiento de energía, como pérdidas por temperatura o desgaste de las baterías. Las pruebas se realizarán conforme el sistema esté funcionando correctamente y que la energía se esté generando y distribuyendo de manera adecuada.

También se debe calcular cuánto tiempo tomará recuperar la inversión inicial a través del ahorro en la factura de energía eléctrica. Se debe considerar los costos de mantenimiento y la vida útil de los componentes del sistema, como los paneles solares y las baterías. Se recomienda verificar si el sistema está correctamente dimensionado para posibles expansiones o cambios en la carga de consumo en el futuro.

3.1.11 Configuraciones y programación

Se proporciona capacitación al propietario o residentes sobre el funcionamiento del sistema y cómo aprovechar al máximo la energía solar generada. Así como instrucciones de operación y mantenimiento.

Es importante cuidar la energía almacenada en baterías para maximizar su rendimiento a lo largo del tiempo, por lo que debe tomarse en cuenta algunas prácticas que a continuación se analizan.

3.1.11.1 Mantener las baterías en un lugar adecuado

Para mantener las baterías en un lugar adecuado, es importante almacenarlas en un área limpia, seca y bien ventilada, lejos de la exposición directa al sol y en un lugar donde la temperatura se mantenga dentro de un rango recomendado, generalmente alrededor de 20-25°C.

3.1.11.2 Verificar regularmente el estado general

La verificación del estado general de las baterías implica inspeccionar visualmente las baterías en busca de signos de corrosión, fugas, daños en los terminales y niveles de electrolito. También se deben medir las tensiones y la densidad del electrolito para asegurarse de que todas las celdas de la batería estén funcionando correctamente.

3.1.11.3 Evitar descargas profundas

Evitar descargas profundas significa no permitir que las baterías se descarguen por debajo de un cierto nivel de capacidad, que generalmente se encuentra en 60% de su capacidad máxima. Descargar las baterías por debajo de este nivel de capacidad puede dañarlas y reducir su vida útil.

3.1.11.4 No sobrecargar las baterías

Las baterías se sobrecargan cuando se les aplica una corriente eléctrica continua después de que han alcanzado su capacidad máxima. Para evitar esto, se utilizan controladores de carga que regulan la corriente que fluye a las baterías para que no se sobrecarguen.

3.1.11.5 Utilizar ciclos de carga y descarga completos

Los ciclos de carga y descarga completos implican cargar las baterías hasta su capacidad máxima y luego descargarlas de manera controlada, generalmente en el

60% de su capacidad, antes de volver a cargarlas. Estos ciclos ayudan a prevenir la formación de sulfatación y a mantener la salud de las baterías.

3.1.11.6 Almacenar baterías en periodos de inactividad

Durante los periodos de inactividad, como cuando no se utiliza el sistema fotovoltaico, es importante mantener las baterías con una carga parcial, generalmente alrededor del 50% de su capacidad, para evitar descargas profundas. También se debe verificar y recargar las baterías periódicamente para asegurarse de que se mantengan en buen estado.

Esto permite prolongar la vida útil y la eficiencia de las baterías, de manera que estén listas para almacenar y suministrar la energía de manera confiable.

3.1.12 Mantenimiento y monitoreo continuo

Para el mantenimiento se establece un monitoreo periódico que incluye inspecciones, limpieza de paneles y verificación de componentes. Se configura un sistema de monitoreo para llevar un registro del rendimiento y detectar posibles problemas.

Se debe considerar que la duración aproximada de vida de los paneles solares depende del tipo de panel, las condiciones de instalación y el entorno en donde se encuentra, sin embargo, se afirma que los paneles solares a nivel general tienen una vida útil de al menos 25 a 30 años.

También se sugiere inspeccionar regularmente los paneles, mantener limpios los vidrios y las conexiones, y asegurarse de que no haya sombreado excesivo en las células solares, todo esto puede ayudar a maximizar la eficiencia y la durabilidad del sistema solar.

Por otro lado, las baterías tienen una vida útil de aproximadamente 5 años en condiciones normales de uso y mantenimiento, estas baterías son ampliamente utilizadas en aplicaciones como sistemas de respaldo de energía y almacenamiento solar, sin embargo, su capacidad puede disminuir gradualmente con el tiempo.

El mantenimiento adecuado, como la recarga regular y la limpieza de los terminales, puede contribuir a maximizar su duración y eficiencia durante este período.

Algunos expertos predicen que para 2050, la energía solar podría proporcionar hasta el 50% de la electricidad mundial.

3.2 Alcance y enfoque de la investigación

El alcance del estudio para este proyecto se basa en el descriptivo, ya que proporciona una comprensión profunda de cómo es que funcionan estos sistemas en la práctica, la principal y más importante razón de esta elección, es que se tiene la necesidad de documentar de manera detallada cada aspecto del presente proyecto, esto con el fin de conocer el rendimiento de los paneles y el consumo de energía en el hogar.

El alcance descriptivo también permite la creación de un registro completo y detallado, que puede ser útil para futuras investigaciones y mejoras en sistemas similares. Proporcionando una base de datos útil, que puede ayudar a identificar tendencias a lo largo del tiempo y servir de referencia para comparar diferentes configuraciones y estrategias en proyectos similares en el futuro.

El enfoque del presente proyecto se basa en un enfoque cuantitativo, ya que según (Sampieri, 2018) presenta un conjunto de procesos en donde se debe seguir un orden riguroso, se puede ir acotándose y delimitando objetivos, para así obtener preguntas de investigación para posteriormente establecer una hipótesis, en donde se deben medir variables de un determinado contexto donde se analizan las mediciones y se obtienen una serie de conclusiones acerca del estudio realizado.

Además, las áreas o temas de investigación importantes guían el enfoque cualitativo. Sin embargo, los estudios cualitativos pueden desarrollar preguntas e hipótesis antes, durante o después de la recolección y el análisis de los datos, en lugar de que la claridad sobre las preguntas e hipótesis preceda a la recolección y el análisis de los datos (como en la mayoría de los estudios cuantitativos).

3.3 Hipótesis

Cuanto mayor es el grado de integración de un sistema de energía renovable fotovoltaica en sistemas domóticos para entornos residenciales, mayor será la reducción del consumo de electricidad proveniente de fuentes no renovables y la promoción de la sostenibilidad y eficiencia energética a largo plazo en dichos hogares.

3.4 Diseño y metodología de la investigación

Con el fin de evaluar el impacto de la instalación de un sistema fotovoltaico en una casa habitación, el siguiente proyecto se enmarca dentro de una investigación experimental con series cronológicas múltiples. Este diseño permite comparar los datos de los costos de electricidad antes y después de la implementación durante un periodo de 6 meses, controlando las variaciones a lo largo del tiempo.

Los recibos de luz se utilizaron para registrar el consumo y los costos de electricidad. Después de la intervención, se recopilaron datos similares, como la cantidad de energía y la energía generada por el sistema fotovoltaico, para satisfacer las necesidades energéticas del hogar y garantizar el funcionamiento y conexión adecuados.

El análisis de datos se centró en comparar los costos de electricidad antes y después de la implementación utilizando un enfoque cuantitativo para poder medir; también se calculó el porcentaje de reducción de costos y se analizó el consumo para determinar la reducción en el uso de energía de la red convencional. Se utilizó un análisis de series cronológicas para evaluar tendencias y patrones en el consumo y los costos de electricidad a lo largo del tiempo, identificando factores externos que podrían haber influido en los resultados.

Esta metodología permite una evaluación precisa de los efectos del sistema fotovoltaico en la reducción del consumo y los costos de electricidad en las viviendas. Esto crea una base sólida para investigaciones futuras y ampliaciones del proyecto.

3.5 Selección de muestra

La selección de muestra para el proyecto se dirigió al muestreo por conveniencia o también conocido como no probabilístico, tomando en cuenta las particularidades del proyecto. La situación financiera del propietario, quien tenía el interés y la capacidad de invertir en un sistema fotovoltaico, determinó la elección de la casa. Se aseguró de que el techo de la casa tuviera suficiente espacio para instalar los paneles solares que necesitarían para producir una cantidad significativa de energía.

Fue crucial que el propietario estuviera disponible para participar activamente en el proyecto y proporcionar los datos necesarios. Además, la ubicación de la casa en un lugar con buena exposición solar garantizó el mejor rendimiento del sistema posible. La muestra representativa para evaluar el impacto del sistema fotovoltaico en el consumo y los costos de electricidad fue elegida con cuidado.

El uso de un muestreo por conveniencia, se centró en un hogar específico que cumplía con los criterios de inclusión pertinentes, y así mismo permitió recopilar datos de manera más eficiente y efectiva.

3.6 Recolección de datos

De acuerdo a la selección de muestreo no probabilístico donde se difiere del muestreo probabilístico se busca que la recolección de datos sea recabada de manera no aleatoria, es decir que el objetivo principal es comprender la información que se desea obtener y determinar sobre que elemento se enfoca el estudio.

Es por ello que se considerarán los recibos de luz de la casa habitación en donde se avalará el cambio significativo en cuanto a la reducción del consumo de energía proveniente de la red convencional. Es de suma importancia tener en cuenta que los resultados pueden ser exclusivos del objeto de estudio seleccionado debido a la naturaleza no aleatoria de muestreo no probabilístico. Epever es un programa utilizado para monitorear y gestionar controladores de carga y reguladores de carga solar como se muestra en la *figura 19*, se puede observar la interfaz.

Figura 19

Interfaz Epever



Fuente: Creación propia

El programa monitorea en tiempo real las condiciones del sistema fotovoltaico y sirve de ayuda para la recopilación de datos, analiza la tensión de la batería, la corriente de carga y la energía generada por los paneles solares. Además, se utilizará la información proporcionada por el programa para obtener y analizar resultados.

3.7 Evaluación de los datos

Por otra parte, para el análisis de datos, somos conscientes de las limitaciones de la selección no probabilística o dirigida en términos de generalización de resultados a pesar de sus ventajas. Reconocemos que los hallazgos obtenidos se aplicarán principalmente a la muestra seleccionada y puede no ser completamente representativos de toda la población de hogares inteligentes con sistemas fotovoltaicos.

Sin embargo, para garantizar la validez y aplicabilidad de los hallazgos en el contexto específico de esta investigación, se vuelve preciso el documentar adecuadamente el proceso de selección de muestra y ser transparentes sobre las limitaciones del método de muestreo, garantizando la validez y aplicabilidad de los hallazgos en el contexto específico de dicha investigación.

Es por ello que en los datos recabados de acuerdo a (Sampieri, 2018) el investigador busca en primer lugar describir los datos y posteriormente estudiar el análisis estadístico para relacionar las variables. Además, el análisis consiste en explicar los resultados que se han recabado y compararlos con datos de otros investigadores, es decir una evaluación crítica de resultados desde una visión del mismo autor, tomando a consideración los trabajos de otros autores y el propio.

Se debe analizar por ejemplo que la mayor contribución al consumo de energía podría provenir del refrigerador, con un total de 2.142 kWh diarios, es decir, lo cual indica que es un aparato de alto consumo, aunque por otro lado a pesar de que la televisión tiene una alta potencia, su uso relativamente corto (4 horas al día) limita su contribución al consumo total, así como las lámparas LED y la computadora laptop tienen consumos relativamente bajos en comparación con otros artefactos.

Es por ello que para el análisis de datos debe considerar el tiempo de uso y la potencia de cada aparato al evaluar el consumo de energía en un contexto de eficiencia energética.

La evaluación del consumo de energía de los diferentes artefactos proporciona información valiosa para tomar decisiones sobre el uso eficiente de la energía en el hogar y potencialmente reducir los costos asociados.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

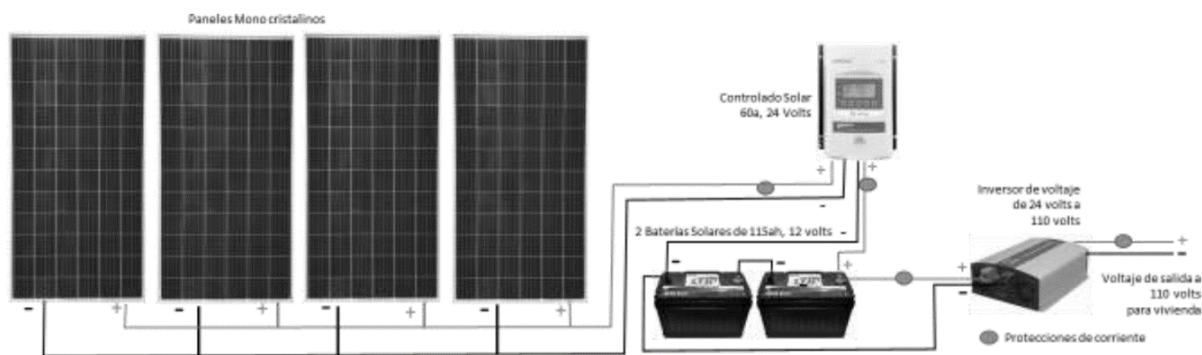
4.1 Aplicación del sistema

Antes de proceder con la instalación, es fundamental que se evalúen las condiciones de estructura y la condición del techo para asegurarse de que sea lo suficientemente resistente para soportar el peso de los paneles solares, y tomar en cuenta algunos factores climáticos que pudieran afectar o poner en peligro la colocación de estos. En la zona nororiental en el estado de Puebla, se tienen ciertas características climatológicas a considerar, donde el ambiente natural promedio es de humedad, nublado y cuerpos de agua esporádicos, con una temperatura que oscila entre los 17 a los 23 grados centígrados en promedio, por lo que es recomendable utilizar materiales totalmente de aluminio para la instalación externa, la cual viene definida en la norma nacional "NOM-001-SEDE-2012" publicada en septiembre 2021.

Hay que tomar en cuenta ciertas precipitaciones de vientos que se han estado dando en la zona, ya desde el año 2020 se tienen registros de suradas con rachas de viento de hasta 40 kilómetros que fueron peligrosas y que puede afectar a la estructura de las celdas.

Figura 20

Instalación general del proyecto



Fuente: (Hernández, 2023)

4.2 Materiales

El equipamiento a considerar para la implementación del proyecto, será la que a continuación se describe.

Tabla 2

Lista de materiales para instalación del proyecto.

Elemento	Unidades	Costo unitario	Costo total MN/00
Paneles solares policristalinos, grado "A" de 330 watts de trabajo	4	\$ 4,200.00	\$ 16,800.00
Inversor o amplificador de voltaje, onda pura de 24 volts a 110 volts con 2000 watts de potencia pico.	1	\$ 3,500.00	\$ 3,500.00
Baterías acido-plomo 12 volts, para aplicaciones solares ciclo profundo de 115 amperio hora.	2	\$ 3,500.00	\$ 7,000.00
Controlador solar MPPT (Máximo Power Point Tracking) 30 amperios, 780 watts, 12/24 volts de trabajo.	1	\$ 3,670.00	\$ 3,670.00
Cables de cobre de 8 milímetros para aplicaciones solares.	1 (Carrete)	\$ 2,500.00	\$ 2,500.00
Conectores MC4 de instalación a azotea.	4	\$ 200.00	\$ 800.00
Armazón de metal para paneles solares.	4	\$ 550.00	\$ 2,200.00
Termomagnético	3	\$ 200.00	\$ 600.00
Mano de obra (25% sobre costo total)	1	\$ 9267.50	\$ 9268.00
Total			\$ 46,338.00

Fuente: Creación propia

Esta lista de materiales de la **tabla 2**, indica los componentes necesarios, ya que de acuerdo a las fórmulas anteriores dan la certeza del funcionamiento correcto del sistema. Cabe mencionar que se coloca el costo de mano de obra, para cuando se

trate de alguna instalación externa al proyecto, se debe tomar en cuenta que el proyecto al llevarse a cabo de manera propia el costo se reduce a \$37,070.00.

Así como se añaden nuevos materiales que se requirieron al momento de la instalación, ya que se debe tomar en cuenta que conforme se fue armando el sistema, fueron dándose a conocer algunos materiales clave. El costo de instalación es elevado ya que, al utilizarse este tipo de sistemas, representa una inversión importante, pero también se debe tener en cuenta que el costo beneficio a largo plazo será mayor.

4.3 Imágenes de la implementación del sistema

El sistema de energía fotovoltaica en casa es una solución para aprovechar la energía del sol y reducir la dependencia de la red eléctrica convencional. Los paneles solares instalados en el techo son altamente eficientes durante el día, generando electricidad a partir de la radiación solar. Sin embargo, uno de los aspectos más notables de su comportamiento es que, a partir de las 7 p.m. como se muestra en la *figura 21*, su capacidad de carga de las baterías disminuye gradualmente hasta detenerse por completo. Esto se debe al hecho de que, naturalmente la producción de energía solar se detiene cuando el sol se pone, y la ausencia de luz solar directa hace que la generación de electricidad sea inviable en ese momento.

Figura 21

Controlador en funcionamiento y conexiones



4.4 Carga y descarga de las baterías en la aplicación

La funcionalidad más valiosa del sistema de energía fotovoltaica radica en su capacidad de almacenamiento. A medida que los paneles solares generan electricidad durante el día, el exceso de energía se almacena en baterías de alto rendimiento. Estas baterías juegan un papel crucial a partir de las 7 p.m., cuando la generación de energía solar se detiene por completo, se puede distinguir en la *tabla 3*. En este momento, el sistema cambia automáticamente al uso de la energía almacenada en las baterías para alimentar los dispositivos y satisfacer las necesidades energéticas nocturnas. Esta transición sin problemas garantiza que siempre se tenga acceso a la electricidad, incluso cuando el sol ya no brilla.

Tabla 3

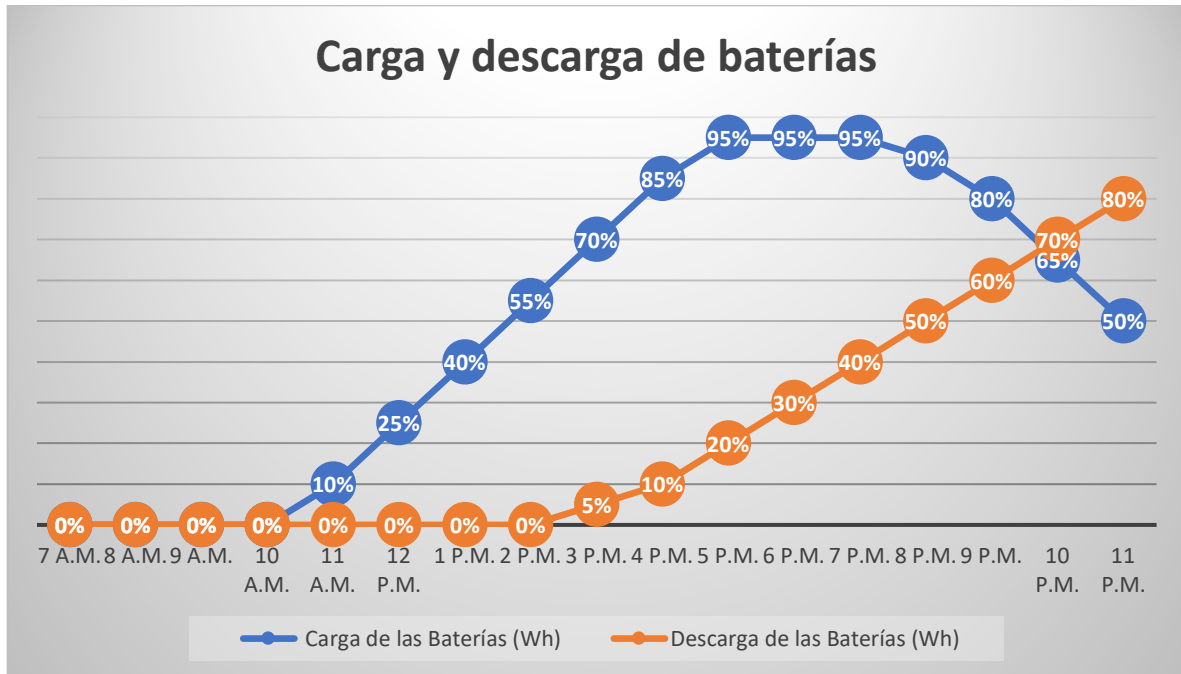
Carga y descarga de baterías

Horas	Carga de las baterías (Wh)	Descarga de las baterías (Wh)
7 a.m.	0%	0%
8 a.m.	0%	0%
9 a.m.	0%	0%
10 a.m.	0%	0%
11 a.m.	10%	0%
12 p.m.	25%	0%
1 p.m.	40%	0%
2 p.m.	55%	0%
3 p.m.	70%	5%
4 p.m.	85%	10%
5 p.m.	95%	20%
6 p.m.	95%	30%
7 p.m.	95%	40%
8 p.m.	90%	50%
9 p.m.	80%	60%
10 p.m.	65%	70%
11 p.m.	50%	80%

Fuente: Creación propia

Grafica 1

Comportamiento gráfico de carga y descarga de baterías.



Fuente: Creación propia

Ahora bien, es importante destacar que este sistema no es completamente inflexible. Durante días lluviosos y nublados, donde la radiación solar es limitada en cualquier momento del día, los paneles solares generan energía más lentamente y, en consecuencia, la carga de las baterías puede ser más lenta como se observa en la *gráfica 1*. Esto significa que, incluso en medio de condiciones climáticas adversas, seguimos aprovechando la energía solar, aunque a un ritmo reducido.

4.5 Consumo de energía antes y después

La siguiente tabla muestra los costos de electricidad proporcionados por la comisión federal de electricidad (CFE) en varios bimestres durante los años 2022 y 2023. Vale la pena destacar que la implementación de paneles solares a partir del octavo bimestre de 2023 resultó en una notable reducción en los costos de la electricidad. Se analizará cómo los gastos de energía se vieron afectados por esta implementación en los bimestres 8, 9 y 10.

Tabla 4

Tarifas de cobro bimestral de energía eléctrica.

Año	Bimestre	Costo CFE
2022	May-Jul	\$867
2022	Jul-Sep	\$898
2022	Sep-Nov	\$954
2023	Nov-Ene	\$1,268
2023	Ene-Mar	\$1,316
2023	Mar-May	\$1,332
2023	May-Jul	\$1,351
2023	Jul- Sep	\$396
2023	Sep-Nov	\$379
2023	Nov-Ene	\$365
2024	Ene-Mar	\$356
2024	Mar-May	\$317
2024	May-Jul	\$306

Fuente: Creación propia

Examinaremos visualmente cómo la implementación de paneles solares en los bimestres 8, 9 y 10 del 2023, así como los bimestres 11, 12, y 13 del 2024 de acuerdo a *la tabla 4*, en donde se redujo significativamente los costos de electricidad en comparación con los bimestres anteriores a través de esta gráfica.

Grafica 2

Comportamiento gráfico del cobro bimestral de energía



Fuente: Creación propia

4.6 Emisiones de CO2

Las instalaciones fotovoltaicas, también conocidas como sistemas de energía solar, ofrecen muchas ventajas en términos de reducción de emisiones de dióxido de carbono (CO2).

Las instalaciones fotovoltaicas producen energía sin liberar CO2 u otros gases contaminantes. Las instalaciones solares tienen una huella de carbono mucho menor que las plantas de energía basadas en combustibles fósiles, como el carbón, el petróleo o el gas natural.

Tabla 5

Impacto ambiental del consumo eléctrico de una casa habitación.

Tipo de impacto	Indicador ambiental	Valor	Unidad de medida
Emisiones de CO2	Emisiones de CO2 por consumo	1.5 toneladas	Toneladas CO2/año
Consumo de recursos	Consumo de recursos fósiles	1200 litros	Litros de petróleo/año
Uso de agua		9000 litros	Litros de agua/año
Generación de residuos	Residuos generados por embalajes	20 kg	Kilogramos/año
Contaminación del aire	Emisiones de partículas	15 gramos	Gramos/año

Fuente: Creación propia

Se puede mejorar la seguridad energética y reducir la volatilidad de los precios del petróleo y el gas al utilizar energía solar, lo que reduce la necesidad de importar combustibles fósiles.

En la siguiente *tabla 6*, se muestran los indicadores ambientales entre el consumo de energía de comisión federal de electricidad y de la instalación fotovoltaica en una casa habitación, la cual demuestra que elimina las emisiones de CO₂ al utilizar un sistema fotovoltaico y pueden proporcionar una fuente de energía confiable.

Tabla 6
Beneficios ambientales al utilizar una instalación fotovoltaica

Indicador ambiental	Consumo eléctrico de CFE	Uso de instalación fotovoltaica
Emisiones de CO₂ (kg/año)	1500	0
Consumo de recursos (litros de petróleo por año)	1200	0
Uso de agua (litros/año)	9000	100
Generación de residuos (kg/año)	20	0

Fuente: Creación propia

Al reducir significativamente las emisiones de CO₂ y reducir la dependencia de fuentes de energía no renovable, las instalaciones fotovoltaicas ofrecen una serie de beneficios ambientales, económicos y sociales. Esto las convierte en un componente crucial en la transición hacia un futuro más energéticamente sostenible y limpio.

4.7 Captación de energía

La siguiente tabla y gráfica muestra cómo se genera y gestiona la energía solar durante el día utilizando un sistema de paneles solares y baterías. Los paneles

solares producen energía eléctrica, que, dependiendo de la disponibilidad de luz solar y las necesidades de energía, se utiliza para cargar y descargar las baterías.

Tabla 7

Análisis del funcionamiento del panel con la carga y descarga de baterías

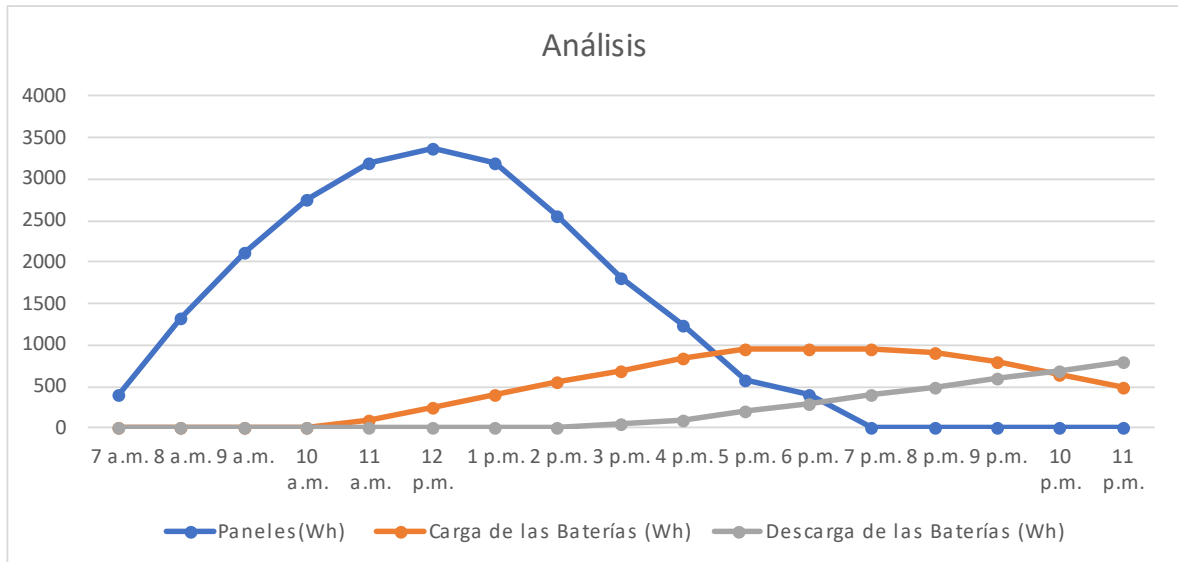
Horas	Panel (Wh)	Carga de las baterías (Wh)	Descarga de las baterías (Wh)
7 a.m.	410	0	0
8 a.m.	1320	0	0
9 a.m.	2120	0	0
10 a.m.	2764	0	0
11 a.m.	3189	100	0
12 p.m.	3383	250	0
1 p.m.	3194	400	0
2 p.m.	2550	550	0
3 p.m.	1818	700	50
4 p.m.	1245	850	100
5 p.m.	584	950	200
6 p.m.	402	950	300
7 p.m.	0	950	400
8 p.m.	0	900	500
9 p.m.	0	800	600
10 p.m.	0	650	700
11 p.m.	0	500	800

Fuente: Creación propia

La *gráfica 3*, correspondiente muestra cómo aumenta la generación solar durante el día, lo que permite cargar las baterías. La energía almacenada se utiliza a medida que avanza el día para satisfacer las demandas eléctricas de la casa. La columna "carga de las baterías" muestra la acumulación de energía, mientras que la columna "Descarga de las baterías" muestra cómo se utiliza esta energía almacenada para mantener la carga de las baterías, incluso durante las horas de poca o nula generación solar.

Grafica 3

Comportamiento gráfico de la captación de energía con los paneles



Fuente: Creación propia

Al almacenar el excedente de energía solar durante las horas pico y liberarlo durante las horas en que la generación solar es insuficiente, el sistema logra una gestión eficiente de la energía. Esto permite mantener un suministro eléctrico constante y confiable incluso en situaciones en las que las condiciones climáticas no son favorables para la producción de energía solar.

4.8 Comprobación de la hipótesis

La hipótesis es aceptada, ya que los resultados arrojan que entre más sea implementado y ampliado el sistema de energía renovable fotovoltaica en sistemas domóticos para entornos residenciales, mayor será la reducción del consumo de electricidad proveniente de fuentes no renovables.

Como se muestra en las gráficas correspondientes, el costo de energía anual de la vivienda sin la implementación de paneles solares fue de \$7,985.90, mientras que, al implementar el sistema, el costo anual fue de \$2,118.80, lo que representa un ahorro de aproximadamente el 73% en el consumo de energía convencional, proveniente de fuentes no renovables, promoviendo la sustentabilidad.

Según un análisis comparativo exitoso, se espera que el porcentaje aumente un 3% más a favor para el año próximo. Se observó una disminución significativa en el consumo de energía eléctrica en los hogares con sistemas solares en comparación con aquellos sin ellos. Esto resulta una correlación positiva entre el grado de integración de este sistema y la reducción del consumo de electricidad, por lo cual el proyecto resulta viable.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

5.1 Conclusiones del proyecto

La presente investigación es un esfuerzo completo y detallado que explora y evalúa como implementar sistemas fotovoltaicos de energía renovable en hogares domóticos. Se investigaron los aspectos técnicos, operativos y prácticos de integrar tecnologías fotovoltaicas con sistemas de automatización del hogar a lo largo del proyecto. Los resultados y conclusiones obtenidos muestran los beneficios y los desafíos de la convergencia de la energía solar y la automatización de hogares.

Los resultados han demostrado que los paneles solares fotovoltaicos pueden ser una fuente confiable y sostenible de energía eléctrica para hogares inteligentes. Se ha confirmado la capacidad de esta tecnología para contribuir significativamente a la reducción del consumo de energía eléctrica convencional, observando y evaluando la producción de energía solar en condiciones de vida real. Esto no solo puede ayudar a los propietarios de viviendas para ahorrar dinero a largo plazo, sino que también tiene un efecto positivo en el medio ambiente al reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y reducir su dependencia de fuentes de energía no renovable.

Además, el componente de automatización del hogar ha demostrado ser esencial en la optimización y gestión inteligente de la energía generada por los paneles solares. La capacidad de controlar y ajustar de manera eficiente el uso de la electricidad en el hogar a través de sistemas de domótica ha resultado en una mayor eficiencia operativa y un mayor grado de comodidad para los ocupantes. La flexibilidad ofrecida por la domótica permite adaptar la distribución de la energía de acuerdo con las necesidades cambiantes del hogar y las preferencias de los residentes, lo que se traduce en un entorno más adaptable y eficiente desde el punto de vista energético.

A pesar de estos éxitos, es importante reconocer que este proyecto también ha encontrado numerosos obstáculos y limitaciones. La instalación de sistemas de energía solar y domóticos puede requerir una gran inversión inicial, lo que plantea cuestiones de accesibilidad económica para algunos propietarios. Además, la

variabilidad climática afecta la generación de energía solar, lo que significa que la disponibilidad de luz solar determina la producción óptima de energía. Este factor enfatiza la importancia de una planificación y estrategias de respaldo cuidadosas para garantizar un suministro de energía constante.

Es importante destacar que los hallazgos y conclusiones de este proyecto se basan en el contexto particular de una casa residencial y pueden no ser completamente aplicables a todos los entornos. Cada instalación de energía solar y sistema domótico es única, y los resultados pueden variar según la ubicación geográfica, la orientación de los paneles solares y la configuración particular de la vivienda.

5.2 Conclusiones relativas a los objetivos específicos

Los objetivos específicos establecidos a lo largo de este proyecto de investigación se han logrado con éxito, cumpliendo con todos los objetivos específicos establecidos al comienzo del proyecto. Se aseguró de que la cantidad de paneles solares maximizara la captación de energía solar, lo que permitió satisfacer de manera eficiente la demanda de energía de la vivienda. Este logro fue posible gracias a la instalación meticulosa donde se tomaron en cuenta la orientación, inclinación y superficie disponible del techo para maximizar la captación de luz solar.

Durante períodos de baja radiación solar, se estableció un sistema robusto de almacenamiento de energía utilizando baterías de alta capacidad. Este componente crucial del sistema no solo brindó confiabilidad y estabilidad, sino que también brindó al propietario una fuente de energía ininterrumpida. La automatización del almacenamiento y la distribución de energía mejoró la eficiencia del sistema.

Además, un análisis detallado de la reducción de costos de electricidad reveló que, durante los primeros seis meses de operación del sistema, el propietario experimentó un ahorro significativo, superior al 50%. Este resultado confirmó la viabilidad económica del proyecto y destacó los beneficios financieros concretos para el propietario. El ahorro en costos energéticos permite una recuperación más rápida

de la inversión inicial en el sistema fotovoltaico y un alivio significativo en el presupuesto familiar.

Uno de los logros más destacados de este proyecto, es su contribución a la reducción del alto consumo de energía eléctrica mediante la implementación de sistemas domóticos respaldados por energía renovable, específicamente energía solar. Estos sistemas permiten una gestión eficiente de la energía, optimizando su uso y reduciendo la dependencia de fuentes no renovables gracias a su flexibilidad y adaptabilidad. Esto no solo reduce los costos de energía, sino que también tiene un efecto positivo en el medio ambiente al reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

Este proyecto ha logrado cumplir de manera exitosa con los objetivos específicos propuestos, demostrando la viabilidad de la integración de energía renovable fotovoltaica y sistemas domóticos en el sector residencial. Los conocimientos adquiridos a lo largo del proyecto han permitido comprender y utilizar de manera efectiva estas tecnologías, y se han identificado tanto los puntos fuertes como los débiles de su implementación. Además, se ha demostrado que el éxito de proyectos de este tipo depende de la combinación de buenas prácticas y la adopción de metodologías apropiadas.

5.3 Conclusiones relativas al objetivo general

El objetivo general del proyecto de desarrollo de un sistema generador de energía eléctrica con paneles solares en una vivienda se ha cumplido satisfactoriamente. Se alcanzaron metas importantes y ha demostrado ser capaz de reducir en al menos un 50% los costos de electricidad de los propietarios, durante los seis meses del proyecto lo que demuestra el éxito del plan.

Este proyecto ha demostrado la viabilidad y los beneficios de integrar sistemas de energía renovable en domótica. Esto ayuda a reducir la dependencia de fuentes de

energía no renovable, lo que significa menos emisiones de gases de efecto invernadero y huellas de carbono.

El uso de paneles solares en casas como generadores de energía eléctrica ha sido un esfuerzo exitoso para reducir los costos, asegurarse de que el sistema sea viable para el propietario y fomentar el uso de energías renovables y limpias. Los resultados de seis meses muestran que la automatización energética y los paneles solares pueden proporcionar una solución eficiente, económica y sostenible. Esto representa un avance significativo hacia un futuro más ecológico y responsable. Esto puede resultar en una mayor conciencia de la importancia de las energías limpias y renovables para la sociedad.

5.4 Aportaciones originales

Nuestra contribución principal se centra en la creación de un sistema de gestión de energía eléctrica diseñado específicamente para las viviendas tradicionales. Este sistema combina de manera innovadora la producción de energía limpia a través de paneles solares fotovoltaicos con la automatización y el control de dispositivos en el hogar. Esta integración, que se adapta a las necesidades de los usuarios y las circunstancias locales, es una contribución única a promover un impacto social y ecológico favorable.

5.5 Limitaciones del modelo planteado

En relación con el modelo propuesto, es crucial identificar y reconocer los obstáculos que pueden afectar su efectividad e implementación. A continuación, se presentan algunas de las limitaciones del modelo planteado.

- Dependencia de la infraestructura existente: El modelo asume que la infraestructura eléctrica y de comunicación en el área de implementación se ha desarrollado y actualizado adecuadamente. La infraestructura puede limitar la eficacia del modelo.

- **Costos iniciales:** La implementación del modelo puede requerir una inversión inicial considerable en la instalación de sistemas domóticos y tecnologías de energía solar. Esto podría ser un obstáculo para ciertos usuarios o proyectos con fondos limitados.
- **Dependencia de las condiciones climáticas:** Las condiciones climáticas y la disponibilidad de luz solar determinan la eficiencia de la generación de energía solar. La generación de energía podría ser inconsistente en áreas con climas variables o poco soleados.
- **Necesidad de educación y capacitación:** Los usuarios y los técnicos deben recibir capacitación en la operación y mantenimiento de sistemas domóticos y de energía solar. La falta de conocimiento puede reducir la adopción y la eficiencia.
- **Durabilidad y mantenimiento:** Las tecnologías solares y los sistemas domóticos requieren mantenimiento regular para que funcionen al máximo. La falta de mantenimiento puede tener un impacto negativo en su rendimiento con el tiempo.
- **Evaluación de costo-beneficio a largo plazo:** La necesidad de recopilar datos y evaluar los resultados a lo largo del tiempo puede dificultar la evaluación de los beneficios a largo plazo del modelo en términos de ahorro de energía y costos operativos.

Para abordar los problemas que pueden surgir durante la implementación del modelo, es esencial identificar estas limitaciones.

5.6 Recomendaciones

A partir de la experiencia profesional y personal obtenida en este proyecto de residencia profesional, se han identificado varias recomendaciones que pueden ser útiles para orientar futuras actividades en el campo de la energía renovable y la domótica, así como para influir en los procesos de transformación de la realidad. Estas sugerencias se enfocan en acciones estratégicas y prácticas.

- Promover la educación y capacitación continua: Se sugiere promover iniciativas de formación y capacitación continua en energía renovable y domótica. Esto puede incluir cursos, talleres y certificaciones para técnicos, ingenieros y profesionales interesados en estas áreas. Mantenerse al día con las últimas tendencias y tecnologías, esto requiere capacitación constante.
- Incentivar la investigación y desarrollo: Es fundamental fomentar la investigación y el desarrollo en energía renovable y domótica. Esto puede lograrse mediante la cooperación entre universidades, empresas y organizaciones gubernamentales. La investigación impulsará la innovación y la mejora de las tecnologías actuales.
- Fomentar la conciencia ambiental: Se recomienda implementar programas de conciencia ambiental para aumentar la sensibilización sobre la importancia de la sostenibilidad y la eficiencia energética. Esto puede incluir campañas de información pública y actividades educativas en escuelas y comunidades.
- Apoyar iniciativas de energía renovable: Promover políticas y programas que fomenten la adopción de energía renovable en una amplia gama de sectores, incluidos los residenciales, comerciales e industriales. Los incentivos fiscales, las tarifas de alimentación a la red y los programas de financiamiento pueden ser parte de esto.
- Desarrollar normativas y estándares: Trabajar en la creación de normas y estándares específicos para la implementación de sistemas domóticos y de energía renovable. Esto garantizará la interoperabilidad, la seguridad y la calidad de los sistemas.
- Impulsar la eficiencia energética: Implementar sistemas domóticos en edificios y hogares para aumentar la eficiencia energética. Esto puede reducir significativamente el consumo de energía eléctrica.
- Fomentar la colaboración interdisciplinaria: Incentivar la colaboración entre profesionales de varios campos, como ingenieros, arquitectos, diseñadores y especialistas en energía, para abordar proyectos de energía renovable y domótica de manera integral.

Estas recomendaciones demuestran la importancia de la educación continua, la investigación, la colaboración y el compromiso con la sostenibilidad en el ámbito de la energía renovable y la domótica. Se puede avanzar hacia un futuro más sostenible y eficiente en términos energéticos, al mismo tiempo que se fomenta el crecimiento profesional y personal de quienes trabajan en estas áreas.

CAPÍTULO VI

COMPETENCIAS

DESARROLLADAS

6.1 Competencias desarrolladas

Se han desarrollado varias competencias a lo largo de este proyecto, lo que ha mejorado la capacitación y el desempeño profesional. Los siguientes enunciados describen estas habilidades:

- **Habilidades de liderazgo:** Se ha fortalecido la capacidad de liderar equipos de trabajo y proyectos, tomando decisiones efectivas y motivando a los miembros del equipo hacia la consecución de objetivos comunes.
- **Comunicación efectiva:** Se ha desarrollado la habilidad para comunicar de manera clara y persuasiva, tanto de forma oral como escrita, facilitando la transmisión de información técnica de manera comprensible para diversos públicos.
- **Pensamiento crítico y analítico:** Se ha fortalecido la capacidad de análisis crítico, permitiendo evaluar situaciones complejas, identificar problemas y proponer soluciones basadas en evidencia y datos.
- **Toma de decisiones:** Se han desarrollado habilidades de toma de decisiones informadas, considerando múltiples perspectivas y evaluando los posibles impactos de cada elección.
- **Gestión del tiempo y recursos:** Se ha adquirido la habilidad de gestionar de manera eficiente el tiempo y los recursos disponibles, optimizando la productividad y cumpliendo con plazos y presupuestos establecidos.
- **Operación de sistemas energéticos:** Se ha demostrado la capacidad de operar sistemas de energía renovable y domótica, asegurando su funcionamiento eficiente y confiable.
- **Resolución de problemas técnicos:** Se ha identificado y resuelto problemas técnicos de manera efectiva en la implementación y operación de sistemas de energía renovable y domótica.
- **Conciencia ambiental:** El uso de prácticas respetuosas con el medio ambiente y tecnologías sostenibles demuestra una alta conciencia ambiental y un compromiso con la responsabilidad social y ambiental.

Estas competencias, tanto desarrolladas como aplicadas, son esenciales para el desempeño exitoso en el campo de la ingeniería, permitiendo abordar desafíos complejos y contribuir de manera significativa en proyectos relacionados con la energía renovable y la domótica.

CAPÍTULO VII

FUENTES DE INFORMACIÓN

7.1 Fuentes de Información

1. Arboledas, B. D. (2014). *Electricidad Básica*. RA-MA.
2. BAYOD, R. Á. (2009). *Energías renovables:sistemas fotovoltaicos*. España: Prensas de la Universidad de Zaragoza.
3. Blanco, M. (2018). *Tendencias en Ingeniería de Sistemas*. Madrid: Colegio de Ingenieros en Informática.
4. Borbor, M. W. (2021). *Sistemas fotovoltaicos para casas individuales en la comunidad de masa 2-Golfo de Guayaquil*. Ecuador: Universidad politécnica Salesiana Ecuador.
5. Boxpell, M. (2011). *SOLAR ELECTRICITY HANDBOOK*. Edition.
6. Canseco, M. (2010). *Energías renovables en América Latina*. Madrid-España: Fundación Ciudadanía y Valores.
7. Chapman, S. (2021). *Fundamentos de maquinaria eléctrica*. McGraw Hill.
8. Charles, K. A., & Sadiku, N. O. (2018). *Fundamentos de circuitos eléctricos*. México: McGraw-Hill.
9. Díaz, J. C. (s.f.). *La Ingeniería en Edificios de Alta Tecnología*. McGraw-Hill.
10. Dima, G. N. (2015). La Ley de Ohm: resultados de una propuesta experimental desde el enfoque del Aprendizaje Activo de la Física. *Revista de Enseñanza de la Física*, 63-71.
11. Energypedia. (24 de Marzo de 2013). *Energypedia*. Obtenido de https://energypedia.info/images/0/0b/Gu%C3%ADa_de_instalaci%C3%B3n_de_SFD_-_2013.pdf
12. Flores, A. C. (2018). *Diseño de un centro cultural en el distrito de Huancabamba aplicando técnicas de la arquitectura solar pasiva*. Perú: Universidad San Pedro.
13. García, A. &. (2020). *Análisis básico de circuitos eléctricos*. McGraw Hill.
14. García, J. (2018). Administradores domóticos. *Domótica Hoy*, 34(8),22-25.

15. Gimeneo, S. F., Seguí, C. S., & Orts, G. S. (2011). *Convertidores electrónicos: energía solar fotovoltaica, aplicaciones y diseño*. València: Universidad politécnica de valència.
16. Gonzalez, M. (2019). Inversores inteligentes en sistemas de energía solar fotovoltaica. *Universitarios Potosinos*, (238), 26.
17. Google. (12 de Agosto de 2023). *Google*. Obtenido de www.google.com
18. Guzmán, N. F., & Merino, C. S. (2015). *Domótica. Gestión de la energía y gestión técnica de edificios*. España: RA-MA,S.A.
19. Hayt, W., Kemmerly, J., & Durbin, S. (2012). *Análisis de circuitos en ingeniería*. México: McGraw-Hill.
20. Hernández, R. H. (20 de Agosto de 2023). *Sistema para instalación de kits solares*. Obtenido de <http://187.157.132.18/solar>
21. Hernández, R. H., Guitiérrez, G. J., & García, T. G. (2023). Diseño de una vivienda con energía solar en la zona Nororiental del Estado de Puebla. *TECNM*, 6-9.
22. ITST. (12 de Agosto de 2023). *ITST*. Obtenido de www.teziutlan.tecnm.mx
23. Jacobson, M. Z., Delucchi, M., & Mathiesen, B. V. (2017). Hojas de ruta de energía 100% limpia y renovable de viento, agua y luz solar para todos los sectores en 139 países del mundo. *Joule*, 1(1), 108-121.
24. Johnson, M. (2019). Solar panels: An effective solution for reducing carbon emissions. *Journal of Clean Energy*, 1(1), 23-34.
25. Ledesma, C., & Bayron, J. (2021). Diseño de solución de energía fotovoltaica para viviendas indígenas del Vaupés. *Corporación universidad de la costa*.
26. Lozada, J. (2014). Revista de divulgación científica de la universidad tecnológica indoamérica. *Ciencia América*, 47-50.
27. Luque, A., & Hegedus, S. (2003). *Manual de ciencia e ingeniería fotovoltaica (Vol. 2)*. Eds.
28. Mahmoud, M. L. (2022). *Principios de los sistemas de energía eléctrica modernos*. Springer.

29. Marrero, P. (2017). *La casa inteligente: el impacto de la domótica en la sociedad*. Barcelona: RBA Libros.
30. Méndez Muñiz, J. M., & Rafael, C. G. (s.f.). *Energía Solar Fotovoltaica*. FC Editorial.
31. Mendoza, J. C., Botero, E. A., & González, P. W. (2022). *Energías Renovables*. Bogotá: UNIMINUTO.
32. Molina, L. (s.f.). *Instalaciones Automatizadas en Viviendas y Edificios CF*. McGraw-Hill.
33. Muñoz, R. (2015). *Metodología de la investigación*. México: Progreso S.A de C.V.
34. Quadri, N. (s.f.). *Energía Solar*. Librería y Editorial Alsina.
35. Safford, E. L. (s.f.). *Instalaciones Eléctricas e Iluminación para Hogares y Oficinas*. Limusa.
36. Sampieri, e. a. (2018). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill Interamericana.
37. Sánchez, L. (2017). Sensores eléctricos. *Tecnología Electrónica*, 324(1), 32-37.
38. Smith, J. (2020). The benefits of solar energy. *Renewable Energy Today*, 4(2), 45-46.
39. Tobajas, G. C. (2010). *Instalaciones Domóticas*. Ediciones Ceysa.
40. Torres, D. (2019). Energía Solar. *Science Direct*, 145, 125-129.

CAPÍTULO VIII

ANEXOS

8.1 Anexos

Tecnológico Nacional de México
Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán

CARTA DE AUTORIZACIÓN DEL(LA) AUTOR(A) PARA LA CONSULTA Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

El que suscribe:

LUIS ARTURO

LEAL

MARTINEZ

Con Número de
Control **19TE0062***

Perteneciente al
Programa **INGENIERÍA EN SISTEMAS
COMPUTACIONALES**
Educativo

Por este conducto me permito informar que he dado mi autorización para la consulta y publicación electrónica del trabajo de investigación en los repositorios académicos.

Registrado con el
producto: **TESIS**

Cuyo Tema es:

Desarrollo de un proyecto de energía renovable fotovoltaica para sistemas domóticos.

Correspondiente al periodo:

ENERO-JUNIO 2024

Y cuyo(a) director(a) de tesis es:

**M.S.C HERIBERTO HERNÁNDEZ
RODRÍGUEZ**

ATENTAMENTE



LUIS ARTURO LEAL MARTINEZ

Nombre y firma

Fecha de emisión: **27 DE JUNIO DE 2024**
c.c.p. Subdirección Académica

LICENCIA DE USO OTORGADA POR Luis Arturo Leal Martinez, de nacionalidad mexicana, mayor de edad, con domicilio ubicado en la calle Similares 12-A, Colonia Infonavit Minera en la ciudad de Teziutlán, Puebla, en mi calidad de titular de los derechos patrimoniales y morales y autor(a) de la tesis denominada "Desarrollo de un proyecto de energía renovable fotovoltaica para sistemas domóticos" en adelante "LA OBRA" quien para todos los fines del presente documento se denominará "EL(LA) AUTOR(A) Y/O EL(LA) TITULAR", a favor del Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán del Tecnológico Nacional de México, la cual se registró por las cláusulas siguientes:

PRIMERA –OBJETO: "EL(LA) AUTOR(A) Y/O EL(LA) TITULAR", mediante el presente documento otorga al Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán del Tecnológico Nacional de México, licencia de uso gratuita e indefinida respecto de "LA OBRA", para almacenar, preservar, publicar, reproducir y/o divulgar la misma, con fines académicos, por cualquier medio en forma física y a través del repositorio institucional y del repositorio nacional, éste último consultable en la página: (<https://www.repositorionacionalcti.mx/>).

SEGUNDA - TERRITORIO: La presente licencia se otorga, de manera no exclusiva, sin limitación geográfica o territorial alguna, de manera gratuita e indefinida.

TERCERA -ALCANCE: La presente licencia contempla la autorización para formato uso de "LA OBRA" en cualquier formato o soporte material y se extiende a la utilización, de manera enunciativa más no limitativa a los siguientes medios: óptico, magnético, electrónico, virtual (en red), mensaje de datos o similar, conocido o por conocerse.

CUARTA – EXCLUSIVIDAD: La presente licencia de uso aquí establecida no implica exclusividad en favor del Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán; por lo tanto, "EL(LA) AUTOR(A) Y/O EL(LA) TITULAR" conserva los derechos patrimoniales y morales de "LA OBRA", objeto del presente documento.

QUINTA – CRÉDITOS: El Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán y/o el Tecnológico Nacional de México reconoce que "EL(LA) AUTOR(A) Y/O EL(LA) TITULAR" es el(la) único(a), primigenio(a) y perpetuo(a) titular de los derechos morales sobre "LA OBRA"; por lo tanto, siempre deberá otorgarle los créditos correspondientes por la autoría de la misma.

SEXTA – AUTORÍA: "EL(LA) AUTOR(A) Y/O EL(LA) TITULAR" manifiesta ser el(la) único(a) titular de los derechos de autor que derivan de "LA OBRA" y declara que el material objeto del presente fue realizado por él(ella), sin violentar o usurpar derechos de propiedad intelectual de terceros; por lo tanto, en caso de controversia sobre los mismos, se obliga a ser el(la) único(a) responsable. Dado en la Ciudad de Teziutlán, Puebla, a los veintisiete días del mes de junio de dos mil veinticuatro.

"EL(LA) AUTOR(A) Y/O
EL(LA) TITULAR",


Luis Arturo Leal Martinez
Nombre y Firma

"EL INSTITUTO TECNOLÓGICO
SUPERIOR DE TEZIUTLÁN"


Jessica Leticia Domínguez Arredondo
Directora General

Nombre, Firma y Sello





"2024, año del Libro y la Lectura".

Asunto: **Asignación de Asesor(a), Comisión Revisora, Entrega de Trabajo Profesional y Dictamen**

Teziutlán, Puebla, **14/06/2024**

Asesor(a): **HERIBERTO HERNANDEZ RODRIGUEZ**
Integrante de Comisión Revisora: **JOSE LUIS GUTIERREZ GARCIA**
Integrante de Comisión Revisora: **FERNANDO ARROYO ALARCON**
Presentes

Por este medio me permito informar que ha sido asignado como asesor(a) y comisión revisora del trabajo profesional que se convertirá en Tesis de:

Alumno (a):	LEAL MARTINEZ LUIS ARTURO		
	Apellido paterno/materno/nombre (s)		
Número de Control:	19TE0062*	Licenciatura o Posgrado:	INGENIERIA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES
Plan:	2010	Correo Electrónico:	L19TE0062@TEZIUTLAN.TECNM.MX
Cuyo tema es:	DESARROLLO DE UN PROYECTO DE ENERGIA RENOVABLE FOTOVOLTAICA PARA SISTEMAS DOMOTICOS		

25 palabras (máximo)

Se ha enviado a su correo institucional el trabajo profesional o de grado, por lo cual la comisión revisora tendrá 5 días hábiles para realizar las observaciones al alumnado, el(la) interesado(a) tendrá igualmente **5 días** para corregir y las enviará al correo electrónico institucional de la comisión revisora, agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de licenciatura o de posgrado de nuestro alumnado egresado.

Dictamen de Comisión Revisora, Aprobación de Impresión o Grabación y Autorización para subirla al Repositorio del TecNM

Siendo el día: 5 de julio de 2024 se reunieron los miembros de la comisión para revisar el trabajo asignado y una vez analizado se decidió liberarlo y aprobarlo para su grabación y programación de examen profesional.

HERIBERTO HERNANDEZ RODRIGUEZ
Nombre y Firma del(a) Asesor(a)

FERNANDO ARROYO ALARCON
Nombre y Firma de integrante de la Comisión Revisora

JOSE LUIS GUTIERREZ GARCIA
Nombre y Firma de integrante de la Comisión Revisora

MYRIAM SANCHEZ PEREZ
Subdirección Académica

R08/06/2023



Fracción I y II s/n Aire Libre, Teziutlán, Puebla, C.P. 73960 Tels. 231 311 4000 / 4001 / 4002 / 4003
e-mail: itsteziutlan@hotmail.com | www.teziutlan.tecnm.mx



Índice de figuras

Figura 1	3
Figura 2	5
Figura 3	19
Figura 4	29
Figura 5	30
Figura 6	38
Figura 7	39
Figura 8	40
Figura 9	42
Figura 10	43
Figura 11	47
Figura 12	48
Figura 13	49
Figura 14	49
Figura 15	50
Figura 16	51
Figura 17	51
Figura 18	52
Figura 19	59
Figura 20	62
Figura 21	64
Grafica 1	66
Grafica 2	67
Grafica 3	71

Índice de tablas

Tabla 1	41
Tabla 2	63
Tabla 3	65
Tabla 4	67
Tabla 5	68
Tabla 6	69
Tabla 7	70