



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MISANTLA

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD EN LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE FOTOCELDA S CON CALENTADORES SOLARES INTEGRADOS EN EL HOTEL DON ANTONIO

TESIS
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
**INGENIERO EN GESTIÓN
EMPRESARIAL**

P R E S E N T A

**LINDA PATRICIA ARENAS
HERNÁNDEZ**

ASESOR: DR. LUIS MEJÍA MACARIO

MISANTLA, VERACRUZ

MAYO, 2021



**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MISANTLA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

FECHA: 14 de Mayo de 2021.

ASUNTO: AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN
DE TESIS.

A QUIEN CORRESPONDA:

Por medio de la presente hago constar que el (la) C:

LINDA PATRICIA ARENAS HERNÁNDEZ

pasante de la carrera de INGENIERÍA EN GESTIÓN EMPRESARIAL con No. de Control 162T0624 ha cumplido satisfactoriamente con lo estipulado por el Manual de Procedimientos para la Obtención del Título Profesional de Licenciatura bajo la opción Titulación Integral (Tesis)

Por tal motivo se Autoriza la impresión del Tema titulado:

"ESTUDIO DE FACTIBILIDAD EN LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE FOTOCELDAS CON CALENTADORES SOLARES INTEGRADOS EN EL HOTEL DON ANTONIO"

Dándose un plazo no mayor de un mes de la expedición de la presente a la solicitud del Acto de Recepción para la obtención del Título Profesional.

ATENTAMENTE

**ING. GERBACIO TLAXALO ESPINOZA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES**



Archivo.

AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIA

En primer lugar, agradezco a Dios por darme el don de la vida, una familia, por la oportunidad de conocer a grandes personas que han contribuido en mi aprendizaje. Agradezco a Dios por ser mi compañía en los buenos y malos momentos, por las bendiciones y las dificultades que me ha permitido afrontar para ser una mejor persona. Le doy gracias también, por darme las fuerzas y la sabiduría para terminar este escalón más en mi vida y poder terminar este trabajo de investigación.

A mi familia le doy las gracias por su apoyo y motivación, en especial a mi madre, que desde que era pequeña me ha instruido y orientado, gracias por ser mi barca de roble en las tormentas y no dejarme hundir. Gracias mamá por los cimientos que has construido en mi vida y por ser madre y padre a la vez.

A todos los docentes que fueron parte de mi aprendizaje, gracias por impulsarme y compartir su conocimiento y parte de sus vidas. En especial le agradezco a mi asesor, al Dr. Luis Mejía, por darme la oportunidad de participar en este proyecto, y sobre todo por creer en mí; gracias Doctor por su paciencia, entrega, compromiso y carisma. Agradezco a mis revisores la MGC Eduardo Gutiérrez Almaraz y a la MII Graciela Elizabeth Nani González por ser parte de mi preparación académica y guiarme en la elaboración de este trabajo.

A mis compañeros de aula les agradezco los momentos compartidos; a mis amigos Alma, Dulce, Jorge, Ignacio y Tere que fueron más que compañeros sino cómplices, gracias por su amistad, comprensión, apoyo y su cariño.

DEDICATORIA

Este trabajo es dedicado en memoria del Sr Laurentino Arenas Gonzales, que desde el cielo verá realizar el mayor sueño de su nieta, al ser la primera en la familia de tener una profesión. Abuelo, no fui maestra pero sí ingeniera.

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se analizó la factibilidad de implementar un sistema de fotoceldas con calentadores solares integrados para que funcione como generador de corriente eléctrica directa y simultáneamente como calentador de agua, en el hotel Don Antonio, en comparación de implementar un sistema convencional de fotoceldas.

Para ello se realizó una extensa investigación bibliográfica sobre fotoceldas solares y calentadores solares, de esa manera se pudo describir el producto, su innovación, y a su vez, se realizó un análisis FODA para evaluar la funcionalidad del módulo.

La fotocelda con calentador solar integrado dio como resultado una eficiencia combinada del sistema de un 25 % de eficiencia energética eléctrica, y un 55 % de eficiencia energética térmica lo cual equivale a una eficiencia total del 75 % o de 750 watts por cada metro.

También se determinó el consumo teórico del hotel Don Antonio por día que fue de 36,641 W, mediante el registro de la potencia de los aparatos que están instalados en el hotel y el tiempo promedio que se le dará de uso por día.

Se calculó el número de fotoceldas donde se obtuvo como resultado 8 módulos de 450 W para un sistema de fotoceldas con calentadores solares integrados con una eficiencia del 75 %, y 29 módulos para un sistema convencional de una eficiencia del 21.7 % que se ajustó a 30 módulos para poder hacer una instalación en serie.

Posteriormente, se hizo el cálculo de la capacidad de acumulación de la batería, que fue de 9,160.31 Ah (c100), donde el valor c100 indica que la capacidad de la batería será la suministrada por ciclos de carga de 100 h, que es la frecuencia de carga normalmente establecida; a su vez, se encontró que de acuerdo a las características del panel se es necesario un regulador de 20 A y 40 V y un inversor con una potencia de 3800 W.

Por último, se realizó un análisis costo beneficio tanto del sistema de fotoceldas con calentadores solares integrado y el sistema de fotoceldas convencionales, del cual se obtuvo un costo de inversión para el primer sistema de \$ 105,193.00 M. N., mientras que, para el segundo fue de \$ 209,228.00 M. N. Además, se hizo el cálculo de la amortización al dividir

el costo de inversión inicial entre costo de consumo por energía producida en un mes, la cual dio una amortización para un sistema de fotoceldas con calentadores solares integrados de aproximadamente de 4 años y 8 meses y para un sistema convencional fue de 8 años y 8 meses, 4 años más que el equipo innovador.

Al final, se llegó a la conclusión de que es más factible invertir en el sistema de fotoceldas con calentadores solares integrados que en un sistema convencional existente en el mercado, para ser instalado en el hotel Don Antonio, ya que el equipo es más eficiente, tiene doble funcionalidad y tiene un menor costo de inversión y amortización.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	11
CAPÍTULO I	13
1.1 Antecedentes	13
1.2. Problemática	16
1.3. Objetivos de investigación	19
1.3.1. Objetivo general.....	19
1.3.2. Objetivos específicos	19
1.4. Justificación	20
1.5. Formulación de hipótesis	22
1.6. Alcances y limitaciones	23
1.6.1. Alcances.....	23
1.6.2. Limitaciones.....	23
1.7 Propuesta de solución	24
CAPÍTULO II	25
2.1. Marco contextual	25
2.1.1. Macro localización.....	25
2.1.2. Micro localización	26
2.2. Marco teórico	28
2.2.1. Energía solar	28
2.2.2. Calentadores solares	31
2.2.3. Sistemas fotovoltaicos	34
2.2.4. Criterios de diseño de un sistema fotovoltaico	37

2.2.5. Sistemas fotovoltaicos no conectados a la red.....	41
2.2.6. Costos de un sistema fotovoltaico	42
2.3. Marco legal	44
2.4. Estado del arte.....	46
CAPÍTULO III.....	49
3.1. Descripción del producto	49
3.2. Descripción de la innovación.....	50
3.3. Análisis FODA	52
3.4. Capacidad energética y de almacenamiento de la fotocelda con calentador solar integrado de un equipo 51 W.....	53
3.5. Consumo teórico del hotel Don Antonio	55
3.6. Cálculo de fotoceldas necesarias para el hotel Don Antonio.....	56
3.7. Capacidad de la batería	58
3.8. Selección del regulador y del inversor.....	59
CAPÍTULO IV	61
4.1. Resultados de la investigación	61
4.1.1. Costo del sistema fotovoltaico.....	61
4.1.2. Cálculo de la energía eléctrica propuesta con paneles fotovoltaicos.....	63
4.1.3. Costo por consumo de la energía eléctrica con paneles fotovoltaicos.....	64
4.1.4. Amortización del sistema fotovoltaico	64
4.2. Conclusiones.....	66
Bibliografía	68
ANEXOS	73

ÍNDICE DE IMAGENES

Figura 1: Adiciones de capacidad eléctrica por combustible (2016). Fuente: Energías Renovables (International Energy Agency, 2017).....	15
Figura 2: Mapa del Estado de Veracruz, México. Fuente: Google Maps.....	26
Figura 3: Mapa de la Sierra de Misantla, Veracruz, México. Fuente: ResearchGate.....	27
Figura 4: Radiación solar diaria promedio anual en México. Fuente: Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias.	30
Figura 5: Partes de un colector solar. Fuente: CONAE.....	32
Figura 6: Partes que integran una celda solar. Fuente: Hydro Solar Solution.	33
Figura 7: Componentes básicos de un sistema solar fotovoltaico. Fuente: Eliseo Sebastián.	35
Figura 8: Instalaciones fotovoltaicas. Fuente: Arenas y Zapata, 2011.	36
Figura 9: Diseño del intercambiador.	50
Figura 10: Diseño de la fotocelda con calentador solar integrado.....	51
Figura 11: Diseño innovador del equipo.....	51
Figura 12: Fotocelda solar con calentador solar integrado.	54
Figura 13: Fotocelda con tanque de almacenamiento.....	73
Figura 14: Intercambiador de calor y tanque de almacenamiento.	74
Figura 15: Equipo de trabajo.	75
Figura 16: Evento Estudiantil ENEIT 2019.....	76
Figura 17: Participación en el Evento Estudiantil ENEIT 2019	77
Figura 18: Evento Estudiantil ENEIT, equipo.....	77
Figura 19: Placa solar de 450 W	78
Figura 20: Características de placa solar de 450 W.....	78
Figura 21: Batería EPEVER	79
Figura 22: Características de la batería EPEVER.....	80
Figura 23: Regulador de carga solar 20 A	81
Figura 24: Características del regulador de carga solar 20 A	82
Figura 25: Inversor de 12 V.....	83
Figura 26: Características del inversor de 12 V.....	83

Figura 27: Bomba 1,800 L/h.....	84
Figura 28: Características de la bomba de 1,800 L/h	84

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Los 10 paneles solares más eficientes.	17
Tabla 2: Ángulo de inclinación para la generación eléctrica máxima. Fuente: (GALLEGOS, R. H., 2017).....	39
Tabla 3: Análisis FODA de la fotocelda con calentador solar integrado	52
Tabla 4: Consumo teórico del hotel Don Antonio al mes en kWh. Fuente: Elaboración propia	55
Tabla 5: Costo del sistema fotovoltaico con calentador solar integrado para el hotel Don Antonio	61
Tabla 6: Costo de un sistema fotovoltaico sin el diseño innovador para el hotel Don Antonio	62

INTRODUCCIÓN

La energía está presente en todo cuanto existe, desde una pequeña planta hasta el astro más grande de nuestra galaxia, y en todos los sistemas del universo. El ser humano ha hecho uso de ella de manera directa e indirecta, en la realización de una actividad, el uso del fuego para la elaboración de alimentos, etc. Estas fuentes eran en su mayoría renovables. Es a partir de la revolución industrial que se emplean las energías no renovables, en la utilización de combustibles fósiles para el funcionamiento de las máquinas de vapor. Posteriormente, el consumo energético se elevó con el paso de los años, al grado de preocuparse del agotamiento de estas energías, además los combustibles fósiles han afectado considerablemente la vida en la tierra, gracias a que cada año se emiten grandes cantidades de contaminantes, que afectan la calidad de vida de los seres vivos.

Mientras tanto, la problemática ambiental trajo consigo la conciliación de varios países que tenían como fin buscar alternativas para garantizar la calidad de vida a las generaciones futuras. Es a partir de ese momento que se crean metas para la disminución de gases efecto invernadero, y surge el enfoque de implementar energías alternas y perdurables que logren seguir satisfaciendo las necesidades humanas, pero sin causar alteraciones al ambiente.

De acuerdo a lo anterior, la energía solar forma parte de una de las fuentes de energías verdes, es decir, no dañan los recursos naturales; además se regeneran, por lo que el ser humano puede hacer uso de ellas y estas no se agotarían. El sol es la principal fuente de energía presente en la tierra, es gracias a este astro que la vida en la tierra es posible formando parte de todos los ciclos de la vida.

Es por ello que, el presente trabajo engloba el uso de la radiación solar como aprovechamiento para la producción de energía eléctrica a través de paneles solares, y la generación de agua caliente a través de un diseño innovador que funciona como calentador solar. De esta manera, se satisfacen dos necesidades en un solo equipo. Por lo tanto, el equipo es más eficiente y con precios de venta accesibles al consumidor al tener la funcionalidad de dos equipos en uno, pues requiere de una sola instalación.

Para poder colocar este equipo innovador en el mercado es necesario primero demostrar la factibilidad y viabilidad económica, para ello se llevará a cabo un estudio de factibilidad haciendo la comparación del costo de invertir en un sistema de fotoceldas con calentadores solares integrados y de un sistema convencional de fotoceldas, teniendo como base de referencia el hotel “Don Antonio” de la región de Misantla, Veracruz, el cual se encuentra ubicado en una zona en donde no hay una red pública de luz.

Como primer paso para la realización del estudio de factibilidad se destacó el diseño y la innovación del equipo propuesto. Una buena manera de saber la ventaja competitiva de un producto es realizando un análisis FODA, por lo cual también se incluye en la investigación.

Posteriormente, se analizó el consumo energético del hotel Don Antonio mediante el registro de todos los equipos que requieren energía eléctrica y el uso promedio por día que se le daría a cada equipo, ya que este hotel está en construcción. Una vez obtenido al consumo energético teórico se realizará un cálculo del número de fotoceldas con calentadores solares integrados necesarios y también del sistema convencional para abastecer la demanda energética del hotel Don Antonio.

A su vez, se hará el cálculo de la capacidad de la batería a comprar de acuerdo al sistema necesario, así como, se seleccionará el tipo de inversor y regulador con base en la demanda energética.

Por último, se evaluará el costo beneficio de la instalación de las fotoceldas con calentadores solares integrados y se comparará con el costo beneficio de adquirir un sistema convencional fotovoltaico, tomando en cuenta el costo de inversión y la amortización de cada equipo.

CAPÍTULO I

1.1 Antecedentes

Las energías renovables son fuentes de energía limpias, inagotables y crecientemente competitivas, se diferencian de los combustibles fósiles en específico por ser abundantes y disponibles en cualquier parte del planeta, pero en especial por no producir gases de efecto invernadero. Dentro de las energías renovables se encuentra la energía solar, una de las más abundantes en la Tierra, con alrededor de 885 millones de TWh que caen sobre la superficie del planeta cada año, 6,200 veces la energía primaria comercial consumida por el hombre en 2008, esto significa que esta fuente tiene un gran potencial para suministrar de energía eléctrica a todo el mundo estando al alcance de todos (International Energy Agency, 2011).

La energía que es utilizada en la tierra proviene del sol. El Sol produce el viento, la evaporación del agua, la formación de nubes, las lluvias, etc. Su calor y su luz son la base de numerosas reacciones químicas indispensables para el desarrollo de los vegetales y de los animales, cuyos restos con el paso del tiempo, originaron los combustibles fósiles: carbón, petróleo y gas natural (Canary Islands Institute of Technology, 2008).

Además, actualmente el uso de la energía solar se aprovecha directamente de dos formas: por conversión térmica de alta temperatura (sistema fototérmico) y por conversión fotovoltaica (sistema fotovoltaico).

La conversión térmica de alta temperatura consiste en transformar la energía solar en energía térmica almacenada en un fluido. Para calentar el líquido se emplean unos dispositivos llamados colectores. De acuerdo a la asociación Greenpeace (2010) los calentadores solares son sistemas fototérmicos en los que se puede canalizar la energía irradiada por el sol hacia el lugar de destino, usándola para calentar agua. Desde un punto de vista comercial los calentadores solares son dispositivos que permiten abastecer a los hogares, hoteles, centros deportivos, industrias, etc., de agua caliente, disminuyendo el uso de gas y electricidad. De esta manera se contribuye al ahorro monetario, ya que la energía solar está disponible para todos, y se producen menos emisiones de CO₂ al ambiente. Estos sistemas se componen de

dos partes principales, el colector encargado de recibir y transformar la energía, y el tanque de almacenamiento.

Por su parte, la conversión fotovoltaica consiste en la transformación directa de la energía luminosa en energía eléctrica. Se utilizan para ello unas placas solares formadas por células fotovoltaicas (de silicio o de germanio). El fenómeno fotovoltaico fue descubierto en 1839 por el físico Antoine Becquerel, es a partir de ahí que se empezaron a desarrollar diversas investigaciones sobre el efecto fotovoltaico. El primer elemento a usar fue el selenio, posteriormente, en 1953 el científico Darryl Chapin de laboratorios Bell desarrolla una célula de silicio con un 6 % de eficiencia. El primer gran campo de aplicación de la conversión fotovoltaica fue en el espacio, con el lanzamiento de satélites que se alimentaban por células solares. Los primeros mercados masivos de los módulos fotovoltaicos se desarrollaban en primer lugar en torno a aplicaciones aisladas de la red eléctrica.

Para definir lo que es un sistema fotovoltaico Canary Islands Institute of Technology (2008) menciona lo siguiente: “que un sistema fotovoltaico también aprovecha la energía del sol, pero a diferencia del calentador solar este la utiliza para producir energía eléctrica. Un sistema fotovoltaico es el conjunto de equipos y electrónicos que producen energía eléctrica a partir de la radiación solar. El principal componente de este sistema es el módulo fotovoltaico, a su vez compuesto por células capaces de transformar la energía luminosa incidente en energía eléctrica de corriente continua”.

El aprovechamiento de la energía solar para la generación de electricidad contribuye a la sostenibilidad del sistema energético, reduce las emisiones contaminantes de los combustibles fósiles no renovables, se pueden instalar en tejados o integrar en edificios, evita costos de mantenimiento y se puede instalar en zonas de difícil acceso.

Ambos sistemas de energía solar, tanto calentadores solares como celdas fotovoltaicas tienen beneficios ambientales y económicos, estos equipos actualmente se venden por separado, con instalaciones distintas. Sus mercados están en constante crecimiento gracias a las inversiones para abaratar el costo de fabricación y mejorar su eficiencia, lo que se consigue año tras año. El gráfico de la **figura 1** muestra con claridad la creciente participación de las energías

renovables en el mundo en el año 2016 publicado por la Agencia Internacional de Energías en 2017, entre las cuales se encuentra la energía solar.

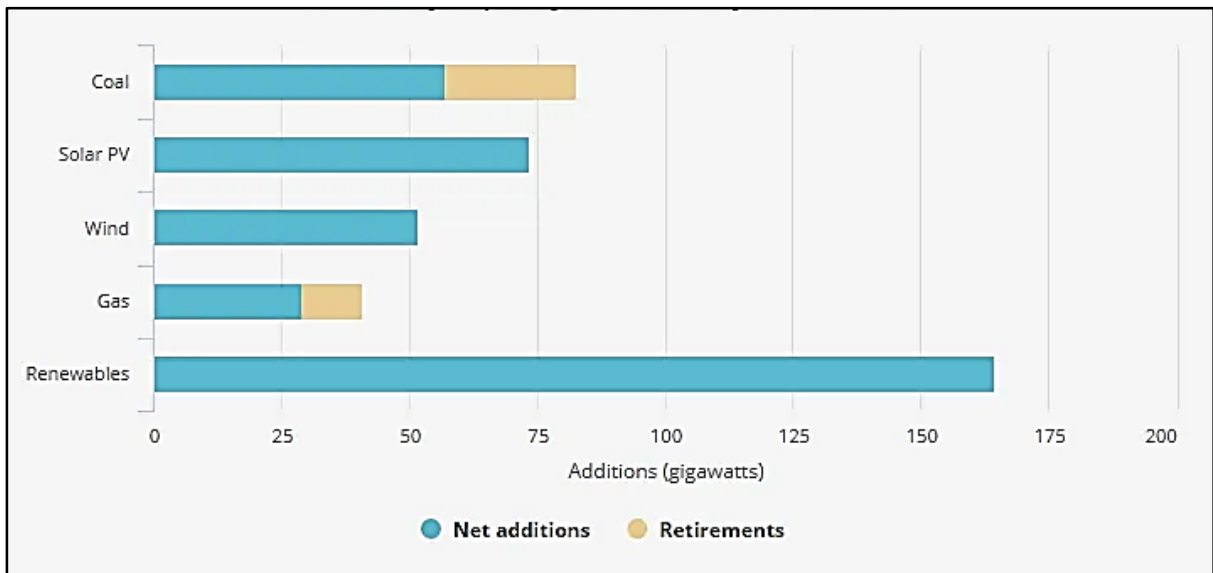


Figura 1: Adiciones de capacidad eléctrica por combustible (2016). Fuente: Energías Renovables (International Energy Agency, 2017).

El equipo presentado en esta investigación integra a la celda fotovoltaica con un calentador solar, formando un sólo equipo; de esta manera el beneficio será aún mayor, se está integrando la eficiencia de ambos equipos, se reduce el costo de venta y de instalación. El mercado para este equipo es muy amplio al unir los dos módulos en uno sólo.

1.2. Problemática

El cambio climático ha provocado la inquietud de muchos seres humanos, en cuanto el uso que se le está dando a los recursos naturales y del aprovechamiento de estos mismos para satisfacer sus necesidades. Gran parte del problema se debe al alto consumo de energías fósiles, las cuales al ser empleadas se liberan a la atmósfera en gases contaminantes (CO₂), provocando con ello el aumento en la temperatura de la Tierra.

Según los datos de Observatorio Mauna Loa en Hawai, “la concentración de CO₂ en la atmósfera es de 415 partes por millón, mucho más que en cualquier otro momento en la historia de la humanidad” (James Griffiths, 2019). Es por ello que los gobiernos y las personas deben tomar medidas drásticas para enfrentar los cambios alarmantes que está sufriendo el planeta. Una acción oportuna es buscar nuevas fuentes de energías, que permitan cubrir las necesidades humanas pero que no afecten al ambiente.

Como se mencionaba en los antecedentes, una alternativa viable en cuanto al reemplazo de las energías fósiles, es la energía solar, implementando el uso de los paneles solares (fotoceldas) para el abastecimiento de energía eléctrica, así como también el uso de calentadores solares para el suministro de agua caliente.

Las fotoceldas solares son dispositivos que convierten la energía solar en corriente eléctrica directa, se vienen realizando desde los años 70's. Sin embargo, la eficiencia energética se ha incrementado muy poco desde un 1 % hasta un rendimiento máximo en pruebas de laboratorio del 25 %. Existen comercialmente tres tipos de celdas solares: monocristalino (22 % - 27 % de valor de rendimiento), policristalino (15 % - 22 % de rendimiento) y amorfo (menos del 10 % de rendimiento), (ECEN2060, 2009).

A continuación, se muestra un listado de los 10 paneles solares más eficientes y sus características de eficiencias energéticas:

Tabla 1: Los 10 paneles solares más eficientes.

Modelo del panel solar	Eficiencia
1. Panel SunPower X22 360 W (2017)	22.2 %
2. Panel SunPower X21 345 W	21.5 %
3. SunPower X21 335 W All Black Panel	21.1 %
4. Panel LG Neon R 365 W solar de LG	21.1 %
5. Panel SunPower E20 327 W. Panel solar residencial	20.4 %
6. SunPower E20 435 W	20.3 %
7. SunPower E20 327 W	20.3 %
8. SunPower E19 320 W All Black (2017)	19.9 %
9. Panasonic N 330 W	19.7 %
10. LG Neon 335 W	19.6 %

Como se muestra en el listado, la eficiencia energética máxima es del 22 %, es decir, produce 22 W en condiciones óptimas por cada metro cuadrado.

En la actualidad las celdas comerciales no han podido superar la frontera de eficiencia máxima de operación del 12 % al 16 %, debido a que las fotoceldas pierden un 4 % de su eficiencia a causa del sobrecalentamiento al cual están expuestas, tomando en cuenta que la eficiencia de un panel solar se valora en condiciones de prueba estándar específica a una temperatura de 25° C y una radiación de 1,000 W/m². Esto significa que, del 84 % al 88 % de la energía, es degradada al ambiente en forma de calor sin tener un aprovechamiento tangible (Gul, Kotak, & Muneer, 2016).

Otro punto a destacar es que los equipos que se compran para uso residencial en la generación de corriente directa son las celdas fotoeléctricas y para calentar agua se usan calentadores

solares de variados diseños. Estos equipos por su función y diseño ocupan dos lugares distintos y por ser dos equipos diferentes los costos se incrementan para obtener dos servicios distintos: luz y agua caliente.

Esta situación genera dudas al momento de querer invertir en este tipo de equipos, aunado los costos de instalación y el espacio que tienen que cubrir para dar abastecimiento, ya que al ser equipos con diferentes funciones no están juntos.

Al presentar este proyecto tiene el objetivo de proponer una alternativa de inversión viable a la sociedad en cuanto al uso de la energía solar con un equipo novedoso e innovador, así como también promover el uso de generadores de energía y agua caliente con recursos limpios y renovables (no contaminantes). La sociedad en general debe sumar esfuerzos para precautelar el ambiente, debido a que el calentamiento global no es un mito, sino un hecho irreversible frente al cual debemos estar motivados para adoptar oportunas acciones. Ofrecer una alternativa innovadora implica dar una solución a las personas en un mundo altamente competitivo y exigente de servicios y productos de calidad.

1.3. Objetivos de investigación

1.3.1. Objetivo general

Realizar un estudio de factibilidad en la implementación de un sistema de fotoceldas con calentadores solares integrados en el hotel “Don Antonio” de Misantla, Veracruz y compararlo con un sistema convencional de fotoceldas y calentadores solares de agua tomando como referencia el consumo energético teórico.

1.3.2. Objetivos específicos

- Realizar una investigación bibliográfica sobre calentadores solares y sobre celdas fotoeléctricas.
- Describir el producto y su innovación con la finalidad de entender su funcionalidad y ventaja competitiva.
- Realizar un análisis FODA (fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas) del equipo innovador que permita evaluar la funcionalidad de la fotocelda con calentador solar integrado.
- Analizar el consumo teórico energético del hotel Don Antonio, mediante el registro en tablas, tomando en cuenta los focos, aparatos y equipos que requieren de energía eléctrica en el hotel, para determinar el número de módulos a comprar tanto para el sistema innovador y el sistema convencional, así como, la capacidad del inversor, de la batería y el regulador de voltaje.
- Calcular y evaluar el costo beneficio de una instalación de las fotoceldas con calentadores solares integrados y el costo de un sistema convencional, para el hotel Don Antonio, con la finalidad de saber en qué equipo es mejor invertir.

1.4. Justificación

La producción de energía que da comodidad a los seres humanos se obtiene de distintas fuentes ya sea de manera natural o artificial, para cada una de estas fuentes hay recursos naturales, los cuales pueden ser renovables o no. Las energías renovables son aquellas que por su cantidad en relación al consumo que los seres humanos pueden hacer uso de ellas, son inagotables y su propio consumo no afecta el medio ambiente (Estrada Gasca & Arancibia Bulnes, 2010, p 13). Por otro lado, las energías no renovables son aquellas que existen de forma natural, pero tienen una cantidad limitada y causan daño al ambiente en grandes cantidades. (Coakley, 2010)

Es a partir de ello que surge el interés de fomentar el uso de energías alternas, que no generen demasiados gastos, que sean eficientes y sobre todo que no contaminen el ambiente; además, que sean accesibles y estén al alcance de todos sin importar el lugar donde estén.

La principal razón por la cual se llevará a cabo la implementación de la fotocelda con calentador solar integrado en el hotel Don Antonio, ubicado en la región de Misantla Veracruz, es debido a que, el lugar en donde se encuentran dichas instalaciones no cuenta con alumbrado público, por lo tanto, el dueño del inmueble se ha visto la necesidad de buscar fuentes alternas que le permitan hacer funcionar su negocio, para ello se hará la comparación de si es mejor invertir en un sistema convencional fotovoltaico o en el sistema innovador propuesto. Por su parte el sistema innovador, además de que no daña al ambiente, tiene dos servicios en uno, no requerirá de mucha instalación y de un mínimo de mantenimiento. También, puede hacer uso de esta fuente y en cualquier momento, debido a que los rayos del sol son la energía más disponible que pueda existir en estos tiempos. (Edgar Gutiérrez, Carlos Del Castillo, Yazmin Juárez, 2018).

El sol es una fuente de energía natural por el que no hay una cuota para su aprovechamiento, por lo tanto, en el momento de instalar una fotocelda con calentador solar integrado no se pagará ninguna tarifa por la generación de electricidad y de gas.

El equipo innovador tiene ventaja sobre las celdas fotovoltaicas y calentadores solares que existen actualmente, porque integra ambos equipos en uno solo, estos se complementan para

lograr una mayor eficiencia energética y calorífica, por lo que sólo se tiene que realizar una instalación; además que sirve como regulador de clima de los techos, ya que la radiación solar se queda en las celdas que posteriormente pasa al agua, en ningún momento esta llega a la pared del techo del inmueble. Un techo caliente obliga al uso de aires acondicionados para extraer el calor acumulado en las habitaciones.

Las fotoceldas con calentadores solares integrados son fáciles de instalar, no requiere de ningún tipo de cableado pesado, requieren de un mantenimiento mínimo, aunque la inversión inicial puede ser un poco alta, dependiendo de las necesidades eléctricas y de agua caliente que requiera el cliente; sin embargo, al final se verá reflejado en lo que podría ser el recibo de luz y la factura del gas. El sistema no emite ruido alguno por lo que no causa contaminación acústica.

1.5. Formulación de hipótesis

El costo de inversión del sistema de fotoceldas con calentador solar integrado es más factible que la instalación de un sistema fotovoltaico convencional para el hotel Don Antonio, ya que el equipo innovador funcionará como generador de corriente eléctrica directa y simultáneamente como calentador de agua.

1.6. Alcances y limitaciones

1.6.1. Alcances

- Elaboración de una tesis para obtener el grado de ingeniero en gestión empresarial.
- Registro de una solicitud de patente ante el Instituto Mexicano de Propiedad Intelectual (IMPI).
- Publicación de un artículo referente a la implementación e innovación de las nuevas fuentes de energías verdes después del registro de patente.
- Participación en eventos de creatividad para la demostración del equipo innovador.
- Establecimiento de una empresa dedicado a la venta del equipo innovador.
- En su momento, licenciamiento de la patente a empresas dedicadas al ramo de las energías renovables.
- Instalación del equipo en el hotel Don Antonio.

1.6.2. Limitaciones

- La principal limitación para comprobar la factibilidad de la fotocelda con calentador solar integrado, es que, el hotel en donde se llevará a cabo la instalación aún no termina su construcción.
- Por su parte la pandemia ocasionada por el virus de COVID 19 ha provocado que se paren los trabajos en el hotel.
- También la pandemia a causado por las normas de salud y prevención el difícil acceso en la recopilación de la información para terminar la investigación.

1.7 Propuesta de solución

Para dar a conocer la eficiencia y calidad de la fotocelda con calentador solar integrado, desarrollado en Instituto Tecnológico Superior de Misantla por integrantes de distintas áreas de la ingeniería, se llevará a cabo un estudio de factibilidad del equipo innovador en el hotel Don Antonio ubicado en el municipio de Misantla, Veracruz, dicho estudio consiste en:

Primero, se realizará una descripción del equipo y su innovación destacando la ventaja competitiva al ser un producto que integra dos funcionalidades, además de que, mejora la eficiencia de la producción energética de una fotocelda.

Posteriormente, se elaborará un análisis FODA del equipo innovador para evaluar sus beneficios y anticipar sus amenazas.

A su vez, se analizará el consumo energético teórico del hotel Don Antonio, mediante la recopilación de información acerca de la capacidad de voltaje de los distintos equipos y materiales que serán instalados.

Tercero, con base a el consumo teórico de energía se hará el cálculo del número de fotoceldas con calentadores solares integrados necesarios para abastecer la demanda energética y la capacidad de agua del edificio, así también se calculará el número de módulos con un equipo de fotoceldas convencional. Al obtener el consumo energético teórico también se podrá calcular el tipo de inversor, el tipo de baterías y el regulador de voltaje.

Por último, se evaluará el costo - beneficio de la instalación de las fotoceldas con calentador solar integrado y el sistema convencional para el hotel Don Antonio, para ello se calculará el costo de cada equipo, el cálculo de la energía eléctrica propuesta con paneles fotovoltaicos para ambos sistemas, el costo por consumo de energía por los paneles fotovoltaicos, y por último se hará el cálculo de la amortización para cada sistema.

CAPÍTULO II

2.1. Marco contextual

2.1.1. Macro localización

Veracruz se localiza en la costa del atlántico, en el Golfo de México. Al norte colinda con el estado de Tamaulipas, al sur con los estados de Oaxaca y Chiapas, al poniente con San Luis Potosí, Hidalgo y Puebla y al sureste con el estado de Tabasco. Veracruz cuenta con una superficie de 71.699 km cuadrados y alrededor de 7,3 millones de habitantes por lo cual es uno de los estados más poblados de la República Mexicana. La capital del estado de Veracruz es la ciudad de Xalapa localizada en el centro de los altos de Veracruz, muy reconocida por su riqueza cultural y su gastronomía.

El nombre del estado es Veracruz de Ignacio de la Llave, pero comúnmente nombrado Veracruz, esto es resultado del nombre de la primera colonia española Villa Rica de la Vera Cruz, nombre establecido por Hernán Cortés a su llegada al continente americano.

Es de suma importancia decir además que aquí en este lugar la madre naturaleza y la historia han sido pródigas. Puesto que sus calles fueron fundadas por europeos convirtiéndolas en pletóricas con admirables huellas de un pasado que vincula el viejo mundo con lo que sería el nuevo mundo.

Veracruz cuenta con un pasado muy rico heredado de las culturas prehispánicas que habitaron el territorio veracruzano, las zonas arqueológicas y los museos de sitio forman parte del acervo histórico-cultural que Veracruz muestra a sus visitantes. También, referido estado fue escenario de gran parte del periodo de desarrollo entre la Conquista y la Colonia de México, por lo que encontraremos monumentos, edificios y demás rastros que dan fe de la cultura desarrollada.



Figura 2: Mapa del Estado de Veracruz, México. Fuente: Google Maps

2.1.2. Micro localización

El municipio de Misantla se encuentra en el estado de Veracruz. Es uno de los 212 municipios de la entidad y tiene su ubicación en la región montañosa de la zona centro del estado. Limita al norte con Nautla, al este con Yecuatla y Colipa, al sur con Chiconquiaco y Landero, al suroeste con Tenochtitlán, con Altotonga y Atzalan al Oeste, al noroeste con Martínez de la Torre. Su distancia aproximada al norte de la capital del estado, por carretera es de 80 Km. Tiene una superficie de 524.77 Km²; cifra que representa un 0.73 % total del estado.

El municipio cuenta con una población de 64,249 personas. De las cuales 26,827 habitaban en la cabecera municipal, siendo 12,885 hombres y 13,942 mujeres de lo anterior siendo datos del Censo de Población y Vivienda del 2010.

Su clima es cálido-húmedo-regular con una temperatura promedio de 22.7° C; su precipitación pluvial media anual es de 2,036.4 mm.

Las principales actividades económicas del municipio de Misantla en el estado de Veracruz de Ignacio de la Llave son:

- Comercio al por mayor de abarrotes, alimentos, bebidas, hielo y tabaco.

- Comercio al por mayor de materias primas agropecuarias y forestales, para la industria, y materiales de desecho.
- Comercio al por menor de abarrotes, alimentos, bebidas, hielo y tabaco.
- Comercio al por menor de productos textiles, bisutería, accesorios de vestir y calzado.
- Servicios de preparación de alimentos y bebidas.

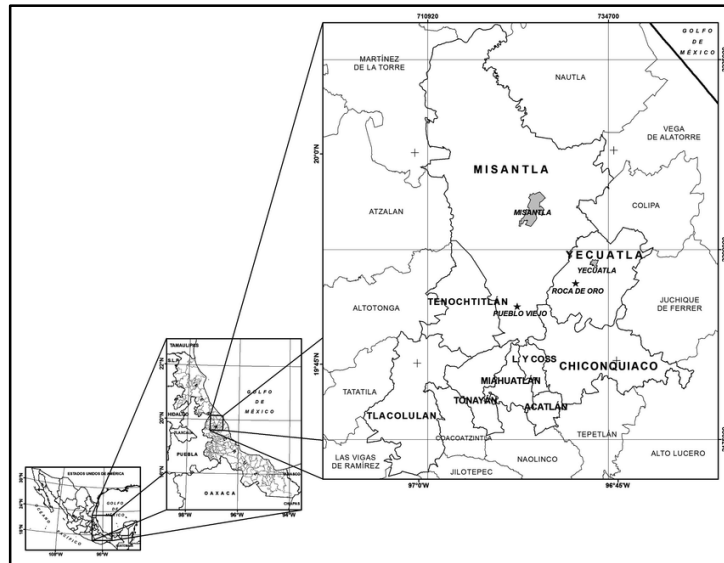


Figura 3: Mapa de la Sierra de Misantla, Veracruz, México. Fuente: ResearchGate

2.2. Marco teórico

2.2.1. Energía solar

La energía puede manifestarse de distintas formas: gravitatoria, cinética, química, eléctrica, magnética, nuclear, radiante, etc., formando parte de la vida de todos los seres presentes en el universo.

La energía que es utilizada en la tierra proviene del sol. El Sol produce el viento, la evaporación del agua, la formación de nubes, las lluvias, etc. Su calor y su luz son la base de numerosas reacciones químicas indispensables para el desarrollo de los vegetales y de los animales, cuyos restos con el paso del tiempo, originaron los combustibles fósiles: carbón, petróleo y gas natural (Canary Islands Institute of Technology, 2008).

Si se habla por la utilización que se le da a la energía, se clasifica en primaria, secundaria y útil. La primaria se utiliza directamente de la naturaleza, la secundaria es la transformación de la primaria y la útil es la que llega al consumidor después de la última conversión.

De acuerdo a la disponibilidad de la energía se puede clasificar en renovables y no renovables. Las primeras son inagotables y no causan un impacto negativo en el ambiente; y las no renovables existen en la naturaleza en una cantidad limitada, además de que causan contaminación.

Las energías renovables se pueden clasificar en energía solar, eólica, hidráulica, por biomasa y marítima. Dichas energías se obtienen de fuentes naturales que se encuentran al alcance de todos. Estas energías para su aprovechamiento requieren de las condiciones naturales necesarias para una mayor eficiencia. El mayor beneficio que se puede tener de ellas es que son inagotables, no causan daños al ambiente y están al alcance de todos (son gratis en su mayoría).

Una de las más importantes de las energías es la solar, la cual se ha venido utilizando durante muchos siglos atrás, directa o indirectamente. El sol emite continuamente una potencia de 62 mil 600 kilowatts por cada metro cuadrado de su superficie (Camilo Arancibia & Roberto Best, 2010). La cantidad de energía del Sol que recibe la Tierra en 30 minutos es equivalente

a toda la energía eléctrica consumida por la humanidad en un año. El mayor potencial de la energía solar es en solsticio de verano donde las duraciones de los días son más largas que otros períodos del año (Canary Islands Institute of Technology, 2008).

La radiación solar que llega a la superficie terrestre puede ser directa o difusa. Mientras la radiación directa incide sobre cualquier superficie con un ángulo de incidencia único y preciso, la difusa cae en esa superficie con varios ángulos. Cuando la radiación directa no incide sobre una superficie a causa de un obstáculo, el área en sombra no se encuentra completamente a oscuras debido a la contribución de la radiación difusa. Esta observación tiene importancia técnica para los dispositivos fotovoltaicos (FV), que pueden funcionar en algunos casos solamente con radiación difusa. Una superficie inclinada puede recibir la radiación reflejada por el terreno, por espejos de agua o por otras superficies horizontales, fenómeno conocido como albedo. Las proporciones de radiación directa, difusa y albedo recibida por una superficie dependen de (Sánchez Maza, Miguel Ángel, 2010):

- Las condiciones meteorológicas: En un día nublado la radiación es prácticamente difusa en su totalidad; en un día despejado con clima seco predomina la componente directa que puede llegar hasta el 90% de la radiación total.
- La inclinación de la superficie respecto al plano horizontal: Una superficie horizontal recibe la radiación difusa máxima si no hay alrededor objetos a una altura superior a la de la superficie.
- La presencia de superficies reflectantes: Debido a que las superficies claras son las más reflectantes, la radiación albedo aumenta en invierno por efecto de la nieve y disminuye en verano por efecto de la absorción de la hierba o del terreno.

El aprovechamiento de la energía del Sol está condicionado por la intensidad de radiación que se recibe en la Tierra. La radiación varía según la latitud del lugar, el momento del día, las condiciones atmosféricas y climatológicas. La unidad métrica utilizada para la radiación es el W/m^2 que expresa la cantidad de energía que llega a un área de un metro cuadrado (Urbano Castelán, José Antonio, 2009).

El fenómeno de la radiación solar permite obtener la energía del sol para ser aprovechada de distintas formas y por distintos dispositivos (GALLEGOS, R. H., 2017), como son:

- Energía fototérmica: Cuando la radiación solar es aprovechada para el calentamiento.
- Energía fotovoltaica: Cuando la radiación solar se aprovecha para la generación de electricidad a través del efecto FV.

Según investigadores de la UNAM la radiación que llega a México en promedio es de 5.5 kilovatios hora por metro cuadrado (imagen 4). México tiene mayor potencial que países que son líderes en producción de energía solar, como lo son España y Alemania. Por ejemplo, Alemania tienen 2.7 kWh por metro cuadrado al día, esta radiación es menor que la producida en el país (BANCOMEXT, 2017).

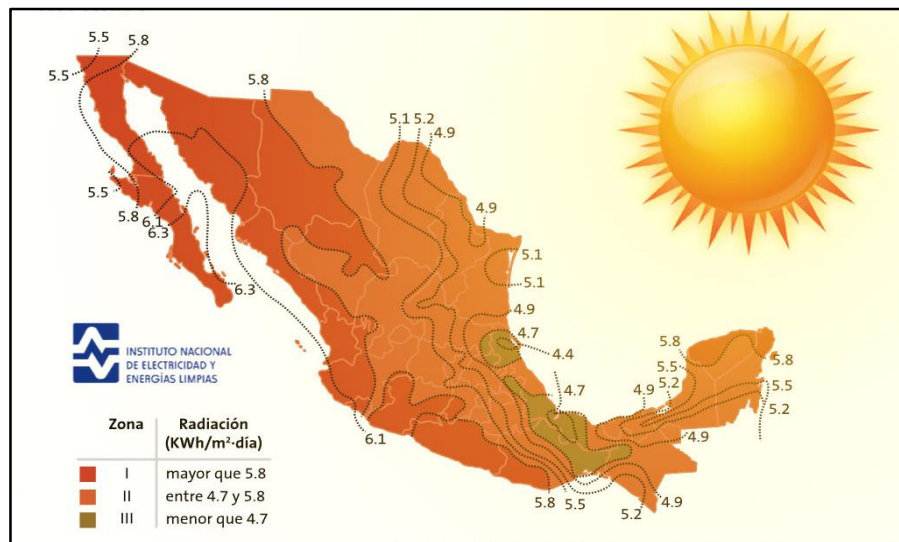


Figura 4: Radiación solar diaria promedio anual en México. Fuente: Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias.

Actualmente la radiación solar se puede aprovechar de dos formas energéticas conceptualmente diferente, la primera de forma calorífica de baja, media y alta temperatura a través de calentadores solares; y también se aprovecha como fuente de energía, por medio de células fotovoltaicas. Aunque ambas formas de aprovechamiento hace mucho que se descubrieron, es a partir del presente siglo que se han hecho notar como una alternativa viable para el desarrollo sustentable.

2.2.2. Calentadores solares

En 1767, un científico francés llamado Horace de Saussure decidió construir un dispositivo experimental pequeño para estudiar la energía calorífica producida por la radiación solar. Su modelo consistía en una caja con fondo negro, aislada con lana por sus costados y cubierta por arriba con una tapa de vidrio. De manera sorprendente, al poner este dispositivo al sol pudo medir temperaturas interiores de hasta 120 grados centígrados. Se alcanza tan alta temperatura debido a que el vidrio es transparente a la luz solar; ésta lo atraviesa y calienta el interior de la caja, pero a la vez evita el escape del calor, provocando algo similar al “efecto invernadero”. El vidrio actúa de dos maneras: en primer lugar, no permite que el aire caliente del interior de la caja ascienda a la atmósfera y se lleve energía; en segundo, reduce el escape de energía en forma de radiación infrarroja emitida por la superficie caliente, ya que el vidrio no es transparente a este tipo de radiación. Un efecto como el de la caja caliente se puede experimentar al subir a un automóvil que ha estado completamente cerrado bajo un sol intenso (Camilo Arancibia & Roberto Best, 2010).

El calentamiento del agua que se realiza a través del calentador solar no necesita el uso de algún combustible. Dos equipos muy comunes pertenecientes a este ramo de la energía solar térmica para la producción de agua caliente, son el calentador plano y el calentador por tubos de vacío.

Un calentador plano se compone de: un colector solar, donde se captura la energía del sol (energía calorífica) la cual se transfiere al agua; un termotanque, donde se almacena el agua caliente; y un sistema de tuberías por donde circula el agua. La figura 3 muestra con mayor claridad las partes de un colector solar (GreenPeace, 2010).

Un colector plano solar está constituido básicamente por:

- 1.- Marco de aluminio o metálico.
- 2.- Cubierta transparente, si se trata de vidrio debe tener bajo contenido en hierro.
- 3.- Placa térmica colectora. Enrejado con aletas de cobre.

4.- Cabezales de alimentación y descarga de agua.

5.- Aislante térmico como poliéster, lana mineral, fibra de vidrio, etc.

6.- Caja del colector, galvanizada (CONAE).

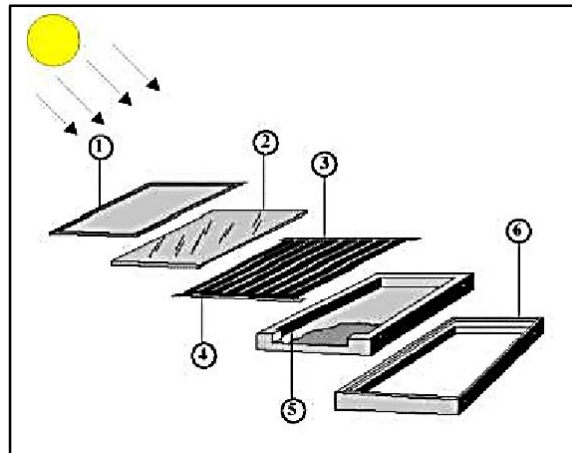


Figura 5: Partes de un colector solar. Fuente: CONAE

Por su parte el colector de tubos de vacío consta de varias filas de tubos de vidrio transparentes paralelos conectados a un tubo colector y donde circula el fluido de transferencia de calor (generalmente 50 % de propilenglicol) y absorbe el calor generado por los tubos. Estos tubos de vidrio tienen forma cilíndrica. Por lo tanto, el ángulo de la luz solar siempre es perpendicular a los tubos absorbentes de calor.

Dentro de cada tubo de vidrio, una aleta de aluminio o cobre plana o curva se une a un tubo de calor de metal que atraviesa el tubo interno. La aleta está cubierta con un recubrimiento selectivo que transfiere calor al fluido que circula por la tubería. Este tubo de calor de cobre sellado transfiere el calor solar por convección de su fluido interno de transferencia de calor a un "bulbo caliente" que calienta indirectamente un colector de cobre dentro del tanque de cabecera.

Estas tuberías de cobre están conectadas a un colector común que luego se conecta a un tanque de almacenamiento, calentando así el agua caliente durante el día. El agua caliente se

puede usar por la noche o al día siguiente debido a las propiedades aislantes del tanque (Hydro Solar Solution, 2016).

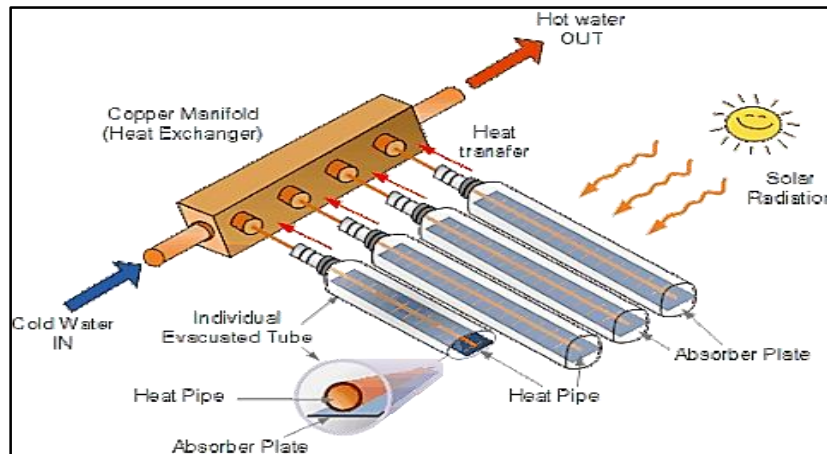


Figura 6: Partes que integran una celda solar. Fuente: Hydro Solar Solution.

Las ventajas que ofrece estos sistemas, se consideran las siguientes:

- Reducción de consumo energético eléctrico y de gas para el uso de calefacción y boiler
- Menor gasto de dinero para obtener calefacción.
- Se puede implementar en hogares unifamiliares, multifamiliares, restaurantes, hoteles e industria.
- Es muy rentable en lugares que tengan una incidencia buena incidencia de sol y además que sea constante en el transcurso del año.
- Ahorro económico a largo año.
- Uso de energía renovable y gratis.
- Menor mantenimiento ya que no presenta partes móviles.

2.2.3. Sistemas fotovoltaicos

La otra forma de utilizar la radiación solar es para producir electricidad por medio de celdas fotovoltaicas. Dentro de las fuentes de energías renovables, la energía solar fotovoltaica representa una alternativa a fuentes convencionales tales como la hidráulica o eólica, las cuales implican altos costos en los procesos de generación y distribución de la energía producida, sobre costo por mantenimiento de las redes eléctricas y mayor impacto ambiental en todo el proceso (Tobajas, 2012).

A nivel mundial, la mayor parte de la energía consumida se dedica a la producción de electricidad, dicha energía es procedente de fuentes no renovables y es una energía secundaria.

La potencia de la energía eléctrica se mide en vatios (W). Se suelen utilizar múltiplos como kilovatios (kW) –1000 vatios–, megavatios (MW) –1 millón de vatios– o gigavatios (GW) –1000 millones de vatios–. La energía se puede medir en vatios-hora (Wh), o en unidades derivadas, como kWh. De esta manera que se cuantifica la energía y así se puede hacer el análisis de consumo-costo (Canary Islands Institute of Technology, 2008).

Las células fotovoltaicas producen energía continua y sus parámetros característicos (intensidad y tensión) varían con la radiación solar que incide sobre las células y con la temperatura ambiente. La electricidad generada con energía solar fotovoltaica se puede transformar en corriente alterna, de la misma forma que la electricidad de la red eléctrica, utilizando inversores (Canary Islands Institute of Technology, 2008).

Para su caracterización, los módulos se miden en unas condiciones determinadas denominadas condiciones estándar: 1000 W/m² (1 kW/m²) de radiación solar y 25° C de temperatura de las células fotovoltaicas. La máxima potencia generada en estas condiciones por cada módulo fotovoltaico se mide en Wp (vatios pico); a esta potencia se la denomina potencia nominal del módulo (Canary Islands Institute of Technology, 2008). Según investigadores del MIT (Instituto de Tecnología de Massachusetts) han descubierto que las

producciones de las células fotovoltaicas disminuyen a medida que aumenta la temperatura: pierden un 0,45 % de eficiencia por cada grado extra de temperatura (EnergyNews, 2019).

Un sistema fotovoltaico suele constar de: Paneles fotovoltaicos, baterías, reguladores de carga e inversores.

- Paneles fotovoltaicos: generan electricidad a partir de la energía del Sol en corriente continua (CC).
- Baterías: almacenan la electricidad generada por los paneles para poder utilizarla, por ejemplo, en horas en que la energía consumida es superior a la generada por los módulos o bien de noche.
- Reguladores de carga: controla el proceso de carga y descarga de las baterías, evitando sobrecargas y descargas profundas y alargando así la vida útil de las baterías.
- Inversores: transforman la corriente continua (CC) en alterna (CA), que es la que se utiliza de forma habitual en nuestros hogares. Si los consumos fuesen en CC, se podría prescindir del inversor. En algunos países en vías de desarrollo las instalaciones en CC tienen una gran importancia, llegando a miles de sistemas instalados. (Canary Islands Institute of Technology, 2008).

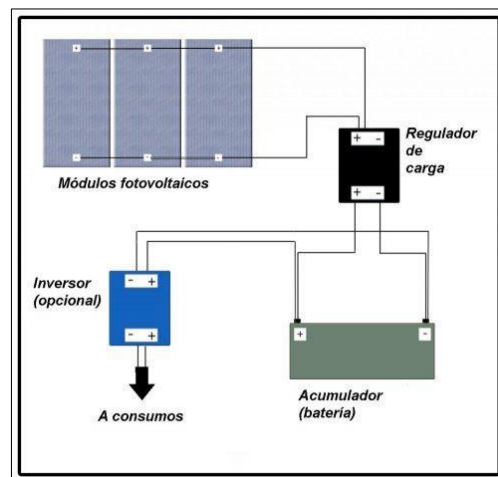


Figura 7: Componentes básicos de un sistema solar fotovoltaico. Fuente: Eliseo Sebastián.

Los sistemas fotovoltaicos generan electricidad a partir de la intensidad de la radiación solar, no del calor; por lo que el frío no representa ningún problema para el aprovechamiento. Los

paneles FV pueden ser conectados en serie, en paralelo o la combinación adecuada para obtener la corriente y tensión eléctrica necesaria para una determinada aplicación (GALLEGOS, R. H., 2017). Aunque, la cantidad de energía producida por un SFV varía durante el año en función de la radiación de la localidad y de la latitud de la misma.

Las instalaciones de los paneles solares se pueden desarrollar de dos formas ya sea aisladas a la red o conectadas a la red. Las conexiones aisladas a la red son las que carecen de conexión con la red eléctrica convencional. Se pueden diferenciar entre sistemas con acumulación y sistemas de conexión directa. Los sistemas de acumulación son los que están conectados a baterías que permiten el suministro eléctrico en periodos de poco o nulo aprovechamiento de la radiación solar. Estos a su vez, pueden diferenciarse por el consumo al que están conectados: así puede haber instalaciones aisladas con elementos de consumo en corriente alterna o elementos de consumo de corriente continua (L. Salcedo, F. Adrián, C. Carmona, J. Tenorio C., 2012).

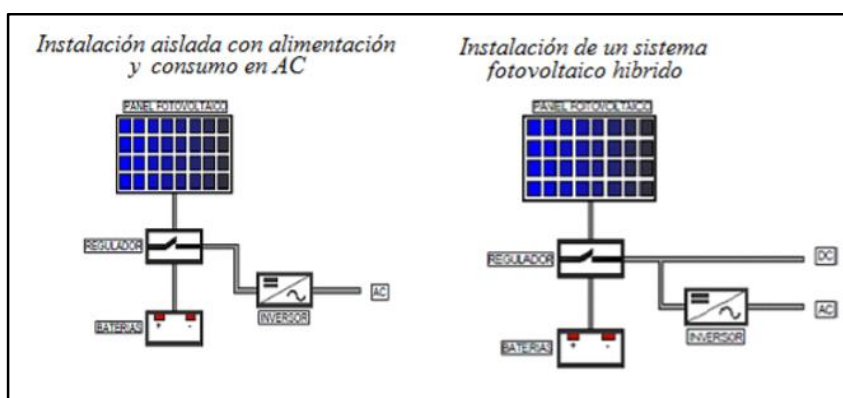


Figura 8: Instalaciones fotovoltaicas. Fuente: Arenas y Zapata, 2011.

Mientras las conexiones conectadas a la red son las instalaciones en las que la energía generada por el campo fotovoltaico se entrega directamente a la red general de distribución. Las instalaciones conectadas a la red no poseen baterías ni reguladores, imponiéndose únicamente de los dispositivos fotovoltaicos y del inversor o convertidor. Los dispositivos fotovoltaicos son los mismos que se emplean para las instalaciones aisladas de la red eléctrica, sin embargo, los inversores deben disponer de un sistema de medida de la energía

consumida y entregada, ser capaz de interrumpir o reanudar el suministro en función del estado de campo de paneles y adaptar la corriente alterna producida en el inversor a la fase de energía de la red (L. Salcedo, F. Adrián, C. Carmona, J. Tenorio C., 2012).

Algunas ventajas de los sistemas fotovoltaicos son las siguientes:

- Es una tecnología madura aceptada internacionalmente.
- Es altamente confiable. El sol es una fuente limpia, inagotable y de acceso libre.
- Posee bajos costos de operación y de mantenimiento.
- Es la mejor opción en fuentes de energía renovable para introducir en el ámbito urbano.
- No posee partes móviles.
- Permite un diseño modular.
- Es aplicable en los más diversos sitios y para muy diferentes usos.
- Fácil de producir a escala masiva.
- Fácil de instalar.
- Es una tecnología que permite generar empleos y un desarrollo industrial sustentable.
- Es lo más accesible de proveer de energías a los millones de personas que no tienen acceso a la electricidad alrededor del mundo.

2.2.4. Criterios de diseño de un sistema fotovoltaico

A continuación, se describen las etapas para establecer los criterios de diseño de un SFCR.

Cálculo de la energía consumida diariamente

Un método de cálculo consiste en obtener mediante tablas adecuadas las horas equivalentes del lugar considerado y la inclinación deseada de los módulos FV. Se define como “hora equivalente u hora pico solar” el período de tiempo en el que la radiación solar toma un valor igual a 1000 W/m². Esta metodología es utilizada en los cálculos de las dimensiones de una instalación FV y en la energía consumida diariamente. La energía consumida diariamente se expresa con la ecuación 1 (L. Salcedo, F. Adrián, C. Carmona, J. Tenorio C., 2012).

$$E_c = P_{total}(t) \quad (2.1)$$

Donde:

E_C = Energía consumida al día, W.

t = Tiempo de utilización, h.

P Total = Potencia total hora, W.

Verificación de la aptitud del lugar

Un aspecto fundamental en la localización de los módulos es asegurar que no existen obstáculos que puedan dar sombra, al menos durante las horas centrales del día (vegetación, edificios, elementos constructivos, otros módulos, etc.). Estas características determinan la ubicación del SFV, su exposición respecto al Sur geográfico, la mayor inclinación sobre el plano horizontal, y las características de las estructuras de soporte (GALLEGOS, R. H., 2017).

Elección de la inclinación de los módulos

La inclinación óptima de los módulos FV depende de la latitud del lugar donde se van a instalar. Para calcular la inclinación de los módulos puede tomarse como referencia inicial la latitud del lugar, lo que es posible siempre que no haya exigencias de tipo arquitectónico que lo impidan. La latitud del sitio puede ser utilizada inicialmente para calcular la orientación e inclinación que debe poseer un Sistema Fotovoltaico (L. Salcedo, F. Adrián, C. Carmona, J. Tenorio C., 2012).

Los techos horizontales son convenientes para la instalación de un SFV, debido a que el montaje puede realizarse en estructuras con condiciones óptimas de orientación e inclinación ya que son aspectos determinantes para su producción eléctrica (GALLEGOS, R. H., 2017).

Si se establece una orientación hacia el Sur geográfico y un ángulo de inclinación igual al ángulo de latitud, se maximiza la producción en términos anuales, la inclinación se selecciona para aumentar la captación del mes con menos radiación; el ángulo es tal que el mínimo anual una vez inclinado sea el máximo respecto a las otras inclinaciones, por lo que se mejora la captación en una época y se desfavorecer en otra (Tabla 2).

Es usual que la inclinación óptima equivalga a un ángulo respecto a la horizontal dado por la ecuación 2 (L. Salcedo, F. Adrián, C. Carmona, J. Tenorio C., 2012).

$$\text{Inclinación óptima} = \text{Inclinación} - \text{Latitud} + 10^\circ \text{C} \quad (2.2)$$

Tabla 2: Ángulo de inclinación para la generación eléctrica máxima. Fuente: (GALLEGOS, R. H., 2017)

Ángulo de Inclinación	Resultado
Latitud	Generación eléctrica máxima anualiza, durante la primavera y el otoño.
Latitud - 15°	Generación eléctrica máxima en verano.
Latitud + 15°	Generación eléctrica máxima en invierno.

En cualquier caso, es recomendable una inclinación superior a 10° para permitir que el agua de la lluvia escurra; y donde nieva con cierta frecuencia es recomendable una inclinación superior a 45°, para favorecer el deslizamiento de la nieve.

No obstante, se debe procurar acercarse lo más posible a las condiciones óptimas de instalación. En caso de que los techos ya posean cierta inclinación, su orientación deberá ser preferentemente hacia el Sur geográfico y en ningún caso al Norte, si el montaje es horizontal, la ganancia energética es menor, pero puede ser aceptable estimándose una reducción en la producción de menos el 10 % (L. Salcedo, F. Adrián, C. Carmona, J. Tenorio C., 2012).

Evaluación de las pérdidas de sistema

Es necesario tener en cuenta las pérdidas/caídas de tensión introducidas por los componentes que forman el sistema (baterías, regulador de carga, cables de conexión, etc.) Suponiendo que las pérdidas totales del sistema sean aproximadamente del 30 %, entonces es necesario aumentar en el mismo porcentaje la potencia pico del SFV (Proyecto RES & RUE Dissemination).

Selección del inversor

El inversor es uno de los componentes más importantes en los sistemas conectados a red, ya que maximiza la producción de corriente del dispositivo FV y optimiza el paso de energía entre el módulo y la carga. Es un dispositivo que transforma la energía continua producida por los módulos (12 V, 24 V, 48 V) en energía alterna (generalmente 220 V), para alimentar el sistema y/o introducirla en la red con la que trabaja en régimen de intercambio. Existen diferentes tipos de inversores, pero se recomienda seleccionarlo en función del tamaño de la instalación que se pretende realizar. El inversor se instala entre el SFV y el punto de conexión a la red. En el mercado también se encuentran inversores incorporados a los módulos FV, formando un único sistema compacto que se puede conectar directamente a las cargas, debe proporcionar la potencia que pueda estar conectada, ya sea así el caso más crítico es cuando todas las cargas están conectadas al sistema. Así que el tipo que hay que utilizar se puede identificar una vez decidida la potencia del SFV y por lo tanto el número de módulos FV. En el caso de un sistema aislado, es necesario evaluar la potencia total máxima que tendrá que conectarse al inversor además de tener en cuenta la forma de la onda producida (Guerrero, R. et al 2011).

El voltaje en la corriente continua es constante y la carga eléctrica fluye en una sola dirección; por el contrario, en la corriente alterna la magnitud y dirección de flujo cambia de forma periódica con valles y picos que aparecen a intervalos regulares. El inversor de voltaje utiliza circuitos electrónicos para hacer que el flujo de la corriente continua cambie de dirección de forma periódica haciéndola similar a la corriente alterna. El inversor además emplea una serie de filtros para hacer que estos cambios de dirección sean suaves y regulares de forma que la energía eléctrica resultante puede ser usada en la mayoría de dispositivos eléctricos domésticos. La mayoría de dispositivos electrónicos necesitan suministro de corriente alterna para funcionar correctamente ya que, por lo general, son fabricados para ser conectados a la red eléctrica doméstica, la cual es de corriente alterna. Sin embargo, estos aparatos necesitan que la electricidad que reciben tenga un voltaje específico, continuo y bien regulado. La corriente alterna es mucho más fácil de regular y su voltaje más fácil de cambiar que en la corriente continua, por ello es frecuente ver inversores en aparatos electrónicos, como en las fuentes de alimentación del PC, que regula la corriente alterna hasta cumplir las

especificaciones del aparato y luego vuelve a ser convertida internamente a corriente continua para un suministro de intensidad constante (GALLEGOS, R. H., 2017).

Las baterías y los generadores de energías renovables, producen corriente continua mientras que la mayoría de aparatos eléctricos funcionan con corriente alterna; por esto el principal uso de los inversores es transformar la energía eléctrica continua disponible en corriente alterna que pueda ser utilizada por la mayoría de los aparatos eléctricos. Los inversores de voltaje más básicos son dispositivos pequeños que se pueden conectar directamente a la salida de corriente continua del coche. Con este inversor es suficiente para hacer funcionar un ordenador portátil, un DVD portátil, cargar teléfonos móviles y aparatos similares.

2.2.5. Sistemas fotovoltaicos no conectados a la red

Los principales componentes que forman un sistema fotovoltaico aislado son: Módulos fotovoltaicos Regulador de carga Inversor Sistema de acumulación (baterías de acumulación)

En este tipo de sistemas, la energía producida por los módulos fotovoltaicos es almacenada en baterías de acumulación. La carga es alimentada, a través del regulador de carga, por la energía acumulada en las baterías.

El regulador de carga sirve fundamentalmente para preservar los acumuladores de un exceso de carga por el generador fotovoltaico y de la descarga por el exceso de uso. Ambas condiciones son nocivas para la correcta funcionalidad y la duración de los acumuladores. Ya que normalmente la potencia requerida por el usuario no es proporcional a la radiación solar (y, por consiguiente, a la producción eléctrica de un sistema fotovoltaico) una parte de la energía producida por el campo fotovoltaico tiene que ser almacenada para poder ser reutilizada cuando el usuario la necesite. Este es la finalidad del sistema de acumulación. Un sistema de acumulación está formado por un conjunto de acumuladores recargables, dimensionado de forma que garantice la suficiente autonomía de alimentación de la carga eléctrica (Guerrero, R. et al 2011).

Las baterías que se utilizan con esta finalidad son acumuladores de tipo estacionario y sólo en casos muy especiales es posible utilizar baterías tipo automoción (Guerrero, R. et al 2011).

Las baterías para uso fotovoltaico tienen que cumplir los siguientes requisitos:

- Bajo valor de auto descarga.
- Larga vida útil.
- Manutención casi nula.
- Elevado número de ciclos de carga-descarga.

En cuanto al inversor, su finalidad en los sistemas aislados es la de transformar corriente continua (CC) producida por el campo fotovoltaico, en corriente alterna (CA), necesaria para la alimentación directa de los usuarios. En este caso, el inversor tiene que estar dimensionado para poder alimentar directamente la carga que se le quiere conectar. Es evidente que, de todos modos, el inversor en este tipo de instalaciones (sistemas aislados) no es un componente indispensable. De hecho, es posible incluso alimentar directamente con corriente continua de baja tensión la carga (Guerrero, R. et al 2011).

2.2.6. Costos de un sistema fotovoltaico

Existen dos conceptos de costo que se debe tomar en cuenta al considerar la adquisición de un SFV: el costo de inversión y el costo de energía. El costo de inversión de un SFV depende de diversos factores, como son (GALLEGOS, R. H., 2017):

- La capacidad del sistema.
- La preparación y ejecución del proyecto, lo que incluye diseño, instalación, conexión y puesta en marcha del sistema.
- Las características tecnológicas y económicas de los componentes, principalmente de los módulos y el inversor.
- Si el sistema se instala en el techo o a nivel de piso, o bien, si será un elemento integral de techos y fachadas.

El costo de energía se refiere al costo por cada kW-h de electricidad producida por el SFV. En el ámbito técnico se denomina costo nivelado de energía y se puede comparar

directamente contra el precio de electricidad de la red. En su determinación intervienen los siguientes factores (GALLEGOS, R. H., 2017):

- El monto de la inversión.
- La eficiencia con la cual se estará efectuado la conversión de energía solar a eléctrica.
- La localidad donde se instalará el sistema.
- La afectación por sombras.
- La vida útil del sistema.

Los sistemas fotovoltaicos requieren una importante inversión de capital inicial, pero tienen unos gastos de mantenimiento bajos. El análisis de todos los aspectos económicos relativos a un sistema fotovoltaico es complejo. De hecho, es necesario tener en cuenta las siguientes consideraciones (L. Salcedo, F. Adrián, C. Carmona, J. Tenorio C., 2012):

- Cada aplicación tiene que ser contemplada en su contexto particular, evaluando condiciones locales como, por ejemplo, la normativa, la radiación solar, el espacio disponible, etc.
- Para realizar una comparación correcta es necesario hablar de valor de la energía producida y no de coste de la energía. Esto es así porque la calidad de la energía producida por una fuente fotovoltaica no es la misma que la de las fuentes tradicionales (por el impacto ambiental, la intermitencia de la energía, etc.).
- La vida útil de un generador fotovoltaico es de aproximadamente unos 25 años. Algunas empresas ofrecen garantías que duran incluso todo ese tiempo.
- Existen casos en los que la conexión a la red eléctrica es difícil (refugios alpinos, casas aisladas, etc.).

2.3. Marco legal

La normatividad será aplicada de acuerdo a la selección de los conductores, lo cual se especifica en las siguientes estipulaciones:

El artículo 690-8 de la NOM-001-SEDE-2005, menciona las siguientes recomendaciones para la selección del cable conductor para un sistema fotovoltaico.

- Capacidad de conducción de corriente eléctrica y dispositivos de protección contra sobre corriente. La capacidad de conducción de corriente eléctrica de los conductores y la especificación o ajuste de los dispositivos de protección contra sobre corriente en un circuito de un sistema solar fotovoltaico no deben ser menores a 125 % de la corriente eléctrica calculada.
- Cable con conductor dúplex. Se permite cable tipo TWD-UV en circuitos de la fuente fotovoltaica, cuando se instalen a la intemperie y expuestos a los rayos del Sol.
- Cables y cordones flexibles. Cuando se usen cables y cordones flexibles para conectar las partes móviles de seguidores solares, se debe cumplir con lo indicado en el Artículo 400 y deben ser cordones para uso extra rudo Tipos ST, SO o W, adecuados para uso en intemperie y resistentes al agua y a la luz del Sol.

Para la puesta a tierra se hace referencia a los siguientes artículos.

690-41. Puesta a tierra del sistema. Para una fuente de energía fotovoltaica, un conductor de un sistema de dos conductores especificado a más de 50 V o un conductor neutro de un sistema de tres conductores, deben ser puestos a tierra sólidamente.

690-43. Puesta a tierra del equipo. Las partes metálicas de los marcos de los módulos, del equipo y de las envolventes de conductores que no lleven corriente eléctrica, deben ser puestas a tierra sin importar la tensión eléctrica.

690-45. Tamaño nominal del conductor de puesta a tierra del equipo. En sistemas donde la corriente eléctrica de corto circuito disponible de la fuente fotovoltaica sea menor que dos veces la corriente eléctrica especificada del dispositivo de protección contra sobre corriente,

el conductor de puesta a tierra del equipo, no debe ser de menor tamaño nominal al requerido para los conductores del circuito.

690-62. Capacidad del conductor neutro puesto a tierra. Si una unidad de acondicionamiento de energía monofásica, dos hilos, se conecta al neutro puesto a tierra y a un solo conductor de fase de un sistema de tres hilos o a un sistema trifásico estrella de cuatro hilos, la suma de la carga máxima conectada entre el neutro puesto a tierra y cualquier conductor de fase, más la capacidad de salida de la unidad de acondicionamiento de energía, no debe exceder la capacidad de conducción de corriente del conductor neutro puesto a tierra.

2.4. Estado del arte

Se hizo la revisión de varias fuentes y las que más se adaptaron a la investigación a realizar son las siguientes:

Análisis de factibilidad para la instalación de un sistema de energía limpia mediante celdas fotovoltaicas para la alimentación eléctrica del edificio 4 en el ITSLV.

Esta fue una investigación realizada por el Ing. Rodolfo Hernández Galleros en el Instituto Tecnológico Superior de La Venta del estado de Tabasco, el cual tuvo la finalidad de analizar la factibilidad de instalar un sistema de energía verde mediante celdas fotovoltaicas interconectadas a la red eléctrica para alimentar el consumo energético de un edificio de dicha institución.

De acuerdo al estudio realizado se determinó el consumo energético teórico del edificio que fue de 1224 kW día y el real máximo en un día fue de 1117 kW, con base en ello, determinaron que el tipo de celda fotovoltaica adecuada para el edificio 4 eran paneles mono cristalinos de 330 W, por tener alta eficiencia y desempeño, es así, que se suministrará 70 % del máximo consumo registrado durante el muestreo que realizó el ingeniero lo que equivale a 781 kW en 498 celdas fotovoltaicas. En lo que concierne al diseño del sistema de las fotoceldas fue realiza en el software Solidwork, para que dicho sistema se adecue al espacio del techo de las instalaciones.

Por su parte, también realizó un análisis costo - beneficio de la instalación del sistema fotovoltaico para el edificio 4 y determinó la factibilidad de instalar el sistema de energía limpia en el edificio 4 del ITSLV puesto que la vida útil promedio de los paneles fotovoltaicos es de 25 años en condiciones normales, en este tiempo el Ingeniero señala que “pueden generar 7,048,776 kW, que al costo medio actual de \$ 1.4012 serian \$ 9,876,744.93 pesos M.N., el costo de instalación inicial aparenta ser elevado aproximadamente \$ 3, 316,255.26 pesos M.N. pero el tiempo de amortización es de 8.3 años, quedando de ganancia alrededor de 16.7 años, en este tiempo el ITSLV podría ahorrar \$ 6,560,792.43 pesos M.N. por lo que se considera factible la instalación de paneles fotovoltaicos interconectados a la red eléctrica de CFE para el ITSLV y cualquier edificio con características similares”.

Es en base al estudio realizado por el Ingeniero Rodolfo Hernández Galleros se comprueba la factibilidad de implementar sistemas fotovoltaicos para el suministro de energía eléctrica, ahora bien, si esta investigación avala dicha hipótesis eso quiere decir que el equipo innovador que se está presentando en esta investigación tiene mucho mayor ventaja, al integrar dos equipos en uno que a su vez se busca mejorar la eficiencia de ambos equipos.

Estudio de factibilidad técnica y económica para la implantación de un sistema de agua caliente sanitaria para la residencia de la escuela Politécnica del Ejercito.

La investigación realizada por Castellanos, Santiago y Naranjo, Alex tenía como objetivo analizar la factibilidad técnica y económica de un sistema alternativo de calentamiento de agua sanitaria para la residencia de la Escuela Politécnica del Ejercito, que redujera considerablemente el consumo de energía eléctrica empleada para calentar el agua, y como alternativa usar fuentes renovables de energía.

Los sistemas que analizaron en su investigación corresponden a calentamiento con termas eléctricas, utilizando gas y con energía solar. Con base a ello, determinaron que el uso de resistencias eléctricas resulta muy costoso ya que se utiliza una energía de alta calidad como la electricidad para producir una de baja calidad como el calor. En lo que respecta al gas, afirman que cualquier cosa que se implemente pensando en la seguridad resulta muy poco y al ser un sitio de vivienda universitaria, lo que primero se debe pensar es en la seguridad de las personas, a su vez, que el gas es un recurso agotable, no renovable. Mientras tanto, el sistema de colectores solares planos resulta más adecuado, ya que, de acuerdo a ellos, en vista de que cumple con las normativas de conversión de energía limpia y que no proviene de fuentes agotables como los son los combustibles fósiles. También argumentan que, en los últimos acuerdos que se han firmado para evitar el calentamiento global y la lluvia ácida se propone reducir el uso de energía convencional y aplicar nuevas tecnologías que aprovechen las energías renovables como la solar térmica de media, baja y alta temperatura.

Un factor importante a considerar en la implementación de un calentador solar es el consumo de agua caliente, mencionan que, el consumo para el aseo personal es muy variable. Para el caso de la Universidad de acuerdo a su estudio, en promedio se usa 50 litros diarios por persona.

Otro punto importante, es considerar la temperatura del agua, ya que hay una bacteria llamada legionella que se multiplica con facilidad a intervalos de temperatura de 30 a 45° C, y alcanza el óptimo alrededor de 37° C y a temperaturas superiores de 70° C muere. Por lo que ellos consideran que, la temperatura del agua no podrá ser inferior a 50° C en el punto más alejado del circuito; y sería la temperatura necesaria para reducir la multiplicación de la bacteria legionella.

La demanda energética para calentar los 9,4 metros cúbicos de agua utilizada en la residencia es de 15.713 kW-h, de acuerdo a ellos, debe ser disminuida puesto que es un consumo elevado con un costo de \$ 1.000 dólares mensuales.

La tubería y el tanque de almacenamiento al encontrarse a la intemperie experimentan pérdidas térmicas, por tal motivo y como resultado del diseño se obtuvo que un espesor de 5 centímetros de aislante es el ideal. Este aislante no debe ser de menor espesor, puesto que esto significaría que sigan existiendo pérdidas térmicas y en caso de que el aislante sea de un espesor mayor, esto se traduciría en pérdidas económicas ya que con espesores mayores al diseñado las pérdidas no disminuyen significativamente.

La investigación demuestra que debido a las condiciones medio ambientales de la ciudad de Sangolquí en donde se encuentra ubicada las residencias, no es necesario utilizar un sistema de circulación cerrado con intercambiador ya que este es necesario cuando la temperatura ambiente es menor a la temperatura de congelación del agua.

Los resultados muestran que, la inversión inicial de USD 67.099,76 puede ser recuperada en un plazo de 8 años. Mientras tanto, la rentabilidad del proyecto es de 19,8 %, con un tiempo de vida de 20 años.

Como punto final de este apartado, de acuerdo a los autores la aplicación de proyectos de energías renovables como la proveniente del sol, tienen mayor trascendencia por su contribución a la reducción de la contaminación ambiental al usar energía limpias y renovables, de tal forma que se pueda preservar el entorno natural en beneficio de las presentes y futuras generaciones. Y una vez más se comprueba la eficiencia de los sistemas que aprovechan la energía del sol como una fuente alterna para mejorar la calidad de vida de las personas.

CAPÍTULO III

3.1. Descripción del producto

El diseño que tiene el nuevo equipo con fotoceldas y calentador solar está caracterizado por tener los siguientes elementos que se pueden apreciar en la ilustración 9:

- a) Una matriz de celdas fotoeléctricas ensambladas sobre un soporte sólido no conductor y conectadas a bornes.
- b) Las fotoceldas tienen en su parte superior un encapsulante no conductor que les protege.
- c) El soporte sólido con las celdas está integrado a un marco de aluminio.
- d) Se incorpora un intercambiador de calor a la base del soporte sólido el cual consiste en un marco de vidrio de 1.5 cm, cubierto por lámina de policarbonato de 6 mm de espesor con dos perforaciones para instalar la entrada y salida de agua. Entre la base de las fotoceldas y la lámina de policarbonato se instala un empacado de malla plástica que sirve para mejorar la turbulencia del agua y por tanto la transferencia de calor de la base de las fotoceldas al agua. Sobre el policarbonato se instaló una lámina de poliestireno de 10 mm de espesor con el propósito de evitar fugas de calor por el lado opuesto a las fotoceldas. Finalmente se ensambla una lámina de plástico sobre la lámina de poliestireno.
- e) Además, cuenta con un tanque de almacenamiento, una bomba y un regulador de voltaje que se adaptan a las capacidades de los requerimientos del cliente.

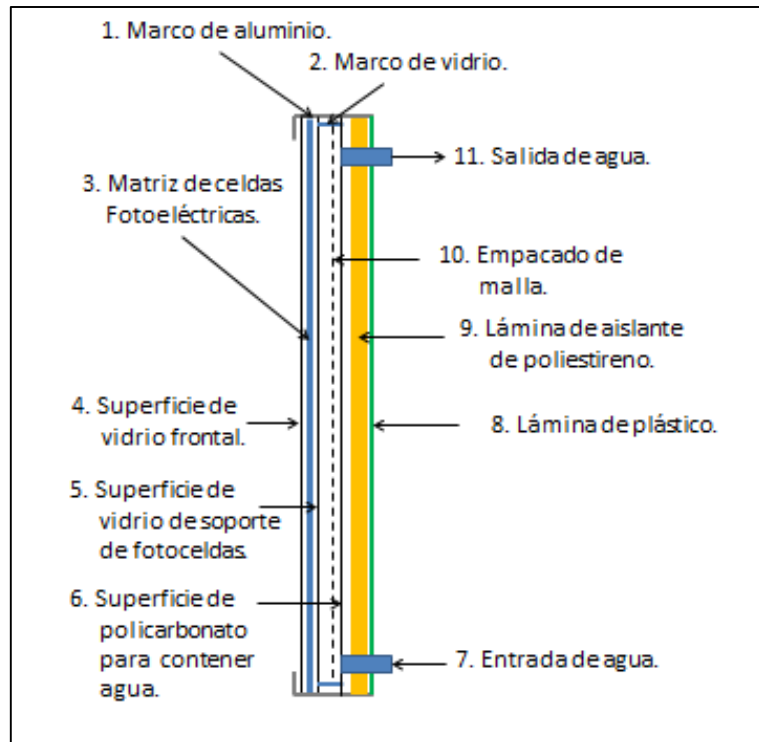


Figura 9: Diseño del intercambiador.

3.2. Descripción de la innovación

La innovación que se propone está enfocada al mercado de paneles solares y calentadores residenciales. El innovador diseño del panel solar tiene incorporado en la parte posterior de la matriz de celdas fotoeléctricas un intercambiador de calor por donde se hace pasar agua que se usará para enfriar las fotoceldas y al mismo tiempo calentar el agua. Esta innovación permitirá que las fotoceldas no se calienten tanto, lo que conducirá a que sea el sistema más eficiente. Por consiguiente, el mismo sistema proporcionará agua caliente a los usuarios. El diseño del módulo es lo bastante simple para ser instalado fácilmente en las superficies requeridas, es por ello que nuestro lema es: una idea simple que mejora la calidad de vida de las personas.

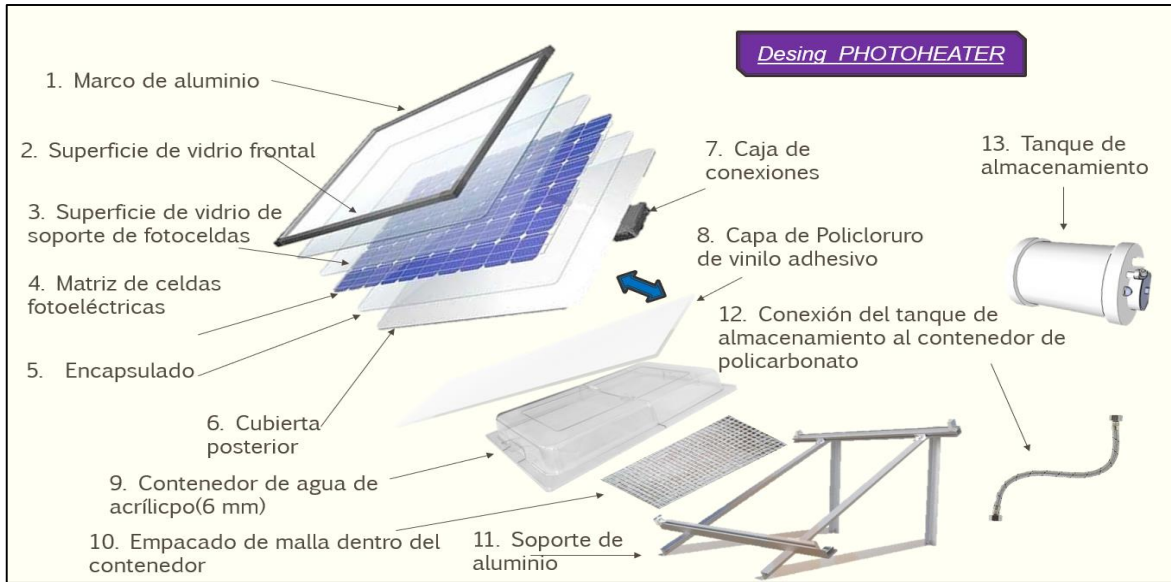


Figura 10: Diseño de la fotocelda con calentador solar integrado.

En conclusión, la innovación consiste en un prototipo que produce energía eléctrica por medio de fotoceldas y simultáneamente utiliza el calor producido por la radiación solar (energía calorífica) en las mismas fotoceldas para calentar agua.

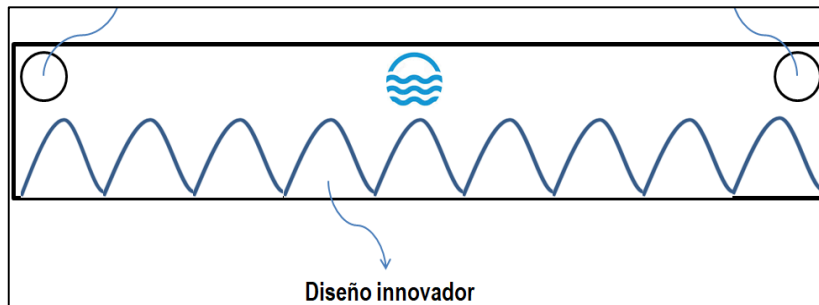


Figura 11: Diseño innovador del equipo.

3.3. Análisis FODA

Tabla 3: Análisis FODA de la fotocelda con calentador solar integrado

INTERNO	FORTALEZAS
	<ul style="list-style-type: none"> • Tiene doble funcionalidad la ser productor de energía eléctrica y calentador de agua. • Mayor eficiencia energética al contar con un intercambiador de calor. • La energía eliminada por el intercambiador de calor en la parte superior de la matriz es usada para calentar el agua. • Modelo diseñado lo suficientemente simple para ser instalado fácilmente. • Menor costo al tener doble funcionalidad. • Tamaño adaptable a las necesidades del cliente. • Modelo único hasta hoy.
EXTERNO	DEBILIDADES
	<ul style="list-style-type: none"> • En tiempo de frio disminuye la producción de energía, pero es algo que les pasa a todos los paneles solares, ya que la radiación disminuye en esta temporada. • El costo de inversión puede ser considerado elevado por algunos clientes. • Los paneles solares tienen un promedio de vida útil de 25 años.
EXTERNO	OPORTUNIDADES
	<ul style="list-style-type: none"> • Su instalación es adecuada para zonas donde no hay alumbrado público. • Al recubrir el techo de las fotoceldas con calentadores solares integrados estas impedirán que la radiación llegué hasta la superficie del techo placa, por lo que se impedirá que la radiación cliente la losa. • México se encuentra en 15° y 35° de latitud, región considerada la más favorecida en recursos solares, donde se recibe diariamente en promedio 5.5 kWh/m² (la unidad de medición de radiación solar)

	<ul style="list-style-type: none"> • Un mercado potencial para el uso de este producto innovador es la industria alimenticia, ya que en sus procesos usan agua caliente anudado a la energía que también les proporcionará el equipo.
	AMENAZAS
	<ul style="list-style-type: none"> • La creación de un equipo de mayor eficiencia y menor precio. • Plagio del producto antes de ser aprobada la patente. • Daños al equipo en tiempo de huracanes o en caso de terremoto.

El análisis FODA fue realizado tomando en cuenta la innovación del equipo, por lo que destacaron más sus fortalezas y oportunidades. Resaltando que durante los últimos 180 años los sistemas fotovoltaicos no han alcanzado un aumento significativo en su eficiencia. La mayor ventaja es ofrecer dos equipos en uno con un diseño simple pero que mejora la calidad de vida de las personas.

3.4. Capacidad energética y de almacenamiento de la fotocelda con calentador solar integrado de un equipo 51 W

A continuación, se muestra un prototipo para la producción de electricidad y agua caliente por medio de una fotocelda de silicio con el diseño de un calentador solar integrado de 51 watts; sus dimensiones son de 985 x 445 x 36 mm, con tanque de almacenamiento de agua de 15 litros.

Considerando que llega a la superficie de la producción de energía 1000 W/m^2 (1 kW/m^2) de radiación solar y que el agua que se usó tenía una temperatura inicial 25° C . La eficiencia combinada del sistema demostró tener un 25 de eficiencia eléctrica, y un 55 de eficiencia energética térmica lo cual equivale a una eficiencia total del 75 % o de 750 watts por cada metro.



Figura 12: Fotocelda solar con calentador solar integrado.

3.5. Consumo teórico del hotel Don Antonio

Tabla 4: Consumo teórico del hotel Don Antonio al mes en kWh. Fuente: Elaboración propia

Aparato	Número de aparatos	Potencia promedio (Watts)	Tiempo de uso al día promedio (Períodos Típicos)	Tiempo de uso al mes (Horas)	Consumo mensual Kilowatts-hora (watts/1000)*hora
Equipo Router	2	2	24 hrs diarias	720	2
Bomba de agua de un caballo de fuerza	1	500	20 min/día	10	5
Lavadora de 20 kilos marca Mabe	2	400	4 hrs 2 veces/sem	64	52
Frigobar Daewood	1	150	24 hrs diarias	720	108
Televisión	14	70	6 hrs diarias	180	177
Refrigerador de 7 pies Samsung	1	250	24 hrs diarias	720	180
Equipo de cómputo Hp y Mac	2	300	12 hrs diarias	360	216
Focos led	105	20	5 hrs. Diarias	150	315
POTENCIA NOMINAL DE LOS EQUIPOS (W)					5,384
CONSUMO ENERGÉTICO DEL HOTEL POR DÍA (W)					36,641
CONSUMO TOTAL TEÓRICO DEL HOTEL EN UN MES (kWh)					1,055

La población en la que se enfocará el estudio de campo es el hotel Don Antonio, situado en la carretera Loma del Cojolite km 1.5, Misantla Veracruz.

En la tabla 4 se observa el consumo teórico de todos los aparatos eléctricos fijos, así como los focos led, existentes en el hotel Don Antonio. Se hizo una aproximación acerca del tiempo de uso diario de cada equipo para saber cuántos kilowatts se consumirían en un mes, el cual dio como resultado un consumo total de 1055 kWh al mes. A su vez, se pudo observar que son los focos quienes consumirían mayor energía en un 30 %, y no por su potencia, sino por su cantidad. Mientras tanto, el equipo de mayor potencia en watts es la lavadora con 400 Wh y el de menor potencia es el router para expandir la señal de internet.

Este análisis se hizo debido a que el edificio no se encuentra activo, además se encuentra en una zona donde no hay alumbrado público. Por lo que tiene que buscar otras fuentes alternas de energía. Y al no tener un historial de consumo real de energía, se tuvo que realizar un análisis de consumo teórico, de acuerdo a la cantidad de equipos eléctricos y a su potencia en Wh por su uso diario. Cabe señalar que la tabla anterior fue realizada tomando en cuenta la tabla de consumo energético de la CFE.

3.6. Cálculo de fotoceldas necesarias para el hotel Don Antonio

Para realizar este cálculo se tomará como referencia la siguiente fórmula, propuesta por una empresa española llamada Click Renovables:

$$\text{Número de módulos} = \frac{En}{(HSP * Rt * Ppm)} \quad (3.3)$$

En = Energía necesaria.

HSP = Horas sol pico.

Rt = Rendimiento de trabajo.

Ppm = Potencia pico del módulo.

La energía necesaria para este caso, será el consumo energético teórico por día del hotel, el cual, de acuerdo a la tabla 4 son 36,641 W. Para esta empresa es necesario hacer un cálculo de la energía total necesaria aplicando un rendimiento de la instalación del 75 %.

$$Ten = \frac{\text{Total consumo de energía por día estimado}}{\text{rendimiento de instalación}} \quad (3.4)$$

Ten = Total de energía necesaria.

$$Ten = \frac{36,641}{0.75} = 48,855 \text{ Wh/día}$$

Como resultado se tiene un total de energía necesaria de 48,855 Wh/día.

Un punto importante para obtener el número de fotoceldas necesarias, es calcular el índice promedio de radiación solar de la región. Para ello, tenemos la ilustración 4 que muestra la radiación solar de cada estado de México propuesto por el Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias. En dicha imagen se puede apreciar que la zona centro del Estado de Veracruz tiene una radiación promedio de 4.7. Es de esta manera que 4.7 será el concepto de horas sol pico (HSP), que conforma el número de horas equivalente que tendría que brillar el sol a una intensidad de 1000 W/m^2 para obtener la insolación de un día, pues el sol varía de intensidad a lo largo del día.

$$HSP = \frac{\text{radiación solar promedio}}{\frac{1 \text{ kW}}{\text{m}^2}} \quad (3.5)$$

$$HSP = \frac{4.7}{1 \text{ kW/m}^2} = 4.7 \text{ HPS}$$

Mientras tanto, el rendimiento de trabajo hace referencia a las pérdidas producidas por el posible ensuciamiento y/o deterioro de los paneles fotovoltaicos, que de acuerdo a la empresa Click Renovables normalmente es de 0.7 – 0.8. En este caso se utilizará 0.8.

Por último, para la potencia pico del módulo se ha elegido un panel solar de 450 W de la empresa Smart Power situada en la ciudad de México, el cual tiene una eficiencia del 21.7 % con aproximadamente 21 m^2 , dado que al implementar el diseño innovador a este panel su eficiencia aumentaría un 53.3 %, entonces, la producción de energía por metro cuadrado

sería de 75 Watts multiplicado por los 21 m^2 serían 1555 Watts que estaría produciendo realmente.

Una vez obtenido los datos de la fórmula se sustituyen para saber el número de paneles solares necesarios en el abastecimiento de energía eléctrica del hotel Don Antonio.

$$Nmd = \frac{48855}{(4.7 * 0,8 * 1555)} = 8,32 \cong 8 \text{ módulos}$$

Con la instalación de 8 módulos de 1555 Watts instalando el equipo innovador en el panel de 450 W, se tendrá una instalación solar de 12, 440 Wp totales (8*1555).

Por su parte, si se tomara solo la potencia de fabricación del módulo, es decir 450 Watts, se deberían comprar un total de 29 módulos, 21 módulos más que con el intercambiador de calor.

$$Nmd = \frac{48855}{(4.7 * 0,8 * 450)} = 28.87 \cong 29 \text{ módulos}$$

Como punto final, los 8 módulos tendrán una capacidad de 1680 litros de agua, dado que, la capacidad de almacenamiento del intercambiador de calor es de 10 litros por metro cuadrado.

3.7. Capacidad de la batería

Para calcular la capacidad de la batería, se utilizará la siguiente fórmula propuesta por Click Renovables:

$$\text{Capacidad de la batería} = \frac{(En * Da)}{(\text{voltaje} * Pdb)} \quad (3.6)$$

En = Energía necesaria.

Da = Días de autonomía.

Pdb = Profundidad de descarga de la batería.

La energía necesaria hace referencia a los watts consumidos al día, y para el hotel Don Antonio corresponde a 48,855 W/día de acuerdo a la ecuación 4.

Con base en los cálculos de la empresa española Click Renovables para diseñar la capacidad de las baterías de acumulación, primero se tiene que establecer la autonomía deseada en caso de tener días desfavorables sin insolación por el clima. Para eso, es necesario establecer entre 4-6 días, de acuerdo a esta empresa, ya que el abastecimiento de energía es diario. En este caso se tomará en cuenta 6 días de autonomía.

Con lo que respecta al voltaje se tomará en cuenta el voltaje de operación óptimo del panel solar de la empresa Smart Power. Dicho voltaje es de 40 V.

Con último dato, la profundidad de descarga de la batería dependerá de la batería elegida. Los valores oscilan entre 0,5 a 0,8. Como los paneles producirán alrededor de 12,440 Wp, se buscará una batería que tolere una descarga de hasta un 80 %.

Por lo que el cálculo de la ecuación será:

$$\text{Capacidad de acumulación} = \frac{(48855 * 6)}{(40 * 0,8)} = 9160,31 \text{ Ah (c100)}$$

Se requiere comprar una batería de 9,160.31 Ah (c100), donde el valor c100 indica que la capacidad de la batería será la suministrada por ciclos de carga de 100 h, que es la frecuencia de carga normalmente establecida. Aunque, la calidad de la batería influye en la durabilidad de la misma.

3.8. Selección del regulador y del inversor

Finalmente, solo queda elegir un regulador de carga y un convertidor de corriente continua a corriente alterna.

Los reguladores de carga se determinan por la intensidad máxima de trabajo y por el voltaje en que se haya diseñado la instalación. Es por ello, que se usará un regulador de 20 A y 40 V de acuerdo a las características del panel solar.

Con lo que respecta al inversos, se tiene que calcular la potencia del convertidor de CC/AC, para ello se tiene que sumar todas las potencias nominales de los equipos consumidores multiplicado por el coeficiente de simultaneidad de uso de estos, que de acuerdo a Click Renovables normalmente los valores van de 0.5-0.7. Para ello se emplea la formula siguiente:

$$Potencia\ convertidor\ (PC) = Pnt * Cs \quad (3.7)$$

PC = Potencia del convertidor.

Cnt = Coeficiente nominal total.

Cs = Coeficiente de simultaneidad.

$$PC = 5384 * 0,7 = 3768.8\ W$$

En conclusión, con un convertidor de 3800 W sería suficiente para la instalación propuesta.

CAPÍTULO IV

4.1. Resultados de la investigación

4.1.1. Costo del sistema fotovoltaico

El costo del panel solar monocristalino fue proporcionado por la empresa Smart Power, situada en Bosque de Radiatas #32, Bosques de las lomas. 05120 Ciudad de México, CDMX. El precio se estableció en dólares y se tomó en cuenta el tipo de cambio del dólar de 19.91 pesos mexicanos, a mayo del 2020.

El costo en pesos M. N. de los materiales y mano de obra del sistema de fotoceldas con calentador solar integrado para el hotel Don Antonio, se muestran en la tabla 5.

Tabla 5: Costo del sistema fotovoltaico con calentador solar integrado para el hotel Don Antonio

Material	Cantidad	P. U.	Total
Módulo de 450 W con intercambiador de calor integrado.	8	\$ 10,260.00	\$ 82,080.00
Estructura de acero	8	\$ 740.00	\$ 5,920.00
Inversor de 12 V	1	\$ 1,665.00	\$ 1,665.00
Regulador de voltaje de 20 A y 40 V	1	\$ 633.00	\$ 633.00
Batería de 12 V	1	\$ 3,330.00	\$ 3,330.00
Bomba de agua de 1800 lt/hr	1	\$ 745.00	\$ 745.00
Herramientas y materiales auxiliares		\$ 1,200.00	\$ 1,220.00
Total del material			\$ 95,593.00
Mano de obra			
Mano de obra para 8 paneles	8	\$ 1,200.00	\$ 9,600.00
Total de costo de material y mano de obra			\$105,193.00

El dueño del hotel para abastecer de energía eléctrica y agua al inmueble tendrá que hacer una inversión de \$ 105,193.00 con el equipo innovador de la fotocelda solar con calentador solar integrado.

Por su parte, si el dueño del hotel quisiera hacer una instalación solo con los equipos de fotoceldas existentes en el mercado, su inversión tendría que ser diferente. La siguiente tabla muestra el costo del mismo equipo propuesto anteriormente de 450 W, para una demanda de energía de 48,855 Wh/día.

Tabla 6: Costo de un sistema fotovoltaico sin el diseño innovador para el hotel Don Antonio

Material	Cantidad	P. U.	Total
Módulo de 450 W	30	\$ 4,840.00	\$ 145,200.00
Estructura de acero	30	\$ 740.00	\$ 22,200.00
Inversor de 12 V	1	\$ 1,665.00	\$ 1,665.00
Regulador de voltaje de 20 A y 40 V	1	\$ 633.00	\$ 633.00
Batería de 12 V	1	\$ 3,330.00	\$ 3,330.00
Herramientas y materiales auxiliares		\$ 200.00	\$ 200.00
Total del material			\$ 173,228.00
Mano de obra			
Mano de obra para 30 paneles	30	\$ 1,200.00	\$ 36,000.00
Total de costo de material y mano de obra			\$ 209,228.00

Se puede observar que hay una diferencia de inversión de casi del 100 %, es decir, si el dueño del inmueble quisiera invertir en un equipo convencional de 450 W para abastecer la demanda de energía eléctrica, tendría que pagar \$ 104,035.00 más que al invertir en el equipo innovador.

Además, que no le proporcionará el servicio de agua caliente, para ello tendría que comprar un sistema de calentadores solares, regaderas eléctricas, boiler de electricidad o boiler de

agua caliente. En el último, tendría que gastar en una instalación de gas y el costo del mismo gas. Con lo que respecta a los primeros tres, tendría que aumentar el consumo energético de Wh/día por lo que aumentaría el número de fotoceldas. Y si instalara un sistema de calentadores solares tendría que pagar la instalación y el costo del equipo.

4.1.2. Cálculo de la energía eléctrica propuesta con paneles fotovoltaicos.

Para obtener la energía que será generada durante un mes de los paneles fotovoltaicos con calentadores solares integrados, se calcula con la ecuación siguiente:

$$Eg = \frac{Pm * No. \text{módulos} * Hp * 30}{1000} \quad (4.8)$$

Eg = Energía generada

Pm = Potencia en Watts del módulo

No. Módulos = Número de módulos calculados

Hp = Horas pico o horas sol pico

$$Eg = \frac{1555 * 8 * 4.7 * 30}{1000} = 1754.04 \text{ kW}$$

Como se puede observar en la fórmula anterior la producción de energía en mes será de 1754.04 kW, lo suficiente para abastecer de energía eléctrica al hotel, ya que el consumo teórico de los equipos por mes es de 1,055 kW.

A su vez, también se calculará para un sistema de 450 W convencional.

$$Eg = \frac{(450 * 30 * 4.7 * 30)}{1000} = 1,903.5 \text{ kW}$$

Al igual que el sistema fotovoltaico con calentadores solares integrados, el sistema convencional también generará la energía suficiente para abastecer el hotel.

4.1.3. Costo por consumo de la energía eléctrica con paneles fotovoltaicos.

Una vez obtenida la energía generada del sistema de fotoceldas con calentador solar integrado y el sistema convencional, se calcula el costo mensual por consumo con paneles solares mensual, tomando como referencia el costo de energía por la Comisión Federal de Electricidad de consumo intermedio bajo tarifa 1, el cual es de 1.051 \$/kWh.

$$Cxc = \text{Energía producida sistema FV} * \text{Costo de energía} \quad (4.9)$$

Cxc = Costo por consumo

$$\text{Costo por consumo} = 1,754.04 \text{ W} * \frac{\$ 1.051}{\text{kW}} = \$ 1,843.49$$

Y el costo de consumo por un sistema convencional es:

$$\text{Costo de consumo} = 1,903.5 \text{ kW} * \frac{\$ 1.051}{\text{kW}} = \$ 2,000.57$$

4.1.4. Amortización del sistema fotovoltaico

En este apartado se calculará la amortización, es decir, el tiempo en que se recuperará la inversión inicial del equipo. Para ello se tendrá en cuenta el costo inicial del sistema que se dividirá entre el costo por consumo mensual (ahorro mensual), los cuales ya han sido obtenidos anteriormente. El cálculo será tanto para el sistema de fotoceldas con calentador solar integrado y el sistema convencional.

$$\text{Amortización} = \frac{\text{Costo total del sistema}}{\text{Costo por consumo mensual}} \quad (4.10)$$

Sistema fotovoltaico con calentador solar integrado:

$$\text{Amortización} = \frac{\$ 105,193.00}{\$ 1,843.49} = 57.06 \text{ meses}$$

Sistema convencional:

$$\text{Amortización} = \frac{\$ 209,228.00}{\$ 2,000.57} = 104.58 \text{ meses}$$

Como resultado se puede observar que el sistema fotovoltaico con calentador solar integrado una amortización del costo inicial en 57.06 meses (aproximadamente 4 años y 8 meses). Mientras que el sistema tendrá una amortización del costo inicial de 104.58, es decir, aproximadamente 8 años y 8 meses, lo que corresponde 4 años más que el sistema de fotoceldas con calentadores solares integrados.

4.2. Conclusiones

La finalidad de este trabajo fue demostrar la factibilidad de invertir en un equipo innovador de fotoceldas solares con calentadores solares integrados para que funcione como generador de corriente eléctrica directa y simultáneamente como calentador de agua, en el hotel Don Antonio, en comparación de invertir en un sistema convencional de fotoceldas.

Para ello se realizó una extensa investigación bibliográfica sobre fotoceldas solares y calentadores solares, de esa manera se pudo describir el producto, su innovación, y a su vez, se realizó un análisis FODA para evaluar la funcionalidad del módulo y su ventaja competitiva.

La fotocelda con calentador solar integrado dio como resultado una eficiencia combinada del sistema demostró tener un 25 % de eficiencia eléctrica, y un 55 % de eficiencia energética térmica lo cual equivale a una eficiencia total del 75 % o de 750 watts por cada metro.

También se determinó el consumo teórico del hotel Don Antonio por día que fue de 36,641 W, mediante el registro de la potencia de los aparatos que están instalados en el hotel y el tiempo promedio que se le dará de uso por día. La potencia nominal de los equipos fue de 5,384 W y el consumo total teórico del hotel por mes fue de 1,055 kWh.

Para calcular el número de fotoceldas se tuvo que obtener el total de energía necesaria (48,855 Wh/día aplicando un rendimiento de la instalación del 75 %), el índice de radiación promedio (4.7 para la zona centro del estado de Veracruz), el rendimiento de trabajo (0.8 de acuerdo a la empresa Click Renovables) y la potencia pico del módulo (1555 W de un módulo de 21 m² con una eficiencia del 75 %). Como resultado se tienen que comprar 8 módulos de 450 W con un sistema de fotoceldas con calentador solar integrado, mientras que para un sistema convencional se requieren 29 módulos que se ajustó a 30 módulos para poder hacer una instalación en serie.

Posteriormente, se hizo el cálculo de la capacidad de acumulación de la batería, que fue de 9,160.31 Ah (c100), donde el valor c100 indica que la capacidad de la batería será la suministrada por ciclos de carga de 100 h, que es la frecuencia de carga normalmente establecida. En la selección del regulador y del inverso se obtuvo, que era necesario usar un

regulador de 20 A y 40 V de acuerdo a las características del panel solar; y un inversor con una potencia de 3800 W.

Por último, se realizó un análisis costo beneficio tanto del sistema de fotoceldas con calentadores solares integrado y el sistema de fotoceldas convencionales, del cual se obtuvo un costo de inversión para el primer sistema de \$ 105,193.00 M. N., mientras que para el segundo fue de \$ 209,228.00 M. N. Además, se hizo una comparación del costo por consumo de energía eléctrica si se estuviera conectado a una red pública de acuerdo a la energía producida por el sistema fotovoltaico en kW/mes, que dio como resultado para un sistema de fotoceldas con calentador solar integrado un costo de \$ 1,843.49 al mes, y para un sistema convencional un costo de \$ 2,000.57. Con ello se pudo calcular la amortización, la cual para un sistema con el equipo innovador resulto aproximadamente 4 años y 8 meses y para un sistema convencional fue de 8 y 8 meses.

En conclusión, es más factible invertir en el sistema innovador desarrollado por los alumnos del Instituto Tecnológico de Misantla, que en un sistema convencional existente en el mercado. Por lo que la hipótesis se confirma, un sistema de fotoceldas con calentadores solares integrados es más eficiente y factible para el hotel Don Antonio, ya que el equipo innovador funciona como generador de corriente eléctrica directa y simultáneamente como calentador solar, y de esa manera se obtienen dos beneficios en uno con una mayor eficiencia y un menor costo de inversión y amortización.

Y otra ventaja del equipo innovador es destacar que hace uso de la energía con mayor potencial en la tierra, la energía solar, para beneficiar a las personas en el ahorro económico de los servicios de electricidad y agua caliente, así como también, contribuir a la disminución de gases que contaminan la atmósfera, buscando garantizar la calidad de vida de las generaciones futuras. Es por ello que el lema de este diseño innovador es: “una idea simple para mejorar la calidad de vida de las personas”.

Bibliografía

Abella, Miguel A. *SISTEMAS FOTOVOLTAICOS*. Era Solar. 2a Edicion, 2005.

ACCIONA (2019). *Sostenibilidad para todos, energías renovables*. Disponible en:

<http://www.sostenibilidad.com/las-energias-renovables>.

Banca Nacional de Comercio Exterior, S. N. C. (2018). *Energías Renovables, Construyendo un México Sustentable*. 1ª ed. Deval Impreso, S. A. de C. V.

Canary Islands Institute of Technology, S. A. (2008). *Renewable energy and energetic efficiency*. 1ª ed. ISBN

Daniel, Barberá (2012). *Photovoltaic power generation*. España.

DUFFIE, John A. y BECKMAN, William A. *PROCESOS TERMICOS EN ENERGIA SOLAR*. Editorial Grupo Cero, 1979.

ECEN2060, (2009). *RENEWABLE SOURCES AND EFFICIENT ELECTRICAL ENERGY SYSTEMS*. University of Colorado at Boulder. MATLAB/Simulink materias. Disponible en:

<http://ecee.colorado.edu/~ecen2060/matlab.html>.

Energiza (2018). *Historia de la energía fotovoltaica*. Disponible en:

https://www.energiza.org/index.php?option=com_content&view=article&id=624&catid=22&Itemid=111.

GALLEGOS, R. H. (2017). *Análisis de factibilidad para la instalación de un sistema de energía limpia mediante celdas fotovoltaicas para la alimentación eléctrica del edificio 4 en el ITSLV*. Instituto Tecnológico Superior La Venta, Villa Hermosa, Tabasco.

Guerrero, R. et al 2011. *Análisis técnico-económico para la colocación de un sistema de bajo costo basado en Si Fábrica de células solares en África Occidental y en comparación con China*. IEEE, 2471-2476.

Guillermo, Cárdenas Guzmán (2018). *Del boiler de la leña al calentador solar una opción sustentable*. Ciencia UNAM, DGDC. Disponible en:

<http://ciencia.unam.mx/leer/768/del-boiler-de-lena-al-calentador-solar-una-opcion-sustentable>

Greenpeace (2010). Solar heaters: renewable energy in your home. *Energy and climate change campaign*.

Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, M.P. (2010) *Metodología de la Investigación* (5ª Ed.). México: McGraw Hill Educación.

Instituto Mexicano del Petroleo (2017). *Reporte de Inteligencia Tecnológica: Energía Solar Fotovoltaica*. Copyright.

International Energy Agency, (2011). París: OECD Publishing. *Solar Energy Perspectives*.

IRENA, (2017). Abu Dhabi: IRENA. *Rethinking energy*.

James Griffith (2019). *There is more CO2 in the atmosphere today than at any other time since human evolution*. Cable News Network. Disponible en:

<https://cnnespanol.cnn.com/2019/05/13/hay-mas-co2-en-la-atmosfera-hoy-que-en-cualquier-otro-momento-desde-la-evolucion-humana/>

José Alonso (2017). *¿Cómo influye la temperatura al rendimiento de la placa solar?* Cambio Energético. Disponible en:

<https://www.cambioenergetico.com/blog/influye-la-temperatura-rendimiento-placa-solar/>

L. Salcedo, F. Adrián, C. Carmona, J. Tenorio C. (2012). *Metodología de un sistema fotovoltaico conectado a la red (SFCE) para uso en luminarias del edificio 3 de la ESIME Zacatenco, 2012*. ESIME, Zacatecas.

Méndez Muñiz, Javier María; Cuervo García, Rafael; Bureau Veritas Formación (2010). *Energía solar fotovoltaica*. Editorial: Fundación Confemetal.

Norma Internacional ISO 50001:2018.

NMX-J-643-ANCE-2011

NOM-001-SEDE-2005, artículo 690-sistemas solares fotovoltaicos.

Periódico Energía Estratégica (2017). *El mapa de la fotovoltaica en el mundo: las cifras actualizadas del mercado*. Disponible en:

<http://www.energiaestrategica.com/mapa-la-fotovoltaica-mundo-cifras-actualizadas-mercado/>

Renewable Energy Magazine (2019). *Solar self-consumption all you need to know*. Disponible en:

<https://www.energias-renovables.com/fotovoltaica/autoconsumo-solar-todo-lo-que-hay-que-20191106>.

Roger Abdo (2019). *How do vacuum tubes collector work?* Hydro Solar Solutions. Disponible en:

<https://hydrosolar.ca/blogs/news/how-do-vacuum-tubes-collector-work>

Sánchez Maza, Miguel Ángel (2010). *Energía solar fotovoltaica*. Limusa, pág.9.

Santiago David, Castellanos Villa, Alex Naranjo H (2007). *Estudio de factibilidad técnica y económica para la implementación de un sistema de agua caliente sanitaria para la residencia de la escuela Politécnica del Ejército*. Sangolquí-09.

SENER (22 de 11 de 2017c). *En la tercera Subasta Eléctrica mexicana se obtuvo uno de los precios más bajos internacionalmente: PJC*. Disponible en:

<https://www.gob.mx/sener/prensa/en-la-tercera-subasta-electrica-mexicana-seobtuvo-uno-de-los-precios-mas-bajos-internacionalmente-pjc>.

SERENA (2017). *Balance de energía 2017*. Primera Edición.

United Nations (2019). *La energía renovable representa ya un tercio de la capacidad energética mundial, según IRENA*. Climate Change. Disponible en:

<https://unfccc.int/es/news/la-energia-renovable-representa-ya-un-tercio-de-la-capacidad-energetica-mundial-segun-irena>.

Urbano Castelán, José Antonio (2009). *Aplicaciones de sistemas fotovoltaicos*. Curso de la asociación nacional de energía solar, 2009.

William D. S. (1979). *“análisis de sistema eléctricos de potencia”*. McGrawHill, Mexico.

ANEXOS

Anexo 1



Figura 13: Fotocelda con tanque de almacenamiento.

Anexo 2



Figura 14: Intercambiador de calor y tanque de almacenamiento.

Anexo 3



Figura 15: Equipo de trabajo.

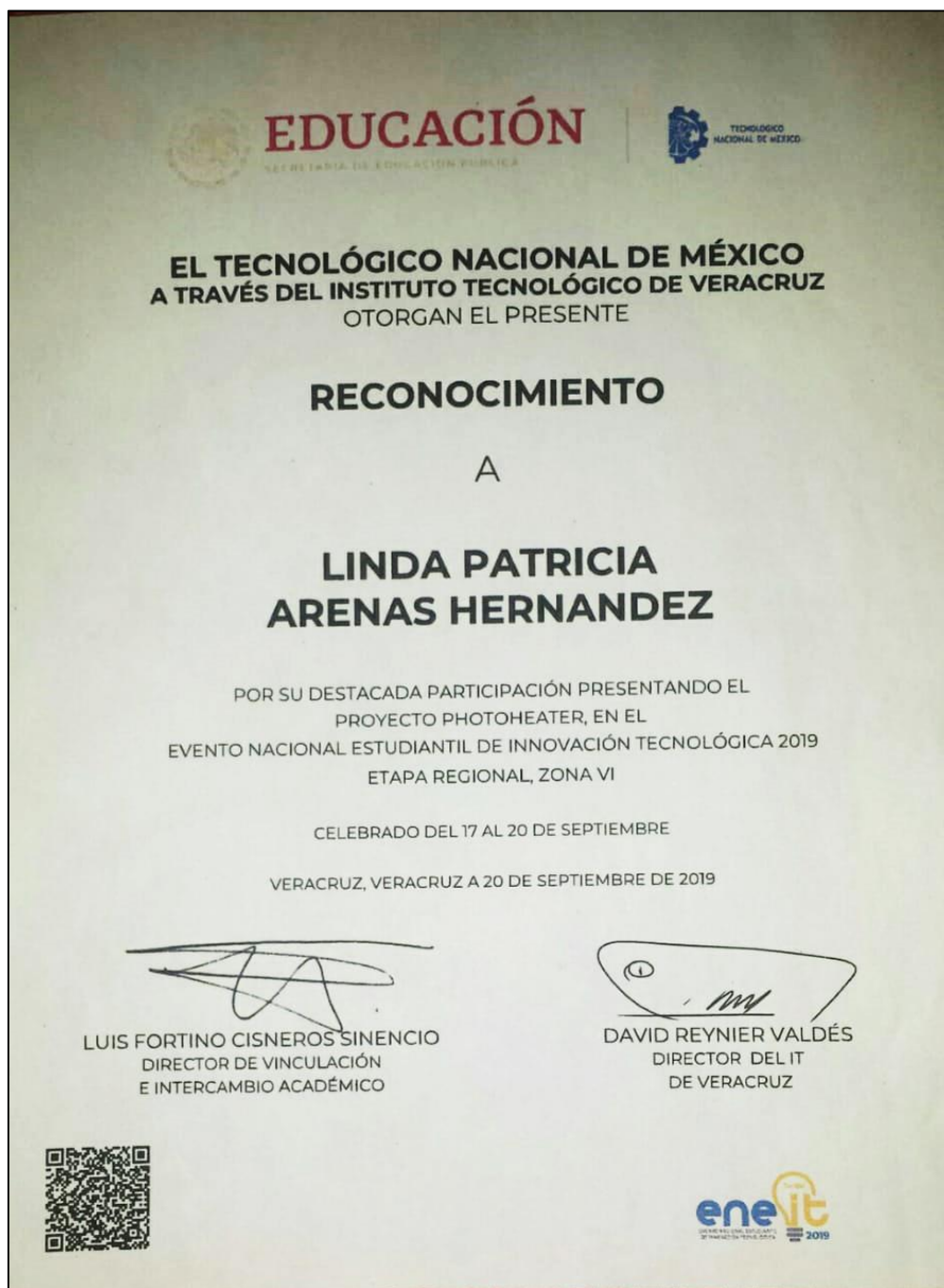


Figura 16: Evento Estudiantil ENEIT 2019

Anexo 5



Figura 17: Participación en el Evento Estudiantil ENEIT 2019

Anexo 6



Figura 18: Evento Estudiantil ENEIT, equipo

Anexo 7



Figura 19: Placa solar de 450 W

Anexo 8

Modelo	SP-450-144
Voltaje en Circuito Abierto (Voc)	49.6 V
Voltaje de Operación óptimo (Vmp)	40.3 V
Corriente de Cortocircuito (Isc)	12.91 A
Corriente de Operación Óptima (Imp)	10.91 A
Potencia Máxima en STC (Pmax)	450 W
Temperatura de Operación (°C)	-40 a 100
Máximo Voltaje del Sistema	1000 V
Máximo Valor del Fusible	20 A
Tolerancia de Potencia	+/-3 %
Eficiencia	21.70 %

Figura 20: Características de placa solar de 450 W

Anexo 9:



Figura 21: Batería EPEVER

Anexo 10

Dispositivos compatibles	PC
Marca	EPEVER
Color	40A
Fuente de energía	Funciona con energía solar

Acerca de este artículo

- Este controlador utiliza la tecnología MPPT más avanzada para garantizar una alta eficiencia (> 98%) de su sistema solar. Supera significativamente a los controladores PWM estándar. Velocidad de seguimiento ultrarrápida y eficiencia de seguimiento garantizada, algoritmo de control MPPT avanzado para minimizar la tasa máxima de pérdida de potencia y el tiempo de pérdida.
- La pantalla LCD incorporada muestra los parámetros clave de carga. Las múltiples opciones de conectividad para el controlador (medidor remoto, aplicación móvil, software para PC, etc.) permiten al usuario personalizar cada etapa de carga, crear un tipo de batería definido por el usuario con parámetros específicos y acceder a configuraciones exclusivas.
- Las protecciones múltiples eliminan los riesgos de seguridad, la protección de entrada de bajo voltaje, la protección de entrada de sobrevoltaje, la protección de alimentación de sobrecarga, la protección de salida de bajo voltaje, la protección de corriente de salida nominal, la protección de temperatura, la protección de PV y la conexión inversa de la batería.
- Con la interfaz de protocolo de comunicación Modbus, operación a plena carga sin ninguna caída de capacidad dentro del rango de temperatura del ambiente de trabajo, es conveniente para los clientes expandir las aplicaciones y monitorear en varios campos como estación base de telecomunicaciones, sistema doméstico, sistema de alumbrado público, monitoreo de áreas silvestres sistema, etc.
- Compatibilidad con múltiples tipos de baterías para un uso conveniente, compatible con ácido de plomo sellado, gel, inundado, litio y usuarios. Adecuado para paneles solares de hasta 520W (batería de 12V o banco de baterías) o 1040W (sistema de 24V). La función de limitación de corriente (40A) permite la posibilidad de agregar más paneles solares en el futuro.

Figura 22: Características de la batería EPEVER

Anexo 11



Figura 23: Regulador de carga solar 20 A

Anexo 12

Color: 20A-Azul	
Marca	Binen
Color	20A-Azul
Fuente de energía	Funciona con energía solar, Funciona con batería
Peso del producto	0.37 Libras
Clasificación actual	20 Amperios

Acerca de este artículo

- Controlador de carga solar de 20 A: el controlador de cargador solar Binen tiene certificación UL 1741, el controlador de cargador solar es compatible con sistema de 12 V 24 V. Corriente de descarga: 10 A, micro controlador industrial integrado, gestiona automáticamente el funcionamiento del panel solar y la batería en el sistema solar. Salida USB dual 5V/2.5A (máx.), para soportar la carga del teléfono móvil.
- ❄️❄️❄️Múltiples funciones de protección: el controlador solar Binen tiene protección contra cortocircuitos, protección de circuito abierto, protección de reversa, protección contra sobrecarga. Administración de carga PWM de 3 etapas, mejora la eficiencia del sistema y prolonga la vida útil de la batería.
- ❄️❄️❄️❄️Tipo de batería: El regulador de carga solo es adecuado para baterías de plomo-ácido: OPEN, AGM, GEL, no es adecuado para hidruro de níquel, litio, Liions u otras baterías. Para proteger la vida útil de tu batería, una vez que el voltaje de la batería caiga por debajo de 8 V, el controlador solar se apagará automáticamente.
- ❄️❄️❄️Pantalla LCD: Viene con una pantalla que puede indicar claramente el estado y los datos, puede ser convenientemente conmutado modos y configuración de parámetros, adecuado para el hogar, industrial, comercial, etc.
- ❄️❄️❄️Fácil de instalar y operar: el controlador de carga debe conectar la batería primero, luego el panel solar y finalmente la carga. La secuencia de desmontaje es contraria al orden de cableado. Doble mosfet Protección de corriente inversa, baja producción de calor. (Nota: El controlador de carga se calentará cuando esté funcionando. Ten cuidado de instalar el controlador del cargador en un lugar plano y bien ventilado)

Figura 24: Características del regulador de carga solar 20 A

Anexo 13



Figura 25: Inversor de 12 V

Anexo 14

Specification:
Condition: 100% Brand New
Material: metal
Color: as picture shown
Output waveform: Modified sine wave
Input voltage: 12V
Output voltage: 110V
Output power: 6000W
Inverter efficiency: 85%
Relative voltage regulation: 5%
Load regulation: 5%
Rated capacity: 6000W
Output frequency: 60HZ
Maximum output power: 6000W
Continuous output power: 3000W

Figura 26: Características del inversor de 12 V

Anexo 15



Figura 27: Bomba 1,800 L/h

Anexo 16

Marca	HYUNDAI
Potencia	150 w
Tipo	Eléctrica
Altura Máxima	12 m
Diámetro De Succión / Descarga	Salida 3/4"
Dimensiones	18 x 14 x 13 cm
Flujo Máximo	1800 L/h
Peso (kilogramos)	4.2
Volts / Hz	110v/60 Hz.

Figura 28: Características de la bomba de 1,800 L/h