

**AHORRO ENERGÉTICO MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE
PANELES SOLARES EN OFICINAS DE COMISIÓN FEDERAL DE
ELECTRICIDAD GERENCIA REGIONAL DE TRANSMISIÓN SURESTE**

PRESENTA:

Vázquez Guillen Luis Enrique

ASESOR INTERNO:

ING. Karlos Velázquez Moreno

ASESOR EXTERNO:

ING. Julio Cesar Valencia Escobar

EMPRESA:

COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD (CFE)

Departamento de mantenimiento a sistemas de comunicaciones

TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS, 30 DE JULIO DE 2019

Contenido

CAPITULO 1: GENERALIDADES	5
1.1 Antecedentes	5
1.2 Estado del arte.....	6
1.3 Justificación	7
1.4 Objetivo.....	8
1.4.1 Objetivos específicos	8
1.5 METODOLOGÍA.....	9
CAPITULO 2: FUNDAMENTO TEÓRICO.....	11
2.1 ENERGÍA Y DESARROLLO SOSTENIBLE EN CUBA.....	11
2.1.2 Materiales y métodos	11
2.1.3 Energía solar fotovoltaica	12
2.1.4 Energía solar térmica	13
2.1.5 Energía hidráulica	14
2.1.6 Energía eólica	14
2.1.7 Resultados	15
2.2 Aplicación electrónica para el Ahorro de energía eléctrica utilizando una energía alternativa.....	16
2.2.1 Descripción de la operación del sistema fotovoltaico.....	16
2.2.2 Descripción de las variables.....	17
2.2.3 Características del sistema fotovoltaico	18
2.3 Análisis del potencial energético solar en la región caribe para el diseño de un sistema fotovoltaico.....	24
2.3.1 Desarrollo.....	24

2.3.2 Conclusiones.....	28
2.4 Análisis de factibilidad técnica y económica en la implementación de energía fotovoltaica y termo solar para generación de electricidad y calentamiento de agua mediante paneles solares fijos y con un seguidor de sol de construcción casera, para una vivienda unifamiliar.	30
2.4.1 El principio fotoeléctrico	30
2.4.2 La célula fotovoltaica.....	31
2.4.3 Elementos que componen un sistema fotovoltaico	39
2.4.4 Tipos de sistemas fotovoltaicos	47
2.4.5 Calculo de un pequeño sistema solar fotovoltaico aislado de la red	49
CAPITULO 3: DESARROLLO	58
3.1 Planteamiento del problema	58
3.2 Ubicación geográfica	61
3.3 Dimensión del proyecto	62
3.4 Sistema fotovoltaico.....	63
3.4.1 Cantidad de paneles solares a utilizar.....	63
3.4.2 Equipos necesarios para el sistema fotovoltaico.....	65
3.4.3 Diagrama unifilar del sistema fotovoltaico	79
CAPITULO 4: Resultados.....	80
4.1 Retorno de inversión	80
CAPITULO 5: Conclusiones.....	81
Bibliografía	81
Anexos	84
Ficha técnica de la estructura 15°-30° P/2 Paneles Solares 60/72 celdas	84



Ficha técnica del panel solar EGE-330P-72 Policristalino 330W	85
Ficha técnica del inversor Fronius Symo 24.0-3 480.....	88
Ficha técnica del cable conductor SolarBlack, Cable para Celdas Solares, MXCSN-001-006	92
Ficha técnica de caja combinadora cajas de conexión CCD D-4S-TL	94
Ficha técnica de Diodo De Protección Para Panel Solar De 10a, Formato Mc4 ...	95



CAPITULO 1: GENERALIDADES

La energía eléctrica puede ser generada de diferentes maneras, dependiendo de las condiciones y la ubicación, se debe de optar por una u otra manera para generarla.

La generación de energía de manera solar, representa una gran alternativa para la conservación de diversos recursos principalmente naturales, además de que es una fuente que se podría llamar inagotable y puede ser aprovechada no solo para la generación de energía eléctrica, sino que también funciona como una fuente de almacenamiento de calor para diversos usos.

Los proyectos que han sido implementados por las empresas ya sean públicas o privadas para la venta y/o suministro de la energía eléctrica de manera solar, son esfuerzos realizados para poder reducir los gastos de recursos no renovables, así como contribuir a la conservación de ambientes naturales.

Para poder generar energía eléctrica de manera solar es necesario contar con los equipos necesarios y uno de los más esenciales son los paneles solares, aunque dependiendo del tipo de instalación o necesidad que se requiera serán los paneles que se tendrán que utilizar.

1.1 Antecedentes

La radiación solar es una energía que se recibe a través del sol de forma natural y esta permite poder utilizarla para diversos fines. La necesidad de recurrir a este método de generar energía eléctrica es por la cantidad de radiación solar que existe en ciertos lugares en el mundo, así como también hay lugares en donde se dificulta el suministro de energía eléctrica.

Para poder enfrentar este tipo de problemas, cada vez se utilizan más paneles solares para tener una alternativa más para generar energía eléctrica. En conjunto con esto tanto las empresas, así como los hogares están implementando este método y gracias a los avances tecnológicos cada vez está más al alcance de las personas que deseen emplear este tipo de sistemas.

Hoy en día, hay muchas empresas que se dedican a la generación de energía eléctrica de manera solar, ya que representa una alternativa para evitar tener facturas por la energía eléctrica.

A pesar de la importancia de este tipo de generación de energía eléctrica son muy pocos lugares en donde se emplea este tipo de sistemas, ya que representa un gasto considerable para una empresa, así como para la instalación de una casa particular.

Considerando que en México por los tipos de climas que se cuentan en el país, es más viable la opción de optar por un sistema de este tipo, ya que se cuentan con las tecnologías necesarias para poder aprovechar la radiación solar lo máximo posible.

1.2 Estado del arte

En México, de acuerdo con el Tecnológico Nacional de México en Celaya, se pretende construir un sistema fotovoltaico que cuente con un sistema de seguimiento solar activo desde la salida hasta la puesta de sol, sus resultados muestran que habrá una ganancia en la generación energética y se debe principalmente a la capacidad de movimiento rotacional de los paneles. (Rosales, Chávez & Chávez, 2017).

De acuerdo con la información dada a conocer por Ramón Torres, la legislación de la energía eléctrica otorga la más alta prelación a la explotación de hidrocarburos y

a su empleo en la generación de electricidad. Se propone poner en práctica un mecanismo de financiamiento y fomento a la instalación de paneles solares en hogares y pequeñas empresas del país.

Se planteó este análisis de factibilidad económica para reconocer viablemente la utilización de la energía solar como medio de generación de energía eléctrica, dicha energía deberá ser utilizada para usuario domésticos, y no industriales, en México. Comparando los gastos de electricidad, costos de los sistemas solares y la utilización de la energía eléctrica en usuarios, se logró establecer que es factible la implementación de energía solar. (Vargas, Acajabon & Sanchez, 2018).

La generación de energía eléctrica solar es una alternativa para poder ya sea disminuir los costos en las facturas o poder se totalmente independientes en el consumo de la energía eléctrica, por otra parte, dada la facilidad de aprovechar la radiación solar y a la tecnología con la que contamos actualmente, los costos de las instalaciones han ido disminuyendo gracias a los beneficios que nos otorgan.

1.3 Justificación

La generación de energía eléctrica de manera solar se origina a partir del aprovechamiento de los rayos solares emitidos hacia la tierra, esto con la ayuda de los paneles solares nos permite captar estos rayos y concentrarlo para así poder generar electricidad y poder aprovecharlo para las necesidades que tengamos ya sea en empresas o para los hogares.

La energía solar es un tema que últimamente ha llamado más la atención a organizaciones y empresas por que con la ayuda de esta pueden satisfacer sus necesidades con respecto al ahorro de energía eléctrica, para la comisión federal de electricidad (CFE) también puede presentar una forma de generar y vender energía eléctrica.

1.4 Objetivo

- Lograr el ahorro de energía eléctrica mediante la implementación de paneles solares en Comisión Federal de Electricidad gerencia regional de transmisión sureste.

1.4.1 Objetivos específicos

- Establecer una metodología para poder evaluar las condiciones de la zona de la gerencia regional de transmisión.
- Establecer los componentes de una instalación de paneles solares, para que de esa manera conocer lo que se necesita emplear.
- Realizar una planeación de todo el trabajo necesario para poder realizar la instalación y de esa manera plantear los beneficios que se pueden obtener con los paneles solares.

1.5 METODOLOGÍA

En el siguiente diagrama de flujo se explica la planeación del proyecto.

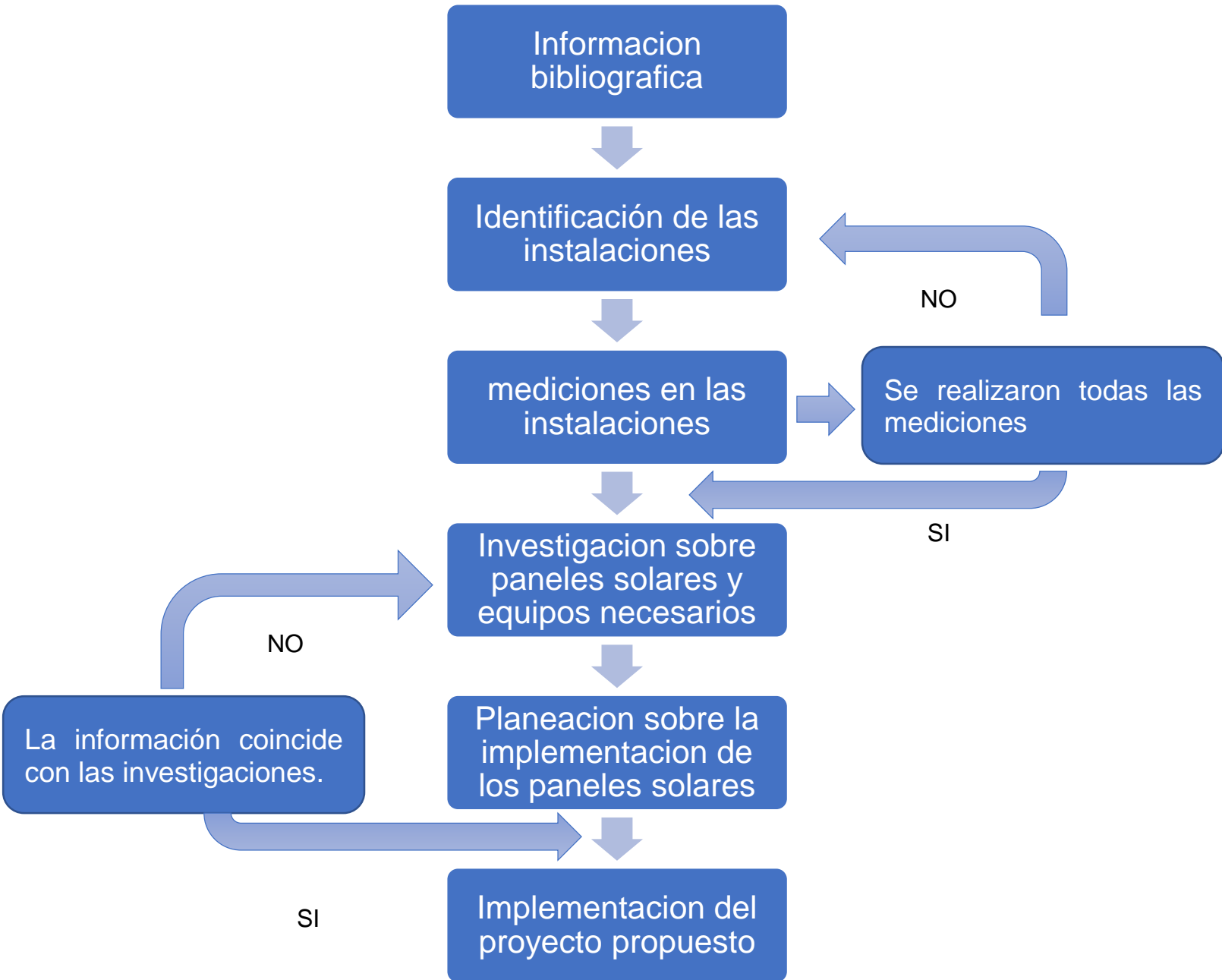


Figura 1 Diagrama a bloques del hardware.

- 1) **Documentación bibliográfica:** Esta parte como el primer proceso de todo el proyecto consiste en investigar sobre estas tecnologías y se tiene que partir desde sus inicios, para de esa manera entender de mejor manera el funcionamiento de esta tecnología, así como los diferentes métodos que existen en la instalación.
- 2) **Identificación de las instalaciones:** como segunda actividad programada en el cronograma consiste en identificar todo aquello que tenga que ver con el consumo de energía eléctrica, por ejemplo: contactos, luminarias, apagadores, aire acondicionado, así como cualquier equipo que necesite estar conectado a la energía eléctrica.
- 3) **Realizar mediciones de las instalaciones:** en el cronograma de actividades tenemos como punto tres el realizar las dichas mediciones en las instalaciones de CFE en el área de comunicaciones, el propósito de hacer estas mediciones es que sepa sobre los valores de energía eléctrica en dicho lugar, así como la revisión de los datos de placa en caso de que así se requiera.
- 4) **Investigación de paneles solares y equipos necesarios:** una vez llegados a esta actividad se realizará la documentación necesaria acerca de los paneles solares, así como sus características y precios, de la misma manera se investigarán equipos que sean necesarios en cuanto a la instalación de los paneles solares.
- 5) **Planeación de implementación:** en esta actividad al ya contar con toda la información necesaria se realizará el diseño de los planos para la instalación de los paneles solares, así como la realización de los cálculos del retorno de la inversión, cálculos para la selección de equipos y materiales necesarios para la instalación, dentro de este periodo se toma en cuenta cualquier tipo de cálculo necesario.
- 6) **Implementación del proyecto propuesto:** una vez realizado todos los pasos con forme a la investigación y análisis de este tipo de instalaciones, con los

contacto@ittg.edu.mx

Carretera Panamericana Km. 1080, C.P. 29050, Apartado Postal: 599,

Tel. (961)61 5 04 61 Fax: (961)61 5 16 87



estudios y análisis de costo-beneficio correspondientes se determinará si el proyecto es viable para su instalación.

CAPITULO 2: FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1 ENERGÍA Y DESARROLLO SOSTENIBLE EN CUBA

El empleo y perfeccionamiento de la utilización de las fuentes renovables de energía podría ser considerado como el inicio de una tercera “Revolución Industrial” la transición a una economía de baja emisión de dióxido de carbono permite dar un giro trascendental en la lucha contra el cambio climático, mejorar la seguridad energética, y reducir significativamente las tensiones geopolíticas del presidente. El incremento de la utilización de las fuentes renovables de energías constituye un lineamiento de la política energética de Cuba. De esta manera se desarrollan programas para la construcción de centrales hidroeléctricas, la instalación de celdas y paneles fotovoltaicos, sistemas termo solares, y la utilización de otras fuentes como la eólica y la biomasa.

2.1.2 Materiales y métodos

En el ámbito internacional se reconoce como que una de las formulas válidas y expeditas para promover cambios favorables en los patrones de consumo, producción y uso de los recursos es la integración de sostenibilidad en las políticas de desarrollo de los países, de manera que se logre el crecimiento económico sin provocar impactos ambientales y sociales adversos de significación.

Puede afirmarse que el consumo y producción sostenible, y la eficiencia en el uso de los recursos, son conceptos de índole trasversa que deben de tener su expresión en las políticas a todos los niveles y en los lineamientos; esto, de manera general. Se cumple al estar presente las tres dimensiones de la sostenibilidad del desarrollo; económico, social y ecológico, tal como se muestra a continuación.





Figura 2: Diagrama de la integración de los tres elementos del desarrollo sostenible.

El desarrollo de cualquier país está supeditado en gran medida a la disponibilidad y uso que da a sus recursos energéticos la actualización del modelo económico y las políticas derivadas de este proceso no podían dejar de incluir el tema de la energía dentro de las prioridades nacionales; así ha sido desde el mismo triunfo de la revolución hasta el presente, en la cual la Revolución Energética iniciada en el 2006 y que continua en la actualidad, es un fiel reflejo.

2.1.3 Energía solar fotovoltaica

Se denomina energía solar fotovoltaica a la energía radiante del sol que se transforma en energía eléctrica mediante el empleo de celdas fotovoltaicas; este método clasifica como una forma de aprovechamiento directo de la energía solar. El efecto fotovoltaico genera una fuerza electro motriz, en un dispositivo semiconductor, debida a la absorción de la radiación electromagnética al conectarse a un circuito eléctrico.

A la interconexión de varias celdas fotovoltaicas se le llama panel fotovoltaico; un grupo de paneles da lugar a un módulo, que conjuntamente con las baterías que se almacena la energía eléctrica, el inversor, el conmutador y los cables, forman el sistema fotovoltaico. Se estima que la cantidad de energía eléctrica generada con

tecnología fotovoltaica es el 0.1% de la demanda de energía primaria mundial. Al final del 2008 la potencia fotovoltaica global acumulada fue de 15.5 GWp y el 90% de hallaba conectada a la red, (Arrastía y Corp, 2013).

2.1.4 Energía solar térmica

Se llama energía solar térmica a la energía solar que se transforma en otras formas de energía mediante el calentamiento, este método clasifica como una forma de aprovechamiento directo de la energía solar. La radiación solar transporta energía radiante a nuestro planeta. La contextura de la atmosfera la cual deben franquear los rayos solares, los rayos solares, después de atravesar la atmosfera terrestre se ponen en contacto con las moléculas de aire y polvo y se dirigen en todas direcciones, parte de esa energía se dispersa en la tierra desde el firmamento. A su vez la tierra, como todo cuerpo caliente, emite parte de la radiación hacia el espacio; sin embargo, determinados gases presentes en la atmosfera como el dióxido de carbono, el metano, y el vapor de agua denominados Gases de Efecto Invernadero, absorben la mayor parte de la radiación solar produciendo así el calentamiento de la atmósfera. Un efecto análogo se produce en el interior de un automóvil cerrado que se encuentra en un estacionamiento bajo la acción directa de la radiación solar. La radiación solar absorbida por una superficie se convierte inmediatamente en energía térmica. (Bravo y Bermúdez, 2013).

Diversos son los métodos utilizados para coleccionar la energía térmica de la radiación solar. El ángulo de con el que inciden los rayos del sol sobre una superficie determinara la cantidad de energía que recibe la misma. Para captar la energía térmica solar se pueden emplear materiales sólidos conocidos como superficies absorbedoras o sustancia en estado líquido o gaseoso que son los denominados, fluidos térmicos. Como resultado de coleccionar la energía solar térmica, la temperatura de la superficie o la del fluido térmico se incrementa.

2.1.5 Energía hidráulica

Se designa energía hidráulica a la energía solar que se transforma y acumula como energía potencial de agua cuando se encuentra en un punto a mayor altura respecto a otro, este método clasifica como una forma de aprovechamiento indirecto de la energía solar. El ciclo del agua se inicia cuando el sol evapora el agua de ríos, mares y lagos dando lugar a la formación de nubes que viajan largas distancias y se precipitan en forma de lluvia o nieve, a causa de la gravedad, busca de nuevo el nivel del mar formando ríos caudalosos o pequeñas corrientes; este caudal que se presenta en forma de grandes saltos o de pequeñas corrientes, es la fuente de la energía hidráulica que se puede transformar en energía mecánica a través de moto bombeo y molinos, o en energía eléctrica mediante represas hidroeléctricas.

Los rendimientos de los molinos de agua están comprendidos entre 30 y 80 %, y aumenta con el uso de paletas. Las plantas hidroeléctricas modernas alcanzan rendimientos del 75% al 90%, son muy eficientes en comparación con las centrales térmicas de obtención de energía eléctrica a partir de los combustibles fósiles o reacciones nucleares (Arrastía, 2002).

2.1.6 Energía eólica

Se denomina energía eólica a la energía solar que se transforma en energía cinética del viento, este método clasifica como una forma de aprovechamiento indirecto de la energía solar. La radiación solar no alcanza igual a toda la atmosfera terrestre. Como resultado de esta condición, las diferentes partes del planeta no se calientan por igual lo que trae como consecuencia que la temperatura no sea siempre la misma. Estas diferencias térmicas provocan cambios en la densidad del aire que ocasionan a su vez variaciones en la presión atmosférica (Aitken, 2003).

Como el aire se desplaza en las zonas de alta presión a las zonas de baja presión, se establece un cierto equilibrio energético al transferirse la energía entre zonas de

contacto@ittg.edu.mx

Carretera Panamericana Km. 1080, C.P. 29050, Apartado Postal: 599,

Tel. (961)61 5 04 61 Fax: (961)61 5 16 87



diferentes temperaturas. Todo este proceso ocasiona un desplazamiento de las masas de aire produciéndose los vientos a nivel planetario, este fenómeno meteorológico se denomina circulación atmosférica planetaria.

El molino es una máquina que transforma la energía del viento en energía mecánica aprovechable. Esta energía proviene de la acción del viento sobre unas aspas oblicuas unidas a un eje común. El eje giratorio puede conectarse a varios tipos de maquinarias para moler granos, bombear agua, o generar electricidad. Cuando el eje se conecta a una bomba recibe el nombre de Aero bomba. Si se usa para producir electricidad se le denomina aerogenerador.

2.1.7 Resultados

En la generación eléctrica Cuba se propone crecer en el empleo de fuentes de energía renovables. Aun no hay pronunciamientos semejantes en el sector transporte. Continuando el desmarque de su tradicional rumbo apegado a consumo de combustibles fósiles, la unión eléctrica nacional instaló su primera central de energía solar fotovoltaica. La misma producirá 1 500 MWh de energía eléctrica al año bajo el esquema de generación distribuida sin requerir una gota de petróleo lo que evitará la emisión de poco más de mil toneladas de dióxido de carbono. En el 2015 la UNE prevé instala otros 12 MW. En hidroenergía en la actualidad se ha incrementado la generación a 64 MW, aunque el potencial es superior. Se prevé iniciar la construcción de un parque eólico de 50 MW en el oriente del país los análisis técnicos recomiendan instalar hasta 60 MW eólicos de unos 2 000 MW en que se estima el potencial. La red eléctrica que dispone hoy el país, permite una mayor penetración de las fuentes renovables en la generación, pero habrá que mejorar la red eléctrica y usar técnicas que permitan la acumulación de energía.

Se prevé integrar, además, las tecnologías energéticas renovables y el uso pasivo de la energía solar a todas las edificaciones que lo permitan, especialmente las

contacto@ittg.edu.mx

Carretera Panamericana Km. 1080, C.P. 29050, Apartado Postal: 599,

Tel. (961)61 5 04 61 Fax: (961)61 5 16 87



nuevas inversiones. Así se logrará más eficiencia energética y se desplazarán los consumos de combustibles fósiles, Rivero (2000); (Arrastía y Corp, 2013).

2.2 Aplicación electrónica para el Ahorro de energía eléctrica utilizando una energía alternativa.

Las energías alternativas siempre han estado presentes en la cotidianidad de la humanidad, aunque muchas veces se ha desconocido su existencia por la necesidad de poner lo económico por encima del beneficio ambiental. Son energías limpias y protectoras del medio ambiente.

La energía ha tenido presencia en el desarrollo de la humanidad, y desde mucho antes de ser conocida por el hombre, rigiendo todos los procesos de la vida cotidiana, por lo que no es sorprendente que, con todos los descubrimientos técnicos y científicos, se haya convertido en un recurso imprescindible.

Hoy en día, en una vivienda se encuentra por lo menos un dispositivo que para su funcionamiento requiera el uso de energía eléctrica, por lo que en algunos casos se presenta una alta demanda y hasta desperdicio, cuando hay una cantidad considerable de estos elementos, dicho desaprovechamiento afecta en mayor proporción al sector rural y estratos bajos, pues aunque tengan tarifas subsidiadas sufren incrementos en los costos, pagando así por la demanda de consumo generada por otros sectores, despreocupados por el alto valor en el pago del servicio de energía.

2.2.1 Descripción de la operación del sistema fotovoltaico

El sistema de alimentación eléctrica en corriente directa (SAED), está controlado por una transferencia electrónica automática (TEA) quien determina el sistema que cargará la batería (acumulador). La alimentación de energía está disponible de un panel solar que suministra una tensión de 12 V y una corriente de 8A DC o un

sistema que rectifica la corriente alterna en directa. Las luminarias y demás dispositivos que se conecten como cargas estarán alimentadas directamente por la batería. Como protecciones eléctricas se dispuso de un regulador de carga quien determina la conexión-desconexión automática tanto de las fuentes de alimentación como de la batería y las cargas.

2.2.2 Descripción de las variables

2.2.2.1 Tensión del panel

Es la tensión entregada por el panel, que generalmente en un circuito abierto es de 12 VCD, cuando se realiza la conexión de una carga, esta tensión cae si no hay suficiente corriente entregada por el panel. Su unidad de medida es Voltios (VCD).

2.2.2.2 Corriente del panel

Es la corriente entregada por el generador solar y básicamente depende de la radiación captada por el panel. Su unidad de medida es Amperes (A).

2.2.2.3 Tensión de la batería

Es la tensión entregada por la batería, generalmente una batería de 12 VCD a carga completa entrega 14 VCD, y descargada entrega una tensión de 11.5 VCD aproximadamente, es por ello que la tensión para carga de batería debe ser mayor a 14VDC. Su unidad de medida es Voltios (VCD).

2.2.2.4 Corriente nominal de la batería

Es la capacidad de corriente entregada por la batería, está determinada por la corriente de consumo de las cargas y el periodo necesario para mantenerlas alimentadas. Su unidad de medida es Amperes-hora.

2.2.2.5 Cargas

Estas constan de todos los dispositivos que deben ser alimentados eléctricamente por el sistema fotovoltaico (lámparas, televisores, computadores, etc.), que están determinados por su consumo para el cual su unidad de medida es el watts-hora (Wh). El consumo generado por las cargas también puede expresarse en Amperios-Hora, cuando se requiere calcular la capacidad de la batería.

2.2.3 Características del sistema fotovoltaico

Uno de los equipos más costosos de un sistema fotovoltaico es el inversor DC – AC, que es el encargado de tomar la tensión entregada por el panel con una corriente DC y transformarla a una tensión de 110V con corriente AC. Aunque con el pasar del tiempo y los avances tecnológicos, los equipos que conforman un sistema fotovoltaico han venido disminuyendo sus costos con relación a años anteriores.

Se decide orientar este proyecto en la iluminación de una vivienda, utilizando bombillos fluorescentes que operan a 12 V DC. Lo que permite eliminar la etapa inversora del sistema fotovoltaico generando así una disminución en los costos de su implementación.

2.2.3.1 Estimación de las cargas a aumentar

A continuación, se muestra las cargas a alimentar por el sistema fotovoltaico, de las cuales se estima su potencia promedio, y la potencia total demandada y el consumo eléctrico diario aproximado, calculado con base a una estimación de las horas de uso promedio de cada una de las luminarias.

Cantidad	Carga	W	W Totales	Horas de uso - día	Consumo diario
8	Bombillos	7 W	56 W	6 h	336 Wh/día
1	Radio	20 W	20 W	4 h	80 Wh/día
Total					416 Wh/día

Tabla 1: Carga del sistema fotovoltaico.

2.2.3.2 Dimensionamiento de los componentes

Una vez conociendo el consumo total para cubrir 8 luminarias de 7W y 1 radio u otro dispositivo con consumo aproximado de 20W, es de 416 Wh/día, según las horas de uso diario de la tabla 1, se procede a realizar el cálculo de la corriente que se debe de generar y la capacidad de almacenamiento apropiado.

Cálculo de la corriente requerida		
A1	Carga total diaria	416 Wh/día
A2	Tensión CD del sistema (generalmente 12 ó 24 V)	12 Voltios
A3	Carga diaria corriente (A1/A2)	35 Ah
A4	Multiplicar con el factor de seguridad 20% (para compensar las pérdidas en la batería y otros componentes)	1,2
A5	Carga diaria corriente corregida (A4*A3)	42 Ah
A6	Promedio de horas de sol por día.	6
A7	Amperaje que el sistema tendrá que producir (A5/A6)	7 A
Cálculo del número de paneles		
B1	Amperaje máximo del módulo solar seleccionado (según especificaciones del fabricante)	8 A
B2	Número de módulos que se necesita	1
Cálculo del número de baterías		
C1	Carga total diaria (A5)	42 Ah
C2	Días de reserva (este es el tiempo que el sistema tiene que estar funcionando sin sol)	2
C3	Capacidad nominal del banco de baterías (C1*C2)	84 Ah
C4	Factor de profundidad de descarga (generalmente 80%, significa que siempre se deja un 20% de reserva en las baterías)	0.8
C5	Capacidad corregida del banco de baterías (C3/C4)	105 A
C6	Capacidad nominal de batería (según especificaciones del fabricante)	110 A
C7	Número de baterías (C5/C6)	1

Tabla 2: Calculo de la capacidad de generación.

2.2.3.3 Diseño del prototipo

Según los cálculos realizados en las anteriores tablas, se determina que los equipos deben de cumplir con las características descritas en la tabla 3.

Cantidad	Equipo	Características
1	Panel Fotovoltaico	12 V / 110 W
1	Batería Ciclo Profundo	12 V / 110 A
1	Regulador de Carga	12 V / 8 A
1	Sistema electrónico de transferencia	- Evaluación Nivel Bateria - Supervisión Corriente Panel - Control/Selección de Fuente - Alerta/Alarmas

Tabla 3: Equipos del sistema fotovoltaico.

Buscando cubrir las necesidades de este sistema y tomando como referencia los cálculos realizados, se plantea la implementación de un sistema de alimentación eléctrica en corriente directa (SAED), (ver Figura 2) con la siguiente topología:

- 1 Panel solar 12V 130W
- 1 Regulador de carga 10A
- 1 Batería de 12V 110^a
- 1 Transferencia eléctrica
- 1 Etapa de rectificación 100 VCA – 12 VCD 8A
- 8 Bombillos fluorescentes 12V 7W

Para la implementación del sistema fotovoltaico en una vivienda se debe realizar el dimensionado correspondiente, analizando las cargas a cubrir y los requerimientos de obra civil para su implementación.

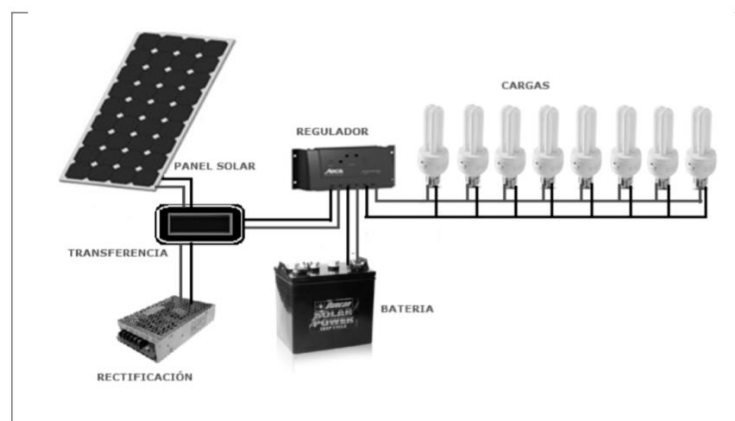


Figura 3: Topología del sistema fotovoltaico implementado (SAED).

2.2.3.3.1 Panel solar

Entre las diferentes opciones de paneles solares existentes en el mercado, se optó por uno del tipo monocristalino, cubierto con una superficie de vidrio, que permite una máxima transmisión de luz y una resistencia a golpes de hasta 5 pie-libra. Además, posee una caja de conexiones resistente a condiciones de humedad, con conectores eléctricos especiales para factores de climas húmedos, donde incluye dos diodos de bypass para asegurar una operación confiable. El fabricante garantiza una vida útil superior a 30 años conservando una potencia de salida hasta del 80%.

2.2.3.3.2 Batería

Es una batería de 12V, 160Ah y ciclo profundo. Tiene conectores tipo automotriz, sistema caja-tapa termosellado y fabricado en polipropileno de alto impacto, tapones con dispositivo antiflama y separadores de fibra de vidrio.

2.2.3.3.3 Dispositivo de rectificación

Se evaluaron las condiciones para el diseño y ejecución de un sistema de rectificación para casos de falla en el panel, encontrando que el costo es mucho más alto que la compra de un equipo de iguales condiciones. Por tal motivo se

contacto@ittg.edu.mx

Carretera Panamericana Km. 1080, C.P. 29050, Apartado Postal: 599,

Tel. (961)61 5 04 61 Fax: (961)61 5 16 87

decide trabajar con una fuente regulada con una tensión de salida de 14 VCD y una corriente de 8.5 A. Las especificaciones técnicas de este dispositivo se encuentran en la tabla 4.

Referencia	Entrada	Salida
NES-100-12	110 VAC / 2.5 A	12 VDC / 8.5 A
Ruido (máx.)	120 mVp-p	
Protecciones	* Cortocircuito * Sobrecarga 110 - 150 % * Sobretensión 14,2 16,2 V	
Tolerancia de voltaje	+/- 1%	
Eficiencia	92%	

Tabla 4: Datos técnicos: dispositivo de rectificación.

2.2.3.3.4 Bombillos

Para verificar el funcionamiento del SAED se utilizan bombillas fluorescentes a 12 VCD, que proporcionan buenos niveles de iluminación con un bajo consumo de energía. Estos bombillos cuentan con una protección de sobrecalentamiento y están diseñados para socket estándar.

2.3 Análisis del potencial energético solar en la región caribe para el diseño de un sistema fotovoltaico.

Actualmente el conocimiento de la disponibilidad de la energía solar, es indispensable para facilitar el aprovechamiento adecuado de los recursos energéticos mediante el uso de sistemas y tecnologías que lo transforman en diversas formas de energía útil; como los sistemas fotovoltaicos o térmicos que finalmente permiten la generación de energía eléctrica.

En Colombia las diferencias geográficas regionales definen una serie de factores muy claros para las características de incidencia de la radiación solar que pueden variar según la posición geográfica (montañoso o llano), y tienen en cuenta algunos factores como distancia al mar, el promedio de lluvias y las condiciones del suelo; que conllevan diferenciar en la cantidad de radiación solar que incide sobre cada región de Colombia.

En la región Caribe la radiación o brillo solar incidente sobre el departamento del Atlántico tiene una relación directa con los valores de precipitación; de ahí que la menor radiación coincide con el período más lluvioso y la mayor radiación con la época menos lluviosa y seca alcanzando un nivel de radiación solar de 6,5 KWh/m², que se presenta una temperatura promedio entre 38 °C y 40 °C.

2.3.1 Desarrollo

Se usan diferentes unidades para expresar el valor de la insolación de un lugar la más conveniente para nuestra aplicación es el Kilowatt por hora sobre metro cuadrado (KWh/m²). Los fabricantes de paneles fotovoltaicos (FVs) determinan la máxima potencia eléctrica de salida usando una fuente con una potencia luminosa de 1 KW/m². Por tanto, este valor, conocido con el nombre de SOL, se ha convertido en un estándar para la industria, facilitando la comparación de paneles de distintos orígenes. Recordando que 1 m² = 10.000 cm², y que 1 KW = 1.000 W, se tiene que:

contacto@ittg.edu.mx

Carretera Panamericana Km. 1080, C.P. 29050, Apartado Postal: 599,

Tel. (961)61 5 04 61 Fax: (961)61 5 16 87



1 SOL = 1 KW/m² = 100 mW/cm²

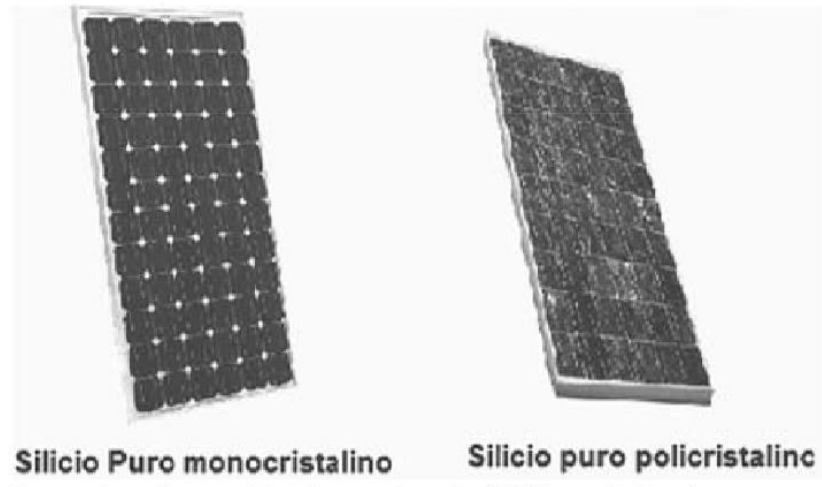


Figura 4: Tipos de paneles.

El valor de la irradiación cambia al variar la masa de aire, la que cambia constantemente desde el amanecer al anochecer. Para simplificar el cálculo de la energía eléctrica generada diariamente por un panel fotovoltaico, se acostumbra a definir el día solar promedio. Este valor es el número de horas, del total de horas entre el amanecer y el anochecer, durante el cual el Sol irradia con una potencia luminosa de 1 SOL.

En la región Caribe se puede encontrar una tasa muy alta de radiación solar debido a la posición en la línea del Ecuador y la ubicación geográfica de costa, ya que los rayos solares inciden directamente, por tanto, la radiación solar resulta ser más intensa en esa área.

Para realizar el diseño del sistema fotovoltaico se tiene en cuenta como primer aspecto a considerar el consumo racional de la energía. Es importante conocer cuánta energía eléctrica se requiere en el objetivo a electrificar, teniendo en cuenta las características eléctricas de los equipos (potencia) y el tiempo de empleo por parte del usuario del sistema. Es decir, fue necesario conocer la corriente y la

contacto@ittg.edu.mx

Carretera Panamericana Km. 1080, C.P. 29050, Apartado Postal: 599,

Tel. (961)61 5 04 61 Fax: (961)61 5 16 87

tensión de trabajo de los equipos instalados y el número de horas diarias de funcionamiento, teniendo en cuenta además las posibles ampliaciones que en el futuro se hagan en la instalación proyectada.

El diseño se basa en el manejo del sistema de iluminación haciendo referencia a 15 lámparas T12 (40W) instaladas en el área seleccionada, para un total de 600 W en potencia instalada y con un requerimiento promedio de 8 horas de uso diario.

Un segundo aspecto que se tuvo en cuenta es el promedio de insolación anual de la ciudad de Barranquilla que es de 5,4 KWh/m², permitiendo establecer las horas pico solar que se define como las horas de luz solar por día en función de la irradiación solar.

Los niveles de radiación varían durante el día y a lo largo del año, presentándose los mayores niveles en el día cuando el Sol se encuentra en su máxima elevación entre las 10 a.m. y las 2 p.m. (cerca del 60% de la radiación es recibida a estas horas), mientras que, cuando el ángulo del Sol está más cercano al horizonte llega menos radiación a la superficie de la Tierra debido a que atraviesa una distancia más larga en la atmósfera y encuentra más moléculas de ozono, dando lugar a una mayor absorción. En zonas diferentes a los trópicos los máximos niveles se presentan en los meses de verano alrededor del mediodía.

La altitud también determina la cantidad de radiación que se recibe, debido a que en zonas de alta montaña el aire es más limpio y más delgada la capa atmosférica que deben recorrer los rayos solares, de manera que a mayor altitud mayor radiación. En promedio, por cada 1.000 metros de incremento de la altitud, la radiación aumenta entre un 10% a un 12%. Las nubes pueden tener un impacto importante en la cantidad de radiación que recibe la superficie terrestre, generalmente las nubes densas bloquean más radiación que una nube delgada.

Las condiciones de lluvia también reducen la cantidad de radiación. La contaminación trabaja en forma similar que las nubes, de tal forma que la contaminación urbana reduce la cantidad de radiación que llega a la superficie de la Tierra. En la práctica, se toma como valor de la radiación, el promedio de los meses de peor radiación solar durante el año.

Para el proyecto se emplea un margen de seguridad de sobredimensionamiento llamado rendimiento global con un valor de 0,75 para instalaciones con suministro de corriente alterna; ya que este coeficiente considera el envejecimiento de los paneles y baterías, polvo y suciedad sobre el panel y conexiones eléctricas del cableado y otros accesorios eléctricos.

$$\text{Energía real necesaria} = \frac{\text{consumo diario previo}}{\text{rendimiento global}}$$

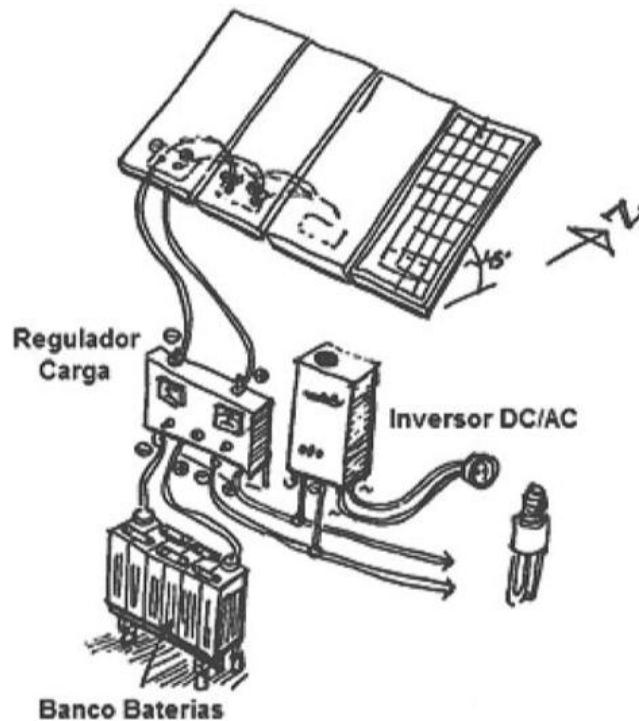


Figura 5: Instalación fotovoltaica típica tomada como referencia para el diseño del sistema, Banco paneles fotovoltaicos.

2.3.2 Conclusiones

El conocimiento del comportamiento del potencial energético solar en Colombia es necesario porque facilita la identificación de regiones estratégicas por ser adecuada la utilización de la energía solar para la solución de necesidades energéticas. Colombia tiene un buen potencial energético solar en todo el territorio, con un promedio diario multianual cercano a 4,5 KWh/ m², el cual proyecta a la región en una posición estratégica para la explotación de la energía solar, además es importante tener en cuenta que las nuevas tendencias de las políticas energéticas de los diferentes países ha sido aumentar gradualmente el suministro de energía renovable.

La consideración de proyectos fotovoltaicos en la región Caribe suele ser escasa, quizás como consecuencia de la elevada fiabilidad de las redes eléctricas. No obstante, conviene recordar que una característica de esta aplicación es la simultaneidad que suele existir entre generación y consumo, que se traduce en consecuencias positivas para el sistema eléctrico (ahorro de emisiones futuras y reducción de pérdidas de transmisión y distribución).

La formulación del diseño en una expresión analítica relativamente sencilla utilizada en el proyecto se emplea tanto para evaluar el grado de utilización directa de la energía fotovoltaica, como para analizar el posible efecto de medidas para el fomento de fuentes renovables y de uso racional de la energía.

2.4 Análisis de factibilidad técnica y económica en la implementación de energía fotovoltaica y termo solar para generación de electricidad y calentamiento de agua mediante paneles solares fijos y con un seguidor de sol de construcción casera, para una vivienda unifamiliar.

El principio fotoeléctrico es un tema que se ha fortalecido en los últimos 30 años debido al avance científico y al interés en su aplicación a las energías renovables, sin embargo, el efecto fotovoltaico es un principio físico descubierto en el año de 1839 por el francés Edmund Becquerel, pero no fue hasta después de 48 años cuando Heinrich Hertz hizo las primeras observaciones a detalle y la descripción experimental de tal principio. En el año de 1887 Hertz fabrico la primera celda fotovoltaica, la cual convertía la luz en electricidad con apenas 1% de eficiencia.

2.4.1 El principio fotoeléctrico

El concepto de energía fotovoltaica se atribuye a la aparición de una corriente eléctrica en algunos materiales cuando estos se encuentran iluminados por radiación electromagnética sin que sea necesario un efecto mecánico o físico en él. El principio fundamental se basa en la absorción de fotones que inciden en un determinado material entregando una cantidad suficiente de energía para que los electrones adquieran movimiento, y por ende una corriente eléctrica.

El Silicio (Si) es un elemento químico que posee 14 electrones; siendo 4 de ellos electrones de valencia (los electrones de valencia son aquellos que se encuentran en el más alto nivel de energía del átomo, siendo los responsables de la interacción entre otros átomos de la misma u otra especie); por tanto, un cristal químicamente puro de silicio está unido de forma covalente con otros 4 átomos; y por tanto no existirá electrones libres en él.

En la realidad se puede agregar ciertas impurezas a un cristal de silicio sustituyendo uno de sus átomos por otro de diferente naturaleza. Si este hecho se da al introducir

contacto@ittg.edu.mx

Carretera Panamericana Km. 1080, C.P. 29050, Apartado Postal: 599,

Tel. (961)61 5 04 61 Fax: (961)61 5 16 87

un átomo de Fósforo (P) (elemento con 5 electrones de valencia); el cristal a formar usará 4 de ellos para la unión covalente, quedándonos un electrón débilmente unido en el cristal, que podrá separarse del átomo de fósforo mediante una estimulación de una fuente externa de energía.

En sentido contrario, si la impureza que se introduce es con un átomo de Boro (B) (elemento con 3 electrones de valencia) la unión covalente con el silicio estará faltante de un electrón; al cual se lo denomina “hueco o laguna”.

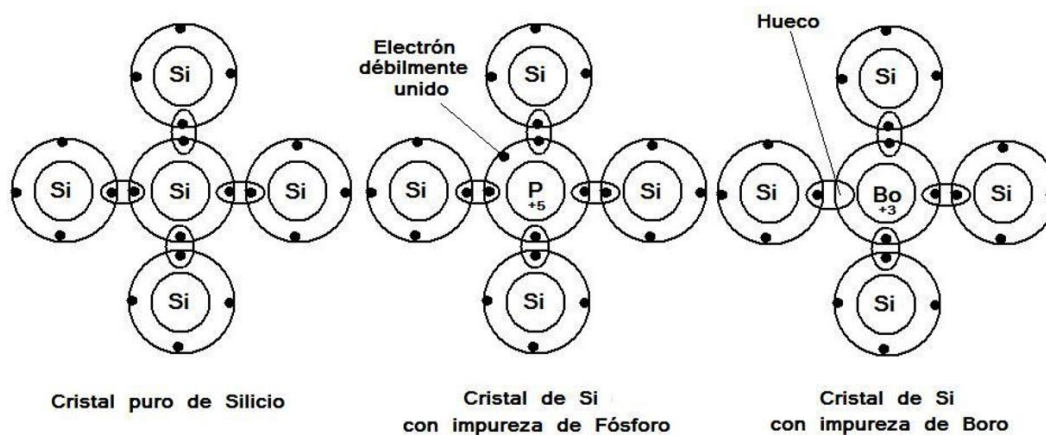


Figura 6: Uniones covalentes de silicio.

2.4.2 La célula fotovoltaica

Es el elemento fundamental de todo sistema fotovoltaico, atribuyéndole la responsabilidad de captar la energía electromagnética proveniente del sol y generar una corriente eléctrica. La base primordial de su composición es el silicio; lugar donde se producen los efectos físicos que hacen posible el principio de la conversión de energía.

En la célula, la radiación incide generalmente sobre una lámina tipo n, con un grosor menor a $1\mu\text{m}$ para que la penetración de los fotones en el cristal sea suficiente para

crear un par electrón-hueco y generar un flujo de electrones. La célula solar se fabrica mediante la cristalización de silicio y de ello aparecen tres tipos principales:

- Silicio cristalino. - Este tipo de células representan el estándar de la tecnología fotovoltaica comercial. El silicio pasa por varios procesos durante su fabricación, en los cuales debe ser purificado, fundido y cristalizado ya sea en láminas o lingotes, estructuras que luego serán cortadas en celdas individuales y a continuación pulidas. Este mecanismo de fabricación desperdicia casi el 50% del material original. Las impurezas de boro y fósforo para formar capas tipo p y capas tipo n se las introduce mediante difusión a elevada temperatura. Por lo general la tensión de cada célula solar produce alrededor de 0,5 V; valor independiente del área superficial de la misma; señalando la diferencia con la corriente proporcionada que será mayor cuanto más grande sea la misma. Esta construcción puede presentar dos configuraciones distintas; el silicio monocristalino y el silicio policristalino.
- Silicio amorfo. - También conocido con el nombre de “película delgada”, su fabricación se basa en el depósito de capas delgadas de silicio, evaporando al vacío, erosión iónica, y deposición de vapor sobre un sustrato que generalmente es vidrio o plástico. Mediante este proceso es posible obtener células solares a precios muy económicos, pero lamentablemente su eficiencia también es mucho más reducida. Otro inconveniente que producen estas células es el deterioro prematuro acortando significativamente la vida útil las mismas. La producción de energía eléctrica se disminuye en un 15% a los 2 meses de haber iniciado su operación, y a partir del quinto año de trabajo la degradación de las celdas alcanzan valores de hasta el 50%. Sin embargo, el silicio amorfo permite una fabricación de celdas flexibles; y son las que más han sido instaladas alrededor del mundo debido a la gran demanda de equipos electrónicos de baja potencia como calculadoras, relojes y radios de operación solar.

Tipo de celda	Eficiencia		Ventajas	Desventajas
	Laboratorio	Producción		
Silicio Monocristalino	19,10%	12-16%	Tecnología bien desarrollada y probada Estable Mayor eficiencia. Fabricación en celdas cuadradas.	Emplea material caro. Desperdicio elevado. Fabricación costosa.
Silicio Policristalino	18%	11-14%	Tecnología bien desarrollada y probada Estable Buena eficiencia. Fabricación en celdas cuadradas. Menos costoso que el Si monocristalino.	Emplea material caro. Desperdicio elevado. Fabricación costosa. Reducción de eficiencia.
Silicio Amorfo	11,50%	4-8%	Utiliza muy poco material Alto potencial y producción rápida. Costo reducido al 50% del Si cristalino.	Degradación pronunciada Menor eficiencia. Menor durabilidad.

Tabla 5: Comparativa entre las tecnologías de silicio aplicadas a paneles fotovoltaicos Fuente: José M^a Fernández Salgado (2008), Compendio de Energía Solar. (Adaptado al CTE y al nuevo RITE).

La forma de trabajo de las celdas policristalinas es igual al de una célula de Si monocristalina; la diferencia radica que en su fabricación se utiliza un silicio de menor calidad. A nivel microscópico esta celda contiene varios granos de silicio dejando espacio libre entre sus uniones; es por estos huecos que se interrumpe el fenómeno fotovoltaico y su eficiencia es reducida.

El silicio es el elemento más abundante después del oxígeno (O), encontrado en casi todas las rocas del planeta; pero para su uso en módulos fotovoltaicos se requiere de cristales puros y con pocas imperfecciones; por lo que debe

contacto@ittg.edu.mx

Carretera Panamericana Km. 1080, C.P. 29050, Apartado Postal: 599,

Tel. (961)61 5 04 61 Fax: (961)61 5 16 87



someterse a procesos de elevados costos económicos y energéticos. En la actualidad se están haciendo pruebas con alternativas al silicio y entre las más conocidas está el Arseniuro de Galio (GaAs), el Fosforo de Indio (InP) y el Teluro de Cadmio (TeCd).

Lamentablemente la tecnología en general de la fabricación fotovoltaica no se encuentra desarrollada al máximo y es muy probable que la energía utilizada en la fabricación de un panel fotovoltaico completo (conjunto de celdas fotovoltaicas conectadas entre sí) sea mayor a la energía que se pueda producir en el mismo panel durante sus años de vida útil.

2.4.2.1 Características eléctricas

Existen diferentes tipos de parámetros válidos para evaluar el comportamiento de un módulo fotovoltaico; entre ellos se presentan los siguientes:

- Intensidad de cortocircuito (I_{sc}). Es la máxima intensidad de corriente que puede alcanzar un panel fotovoltaico; las pruebas son realizadas al producir un cortocircuito y con una tensión igual a cero medir la corriente circulante en los bornes. Esta intensidad total de corriente es igual a la de una de sus células multiplicada por el número total de conjuntos dispuestos en serie interconectadas entre sí en paralelo.
- Tensión nominal (V_n): es el valor de su tensión determinada en el momento de su diseño y fabricación. Depende de la cantidad de celdas fotovoltaicas dispuestas en serie dentro del módulo.
- Tensión a circuito abierto: Es el máximo valor de tensión que se alcanza en el panel fotovoltaico al mantener una corriente igual a cero. Esta tensión es igual a la tensión de cada célula individual multiplicada por el número de las mismas colocadas en serie.

- **Potencia máxima:** También llamada potencia pico del panel; es el máximo resultado del producto de la tensión y corriente en la curva característica V-I de cada módulo. Aproximadamente al 80% de la tensión a circuito abierto es la adecuada para su cálculo.

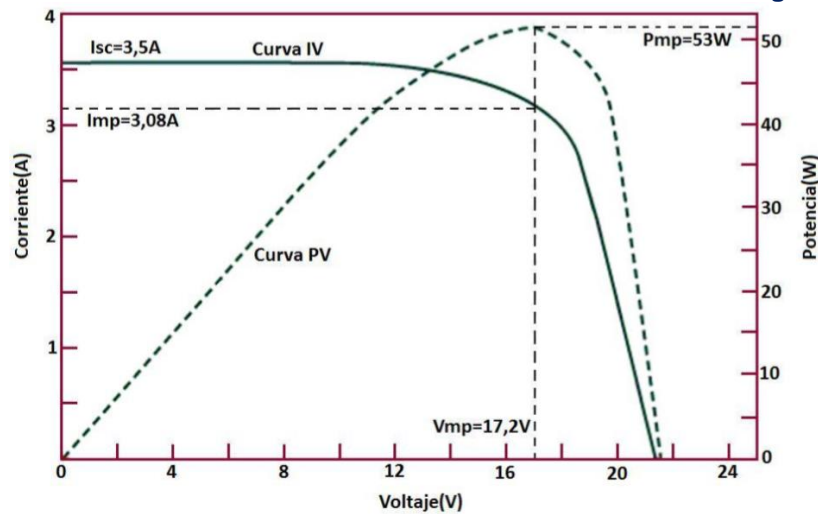
El comportamiento eléctrico de los módulos fotovoltaicos se ve afectado por su curva típica de funcionamiento V-I facilitada por el fabricante. Cada panel posee su propia curva de operación sometida a condiciones estándar de medida (CEM) definidas con los siguientes valores: irradiancia: 1000 W/m^2 y temperatura: 25°C .

Es posible determinar la curva P-V al multiplicar el valor de tensión con el valor de corriente determinada para cada punto.

Como ejemplo se mostrará la gráfica V-I y P-V del panel fotovoltaico “Solarex VLX53” en la cual sus datos de placa se muestran en la siguiente tabla:

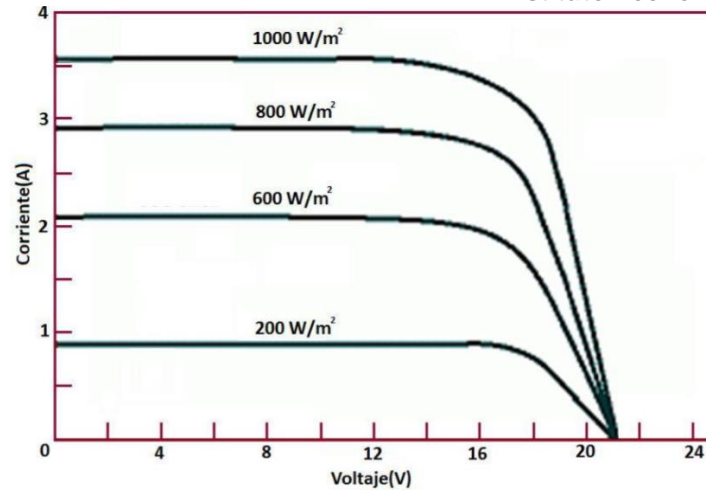
Modelo	VLX-53
Pp	53 W
Vp	17,2 V
Ip	3,08 A
Vca	21,5 V
Icc	3,5 A
Condiciones	CEM

Tabla 6: Placa del panel fotovoltaico VLX-53.

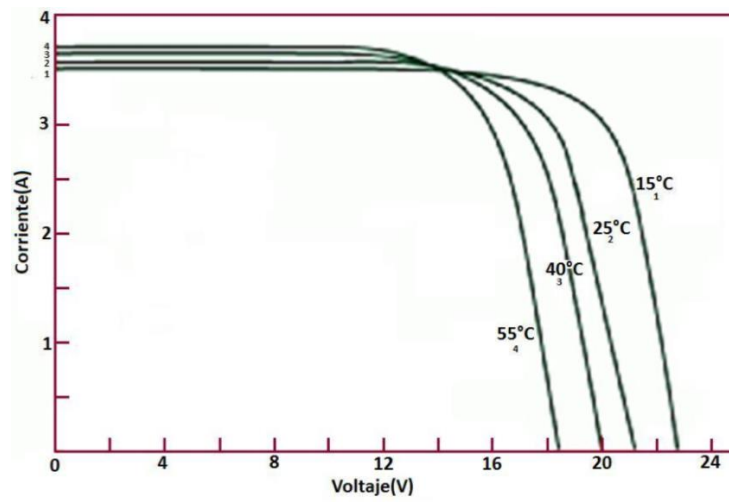


Grafica 1: curva V-I y P-V del panel fotovoltaico VLX-53.

Es un hecho importante indicar que el funcionamiento eléctrico de los módulos fotovoltaicos se ve afectados por la variación de la radiación solar y de la temperatura. Con el aumento de irradiancia se producen incrementos en la intensidad de cortocircuito, y por tanto aumento de potencia, señalando que la tensión a circuito abierto no varía y por tanto se asegura la estabilidad frente a los cambios de iluminación; mientras que con una elevación de temperatura el efecto se manifiesta en la tensión del módulo, resultando una disminución de potencia aproximadamente de un 0,5% por cada grado que sobrepase el estándar de 25°C.



Grafica 2: Dependencia de la corriente en función del voltaje siendo el panel sometido a diferentes valores de irradiancia solar. Temperatura constante: 25°C.



Grafica 3: Dependencia de la corriente en función del voltaje siendo el panel sometido a diferentes valores de temperatura. Irradiancia constante: 1000 W/m^2 .

Como se puede apreciar en las curvas mostradas anteriormente, el valor de la corriente se mantiene relativamente constante a pesar que la tensión aumenta de forma considerable; esto permanece efectivamente hasta entrar en una zona de transición en donde cualquier variación de voltaje produce variaciones bruscas en la intensidad del panel.

2.4.2.2 Temperatura de trabajo del panel

La temperatura a la cual se ve sometida un módulo fotovoltaico es de una gran importancia debido a que su potencia de salida se ve gradualmente reducida. Una irradiancia de 1000 W/m^2 es capaz de calentar un panel a 25°C por encima de la temperatura ambiente reduciendo de esta manera la potencia en un promedio del 12%.

La temperatura de trabajo de un panel se le describe efectivamente con la siguiente expresión:

$$T_t = T_a + k * R$$

Donde:

T_t : Temperatura de trabajo del panel.

T_a : Temperatura máxima ambiente.

R : Radiación solar en W/m^2 .

k : Coeficiente entre $0.02-0.04 \text{ }^\circ\text{C} \cdot \text{m}^2/\text{W}$ dependiente de la velocidad del viento: Si hay mucha presencia de viento, el panel tiene refrigeración y se toma el valor mínimo de 0,02; mientras que si existe poco o nada de viento se debe tomar valores próximos o el máximo valor de 0.04.

2.4.2.3 Factor de degradación

En la realidad los paneles en la mayor parte del tiempo trabajan a temperaturas mayores a los 25°C debido a la disipación de calor que se produce en su interior; es por ello que en un diseño se debe considerar este factor de degradación con el fin de satisfacer las necesidades del consumidor. Los fabricantes dan un valor porcentual con relación a la potencia pico del panel, este valor llamado también porcentaje de pérdidas en el índice a considerar.

2.4.2.4 Potencia de salida

Conocido el valor de la temperatura de operación del panel, se puede determinar el valor de la potencia de salida mediante la siguiente relación

$$P_t = P_p (P_p * \delta * \Delta T)$$

Dónde:

P_t : Potencia de salida a la temperatura de trabajo T_t .

P_p : Potencia pico del panel a 25°C.

δ : Coeficiente de degradación.

ΔT : Incremento de la temperatura sobre los 25°C, por tanto $\Delta T = T_t - 25^\circ\text{C}$.

2.4.3 Elementos que componen un sistema fotovoltaico

Todo sistema fotovoltaico está compuesto de varios elementos necesarios para su correcto funcionamiento y control. Estos equipos son el generador fotovoltaico, el regulador e inversor de corriente, sistemas de acumulación o baterías y equipo diverso para mantener estables los sistemas de seguridad y medición.

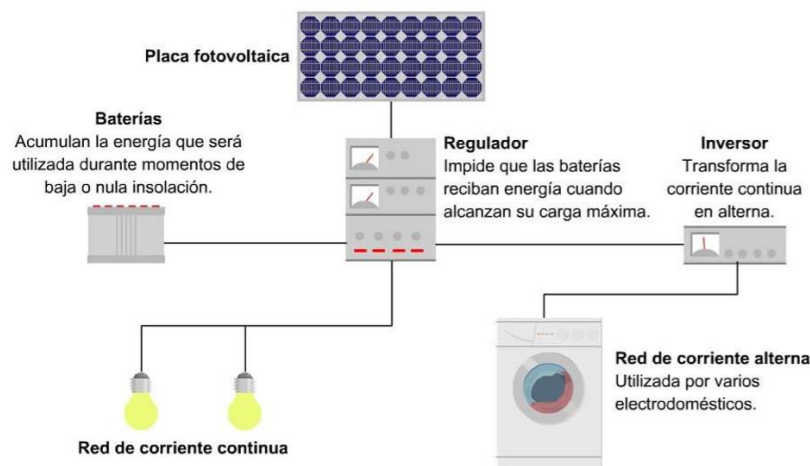


Figura 7: Equipos que componen un sistema fotovoltaico.

2.4.3.1 Panel fotovoltaico

El módulo o panel fotovoltaico es el equipo principal en toda instalación solar. Generalmente está compuesto de 36 células fotovoltaicas conectadas en serie para alcanzar una tensión suficiente para recargar baterías de 12V considerando las respectivas caídas de tensión. La potencia de salida depende exclusivamente de las características de sus celdas y su respectiva curva V-I.

Además de la célula solar existen otros elementos que conforman un panel:

- Recubrimiento exterior: Generalmente de vidrio para facilitar la capacitación electromagnética.
- Material encapsulante: Material para proteger a las celdas fotovoltaicas, elaboradas a base de siliconas transparentes y de poca degradación.
- Recubrimiento posterior: Sirve como protección y cerramiento al panel, construido de colores claros con el objetivo de reflejar la luz que ha sido atravesada en el módulo y direccionar nuevamente hacia las celdas solares.
- Conexiones Eléctricas: Se sitúan en la parte posterior del módulo, ellas deben de ser accesibles y seguras para la conexión con otros equipos.
- Marco metálico: Generalmente de aluminio o de acero inoxidable. Es el elemento externo que integra a todo el panel en un solo conjunto.

Las características eléctricas de un panel fotovoltaico se rigen a las mismas leyes que una célula solar; sin embargo, cuando se interconectan entre si las celdas pueden surgir dos nuevos fenómenos denominados “mismatch” y “puntos calientes”:

- Mismatch o pérdidas por dispersión: Sucede cuando las células que conforman el módulo fotovoltaico son distintas, presentando diversas curvas V-I. El caso produce una reducción en la potencia total del panel, inferior a la

sumatoria de potencia de cada célula individual. Puede ocasionar que, en algún punto de sus curvas, la celda empiece a funcionar como disipador.

- Puntos calientes: Fenómeno que ocurre cuando una o varias celdas fotovoltaicas conectadas en serie reciben sombra, y dejan segmentos del módulo expuestos directamente a radiación solar. El fenómeno provoca que las células sombreadas no produzcan corriente y se polaricen inversamente, por tanto, las celdas empiezan a comportarse como disipadores de energía de las células que trabajan normalmente. Esta energía es disipada a manera de calor pudiendo ocasionar daños muy severos en las mismas. Para dar solución se colocan diodos bypass para crear caminos alternativos al paso de la corriente y que trabajen como disipadores de potencia. Normalmente se colocan dos diodos por módulo para evitar caídas de tensión que representen pérdidas considerables.

La forma de interconexión entre varios módulos depende de las características de tensión, corriente y potencia que se requiera, sin embargo, es necesario indicar que no es aconsejable conectar entre si módulos de distintas características o de diferentes fabricantes. Existen tres formas de conexionado:

- Serie: La tensión total es igual a la tensión de un módulo multiplicada por el número total de unidades conectadas en series.

$$V_{\text{Generador}} = V_{\text{modulo}} * N_{\text{paneles}}$$

- Paralelo: La corriente total es igual a la corriente de un módulo multiplicada por el número de unidades conectadas en paralelo.

$$I_{\text{Generador}} = I_{\text{módulo}} * N_{\text{paneles}}$$

- Mixta: En combinación de los dos casos anteriores para ajustar los parámetros eléctricos a los requerimientos o necesidades del sistema que se diseña.

La potencia total de los módulos interconectados se calcula de acuerdo a la siguiente expresión.

$$P_{\text{Pico sistema}} = P_{\text{Pico modulo}} * N$$

Donde:

P_{ps} : Es la potencia pico del sistema de interconexión.

P_{pm} : Es la potencia pico de un módulo individual.

N : Es el número total de módulos. $N = N_{\text{serie}} * N_{\text{paralelo}}$

2.4.3.2 Acumuladores eléctricos

Por principio, la producción de energía fotovoltaica únicamente puede ser captada durante las horas de luz natural; mientras que el consumo de la misma se la realiza en mayor o menor magnitud en el transcurso de un día completo. Es por ello la necesidad de almacenar la energía eléctrica en sistemas de acumulación a fin de poder disponer de ella en momentos de poca o nula radiación solar.

La capacidad de las baterías se mide en Amperio-hora (Ah) y está influenciada por la temperatura, aumentando conforme ésta se incrementa. Es conveniente que en una instalación solar las baterías alcancen un nivel de carga superior al 90% antes de ser cortada su alimentación.

La tensión nominal de las baterías es generalmente de 12V y con una capacidad de fabricación máxima de 400 Ah. Si se requiere en algún diseño capacidades superiores es necesario colocar baterías en serie; ya sea con las mismas o con

elementos de 2V también existentes en el mercado. La capacidad se incrementa conectando en paralelo los acumuladores.

Es recomendable en su utilización que se coloquen en lugares ventilados, y siempre mantener el nivel del electrolito indicado por el fabricante.

2.4.3.3 Regulador

Este equipo es muy necesario y elemental en un sistema fotovoltaico que incluya sistema de acumulación, ya que sirve para proteger a las baterías. En el momento que el acumulador haya alcanzado su máxima capacidad de carga, el regulador corta el paso de corriente que se conecta al generador fotovoltaico. De igual manera y en sentido inverso, cuando la batería alcanza niveles críticos de descarga, el regulador desconecta la línea que alimenta la carga.

El regulador de corriente sirve además como un equipo de medición, ya que nos indica los valores de tensión y carga de la batería como valores de corriente.

Existen dos tipos de regulador, diferenciados por su forma de conexión:

- Conexión en paralelo: El control de la sobrecarga en la batería es cortocircuitando el campo fotovoltaico y la energía es disipada como calor. El nivel crítico de descarga es contrala mediante desconexión de la carga. Este tipo de reguladores es utilizado en sistemas de baja potencia.
- Conexión en serie: El control de la sobrecarga y sobre descarga en la batería es interrumpiendo el paso de corriente que une con el generador fotovoltaico o con la carga. No existe disipación de calor, por tanto, es utilizado en sistemas de mayor potencia.



Figura 8: Regulador fotovoltaico, Solar Electronics.

2.4.3.4 Inversor de corriente

El inversor es el equipo que sirve para adaptar la forma de corriente producida en el módulo fotovoltaico a la forma requerida por la carga.

La forma de corriente generada en los paneles es del tipo continua (cd) mientras que la mayor parte de las cargas en una vivienda funcionan con corriente del tipo alterna (ca); es por tanto obligatorio buscar una conversión.

La denominación de cada uno de estos equipos varía según el tipo de trabajo efectuado:

- Inversor: Transforma cd a ca.
- Convertidor: Transforma ca a cd.
- Rectificador: Modifica parámetros de cd a cd.

El inversor de corriente debe conectarse en los bornes de salida del regulador.

Un factor importante en sus características eléctricas es su potencia nominal, entendida como la potencia que es capaz de suministrar el inversor de forma continua. Estos equipos varían entre valores de 100 a 5000 W.

El rendimiento de este equipo es un aspecto que se debe tomar mucho en cuenta, debido a que si su eficiencia es muy pobre se produce elevadas cantidades de energía desperdiciadas en forma de calor.

De igual manera la forma de onda y su pureza es un aspecto de diseño en el cual debe sujetarse a los requerimientos que demande la carga; aspecto que se ve directamente influenciado en el precio del equipo.

Es recomendable para pequeñas aplicaciones como iluminación usar inversores que entreguen forma de onda cuadrada.



Figura 9: Inversor Samlex Power, 12V dc-110V ca, 60Hz, 450W.

2.4.3.5 Equipos adicionales

- Cableado: En sistemas de generación fotovoltaica es necesario incluir secciones de cable mayor a las convencionales con el fin de reducir su

resistencia óhmica y evitar pérdidas de energía. A su vez se debe considerar el tipo de cableado para el trabajo en cd o ca.

- Protecciones eléctricas: Como todo sistema eléctrico es necesario un diseño de protecciones y su respectiva coordinación. Jamás se debe utilizar elementos de ca en circuitos de cd para evitar hechos lamentables por mal funcionamiento. Además, es aconsejable incorporar los siguientes elementos:
 - a) Magnetotermicos: Conectarlos en la salida del acumulador y del inversor para que, en casos de sobrepasar el nivel de potencia máximo de la carga, desconecte ésta del sistema.
 - b) Diodos: Conectarlos en la salida del acumulador y del inversor para que, en casos de sobrepasar el nivel de potencia máximo de la carga, desconecte ésta del sistema.
 - c) Diodos de paso: Estos diodos se incluyen en el módulo por parte del fabricante; impiden que las celdas actúen como receptores cuando se dan casos de sombreado parcial en ellas.
- Aerogeneradores: Se puede aumentar la confiabilidad de los sistemas fotovoltaicos al introducir equipos eólicos. La ventaja principal es que, durante horas de la noche, los acumuladores podrían continuar su carga en momentos que exista presencia de viento. Pueden usarse generadores en ca o en cd.
- Grupos electrógenos: Son sistemas complementarios para poder abastecer la demanda producida en la vivienda. Ellos cumplen con su trabajo en momentos que no exista radiación solar y las baterías se encuentren agotadas. También son útiles en momentos que la potencia total de la carga sobrepase el límite máximo del sistema fotovoltaico. Los grupos electrógenos funcionan con combustibles fósiles.

2.4.4 Tipos de sistemas fotovoltaicos

Un sistema fotovoltaico es el conjunto de componentes que hacen posible su funcionamiento; estos sistemas presentan variaciones según sea el caso de diseño, potencia, confiabilidad y consumo de energía producida. Sin embargo, se diferencia claramente dos sistemas utilizados en una instalación fotovoltaica para una vivienda. Estos son: el sistema aislado de red y el sistema conectado a red.

2.4.4.1 Instalaciones aisladas de la red

Los sistemas aislados de red son mecanismos de diseño pensados principalmente para zonas en la cuales no exista la red pública y la demanda de energía sea abastecida únicamente con la producción del sistema fotovoltaico.

Este tipo de sistemas, se pueden dividir en dos clases: con o sin acumulación de energía; aunque los sistemas que no hagan uso de baterías son extremadamente raros, ya que el consumo únicamente será limitado a momentos con presencia de radiación solar.

En la electrificación de viviendas, el consumo puede ser demandado por cargas de corriente directa y alterna. Sin embargo, vale indicar que en sistemas fotovoltaicos es preferible usar en lo posible cargas del tipo cd para evitar pérdidas producidas por el inversor de corriente.

Las instalaciones domésticas pueden ser diseñadas de forma que el suministro de energía sea centralizado o descentralizado. El primer tipo se maneja con un generador fotovoltaico único y una línea de distribución que alimenta a cada una de las viviendas; este sistema requiere además de un inversor de corriente ya que el suministro únicamente se lo realiza en ca.

Las ventajas que proporciona este modelo es que el número de componentes se ve reducido, aunque el costo debe ser analizado sumándose el tendido de una línea de distribución más sus acometidas. El segundo sistema se compone de un generador fotovoltaico para cada vivienda; y aunque el número de módulos y equipos eléctricos aumenta, el sistema descentralizado ofrece independencia absoluta en su uso.

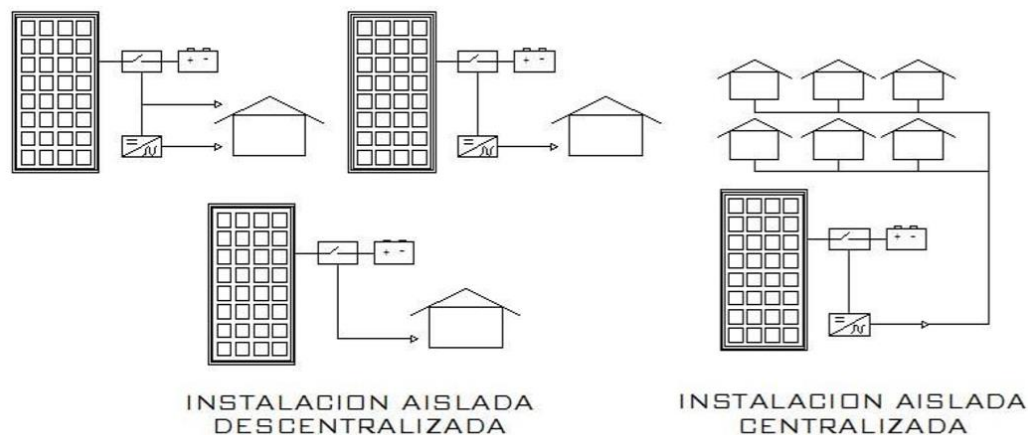


Figura 10: Instalaciones fotovoltaicas para viviendas aisladas de la red.

2.4.4.2 Instalaciones conectadas a la red

La aparición de un diseño conectado a la red fue creada con el propósito de reducir costos en el sistema ya que no cuenta con sistemas de acumulación ni reguladores, además de reducir los años de amortización en la inversión ya que la energía autogenerada se la puede vender a un precio mayor que la comprada directamente a la compañía de servicios de distribución eléctrica.

Es por ello que las instalaciones fotovoltaicas domésticas conectadas a la red se han vuelto cada vez más atractivas, además de ser un sistema más fiable desde el punto de vista de la continuidad de servicio.

La instalación debe contar con un inversor de corriente con características específicas:

- Contar con un sistema de medida de energía entregada a la red.
- Ser capaz de interrumpir y reanudar el suministro según sea la generación de los módulos.
- Adaptar eficazmente la frecuencia producida a la frecuencia de la red.

A este tipo de diseño se debe sumar las exigencias técnicas que impone la compañía de servicios según sean las normativas vigentes, y contar con mecanismos de protecciones eléctricas normalizadas.

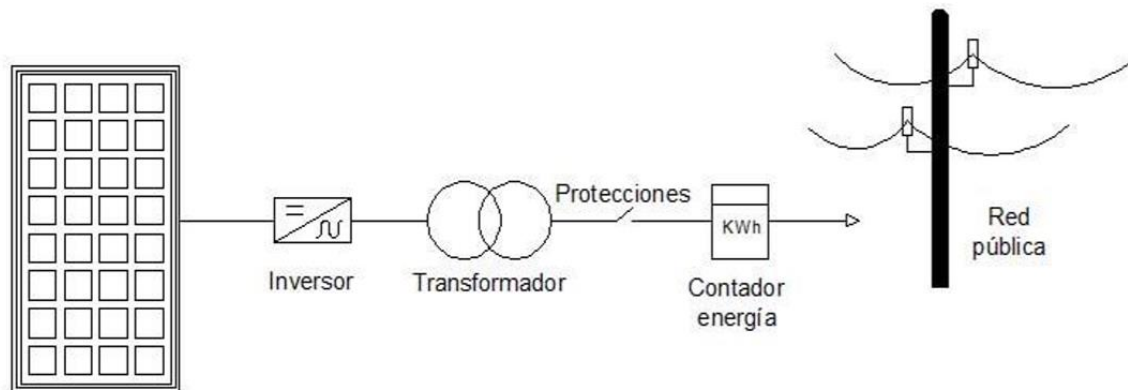


Figura 11: Instalación fotovoltaica conectada a la red.

2.4.5 Calculo de un pequeño sistema solar fotovoltaico aislado de la red

Una instalación fotovoltaica debe ser diseñada con la mayor precisión posible, de manera que el sistema no quede sobredimensionado (elevando notablemente su costo de inversión) y tampoco presente problemas de abastecimiento para las cargas que se pretende utilizar.

Existen diversos métodos con mayor o menor precisión; desde programas computacionales, hasta procedimientos manuales con varias metodologías de cálculo.

2.4.5.1 Cálculo manual

A continuación, se presenta un modelo que envuelve una recopilación de criterios de diversos autores, el cual será la guía para los cálculos a efectuar.

1) Calculo de demanda

El primer paso para dimensionar un sistema fotovoltaico es el levantamiento de la potencia consumida por todas las cargas que estén conectadas al sistema en un determinado tiempo; es decir la energía consumida diariamente.

$$Ed = \left[\frac{Ecc}{n_{reg}} + \frac{Eca}{n_{reg} * n_{inv}} \right] * 1.2 \text{ (Wh)}$$

Donde:

- Ed: Energía media diaria consumida en (Wh).
- Ecc: Energía consumida con cargas de corriente continua.
- n reg: Eficiencia del regulador, por lo general mantiene una eficiencia de 0.98.
- n inv: Eficiencia del inversor, dato ofrecido por el fabricante y está en función del tipo de onda y de la carga a la que trabaja. Se recomienda para potencias mayores a 1KVA la utilización de inversores de onda senoidal, mientras que, para potencias menores a éstas se recomienda la utilización de un inversor del tipo no senoidal, Para abaratar costos, el sistema puede funcionar correctamente con un equipo que produzca forma de onda cuadrada. Comúnmente la eficiencia se encuentra en un rango entre 0.8 a 0.92, y se

puede decir que el rendimiento va aumentando mientras más alta sea su potencia.

Finalmente, el valor de 1.2 es un factor de seguridad adicional para el sistema, capaz de cubrir el autoconsumo de las cargas y las pérdidas generales de todo el conjunto, incluyendo el comportamiento de trabajo no constante de los paneles fotovoltaicos en el transcurso del día.

- 2) Es necesario seleccionar la tensión de trabajo del sistema (V_{tr}) a corriente continua. Los equipos del sistema pueden trabajar ya sea a 12 o 24 v.
- 3) Para determinar la carga de consumo diario C_d ; dividimos la energía consumida para la tensión de trabajo. Este parámetro se dimensiona en Ah.

$$C_d = \frac{E_d}{V_{tr}} \quad (\text{Ah})$$

- 4) La potencia total consumida será igual a:

$$P = \sum (P_{cd} + P_{ca}) * F_{util}$$

F útil: Es el factor de utilización de demanda. En sistemas fotovoltaicos este factor es igual a 1.

- 5) En sistemas de captación solar es importante determinar el número de horas efectivas que equivalen a la radiación total diaria captada en la zona de diseño. Este concepto se denomina Hora Solar Pico HSP.

$$H.S.P. = \frac{1 \propto \left(\frac{Kj}{m^2}\right) * 1000 \left(\frac{j}{Kj}\right) * \frac{1}{3600} \left(\frac{h}{seg}\right)}{1000 \left(\frac{W}{m^2}\right)} \quad (\text{hrs})$$

Donde 1α es la radiación solar promedio correspondiente a la zona de análisis.

Este valor se lo puede determinar de la siguiente forma:

- Obtener un valor promedio, ya sea diario o mensual de la irradiación que se presenta en la zona geográfica.
 - Adoptar el valor menos significativo correspondiente al mes del año con menor radiación solar captada.
- 6) En este diseño se considera la inclinación y orientación del módulo mediante los siguientes criterios:
- En lo referente a su orientación; las zonas localizadas en el Hemisferio Sur deben ubicar los captadores con su cara frontal en dirección al Norte. Mientras que los puntos geográficos localizados en el Hemisferio Norte deben colocar los módulos con dirección al Sur.
 - En cuanto a la inclinación, se acepta como válida el valor correspondiente a su Latitud Geográfica; recomendado la adición de 10° para ofrecer auto limpieza del panel.
- 7) Un paso importante es determinar la potencia del inversor, para lo cual se debe conocer el consumo de las cargas, y además considerar la potencia de arranque de ciertos artefactos o electrodomésticos que en muchos casos es bastante elevada. Esta potencia pico que aguanta el inversor es conocida con el nombre de SURGE.

Para el dimensionamiento de inversor, se reemplaza la potencia nominal del artefacto por la potencia de arranque del mismo, y en el caso de existir varias cargas que tengan una potencia de arranque considerable, debemos tomar únicamente la mayor de ellas para el cálculo.

- 8) Se selecciona el tipo de panel y el tipo de batería con la que se va a trabajar, con ello y con ayuda de sus catálogos (datasheets) se obtiene ciertas características necesarias para el cálculo:



contacto@ittg.edu.mx

Carretera Panamericana Km. 1080, C.P. 29050, Apartado Postal: 599,

Tel. (961)61 5 04 61 Fax: (961)61 5 16 87

- Para el panel.
- Voltaje del módulo V_m .
- Voltaje pico-pico del módulo V_{pp} .
- Potencia pico-pico del módulo P_{pp} .
- Corriente pico del módulo I_{pm} .

Para la batería:

- Voltaje de trabajo de la batería V_B
- Capacidad de la batería C_D .

Como recomendación, los paneles y baterías que formaran sus respectivas interconexiones deben de ser de las mismas características y fabricante.

9) Una vez determinados los equipos, se procede al análisis de sus configuraciones:

- Numero de paneles en serie N_s :

$$N_s = \frac{V_{tr}}{V_m}$$

- Numero de paneles en paralelo N_p :

$$N_p = \frac{C_d}{I_{pm} * H.S.P.}$$

10) Ahora se dimensiona la capacidad del banco de baterías C_B :

$$C_B = \frac{C_d * A}{P_f}$$

Donde:

A: Días de autonomía con los que se quiere contar; también hace referencia a los días en los cuales exista muy poca radiación solar. Mientras mayor sea la autonomía

considerada en el diseño, mayor será el número de baterías a instalar. Es recomendable no exceder este valor de tres días.

Pf: Profundidad de descarga máxima, por lo general la profundidad de descarga debe estar por el 50%; en el caso de llegar a descargas del 80%, se denomina descargas profundas, las cuales acortan la vida útil de los acumuladores. Los valores típicos son:

- 0.6 para baterías plomo-acido estacionaria.
- 0.4 para baterías plomo-acido arranque.
- 0.5 para baterías plomo-acido sin mantenimiento.
- 1 para baterías de alcalina cadmio-Níquel.

11) Aparece además un concepto denominado profundidad de descarga diaria Pf diaria, la cual es constante según el tipo de batería que se ha seleccionado:

- 0.2 para baterías plomo-acido estacionaria.
- 0.2 para baterías plomo-acido arranque.
- 0.15 para baterías plomo-acido sin mantenimiento.
- 1 para baterías de alcalina cadmio-Níquel.

Con esta profundidad de descarga diaria se debe cumplir la siguiente condición:

$$C_B \geq \frac{Cd}{p_f \text{ diaria}}$$

Al no cumplirse esta relación; se escoge el valor de la expresión de la derecha para los siguientes pasos.

12) El número de baterías en serie depende de la relación existente entre el voltaje del sistema para el voltaje de la batería, es decir:

$$\# \text{ baterias serie} = \frac{V_{tr}}{V_B}$$

13) El número de baterías en paralelo se calcula considerando la capacidad del banco (valor máximo de la desigualdad del paso 11) y la capacidad de la batería:

$$\# \text{ baterias en paralelo} = \frac{C_B}{C_D}$$

14) Por último, se debe elegir el tipo de Regulador:

$$I_r = \frac{W_p}{V_{max}} \quad \text{Ó} \quad I_r = I_{PG} = Np * i_{PM}$$

Donde:

I_r : Corriente a soportar el regulador.

W_p : Potencia pico generada por los paneles.

V_{max} : Voltaje máximo en los paneles.

I_{PG} : Corriente pico del conjunto de paneles.

i_{PM} : Corriente pico de cada módulo.

15) Para finalizar el cálculo, se dimensiona la sección de los conductores a utilizar, teniendo en consideración un límite de caída de tensión que está en un rango del 1 al 3%, si el conductor es de cobre:

$$S = \frac{2 * I * L}{56 * \Delta V}$$

Donde:

I: Corriente máxima que puede circular por el conductor, en (Amp).

L: Longitud del conductor, en (metros).

ΔV : Caída de tensión aceptable en el conductor.

56 es debido a la conductividad del cobre.

Se recomienda colocar una protección mínima para los distintos elementos de la instalación en general, lo más simple es dimensionar fusibles.

Si por alguna razón el panel se llegara a colocar en un tejado, está en un sistema de seguimiento, o de alguna forma los paneles tienen una inclinación diferente a la descrita en el cálculo anterior se debe tomar la siguiente consideración:

a) Hora solar pico a una inclinación β ($hsp\beta$)

$$HSP_{\beta} = \frac{R_B}{I_{\beta(CEM)}} = \frac{R_0 * K_{\beta}}{I_{\beta(CEM)}}$$

Donde:

B: Angulo de inclinación en grados.

R₀: valor medio mensual de radiación sobre la superficie horizontal (KWh/m² día).

R_B: Valor medio mensual de radiación sobre el panel fotovoltaico con un ángulo de inclinación β (KWh/m² día).

K _{β} : Coeficiente corrector en función de β .

HSP: Hora Solar Pico, a 1000 W/m².

I _{$\beta(CEM)$} : Potencia de radiación incidente en (W/m²) para STC o CEM.

STC (Standar Test Condition), o en español llamadas CEM (Condiciones Estándar de Medida), para los sistemas fotovoltaicos, las cuales establece, que para fabricantes de módulos se tiene una distorsión del $\pm 3\%$ al $\pm 10\%$ sobre su potencia nominal.

- b) Para evitar sombras entre paneles debido a una inclinación de los mismos, la distancia mínima será:

$$d = \frac{h}{\tan(67^\circ - \text{Latitud})}$$

Donde:

d: Separación de tres filas.

h: Altura del obstáculo, la diferencia de altura entre la parte alta de una fila, con la baja de otra.

2.4.5.2 Calculo computacional

El Centro de Estudios de la Energía Solar (Censolar), con más de 30 años de experiencia en el sector, ofrece diversos cursos de formación profesional en el área de las energías no convencionales, específicamente en la rama de la energía solar.

Con su mejor y más reconocido “Curso de Projectista Instalador de Energía Solar”, en el cual como material didáctico incluye el programa computacional Censol 5.0 el cual, además de cálculos de diseño ofrece guías de estudio y análisis del aprovechamiento energético de la radiación solar.



Figura 12: Programa computacional Censol 5.0

CAPITULO 3: DESARROLLO

3.1 Planteamiento del problema

Para dar solución al objetivo general en este proyecto, se desarrolló el análisis para el ahorro de energía eléctrica mediante la aplicación de paneles solares. La dirección general de Comisión Federal de Electricidad transmisión.

La gerencia regional de transmisión sureste, en el año 2017 tuvo un consumo de energía eléctrica de 709,008 kWh anuales, la cual implica el consumo de aires acondicionados, iluminación, contactos, bombas, así como aparatos eléctricos y electrónicos.

En el año 2018 la gerencia regional de transmisión sureste tuvo una disminución en el consumo de la energía eléctrica, su consumo fue de 642,509 kWh anuales, como se puede observar si hubo una disminución considerable en el consumo de energía eléctrica, pero aún se sigue con el objetivo de disminuir más el consumo.

Actualmente en lo que va del año 2019 se lleva un consumo de 255,231 kWh, pero como cada año también se pretende disminuir el consumo de energía eléctrica, a continuación, se mostraran los datos de consumo de cada mes de los años 2017, 2018 y parte del 2019. Se mostrará una tabla comparativa de los últimos dos años, así como el consumo que tuvieron por cada mes del año en cuestión.

	2017	2018	2019
MES	kWh	kWh	kWh
ENERO	53,256	43,369	43,768
FEBRERO	55,946	49,665	45,651

MARZO	65,929	57,890	51,472
ABRIL	60,851	57,857	53,276
MAYO	67,017	61,639	61,065
JUNIO	61,309	54,809	
JULIO	63,628	60,988	
AGOSTO	64,199	60,092	
SEPTIEMBRE	58,577	54,313	
OCTUBRE	58,559	53,555	
NOVIEMBRE	53,584	48,032	
DICIEMBRE	46,153	40,300	
TOTAL	709,008	642,509	255,231

Tabla 7: consumo de energía eléctrica indicada por cada mes.

Como se puede observar la tabla, en el año 2017 en comparación del año 2018 tiene una disminución en el consumo, y fue posible reducir su consumo en cada mes del año 2018 en comparación del 2017.

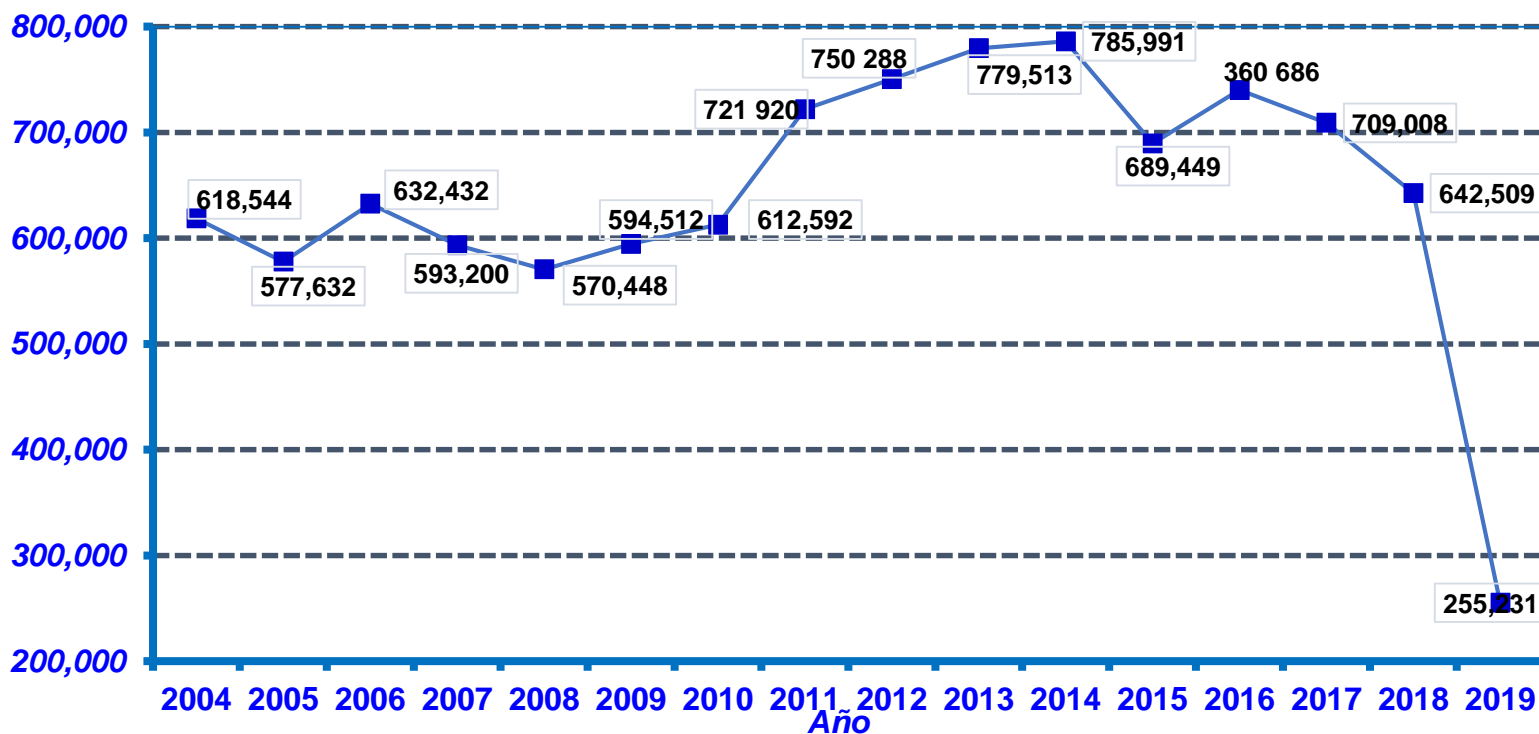
Actualmente en el año 2019 también se puede observar una disminución en el consumo de la energía eléctrica con respecto al año pasado y se pretende seguir así hasta que finalice el año.

Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez

La mayor problemática que presentan las edificaciones es que por cuestiones laborales y equipos que son indispensables para el funcionamiento del mismo tienen que estar encendidos la mayor parte del día y noche y muchos otros tienen que estar encendidos y operando todo el tiempo.

Otra problemática que surge es por la estructura del edificio, así como las pocas entradas de luz que tiene, la iluminación también se necesita que esté funcionando todo el día.

A continuación, se presenta una gráfica en la cual es un historial del consumo de energía eléctrica de los últimos 15 años.



Gráfica 4: Gráfica de consumo anual de energía eléctrica.

Como se muestra en la gráfica anterior siempre se ha procurado de reducir el consumo de energía eléctrica, pero si bien con el paso de los años tanto los equipos,



así como la infraestructura ha ido en crecimiento naturalmente el consumo de la energía eléctrica también tiende a aumentar.

El proyecto considera la implementación de paneles solares, para poder reducir los costos en el consumo de energía eléctrica.

3.2 Ubicación geográfica

El proyecto de ahorro de energía eléctrica mediante la implementación de paneles solares en comisión federal de electricidad gerencia regional de transmisión sureste ubicada en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

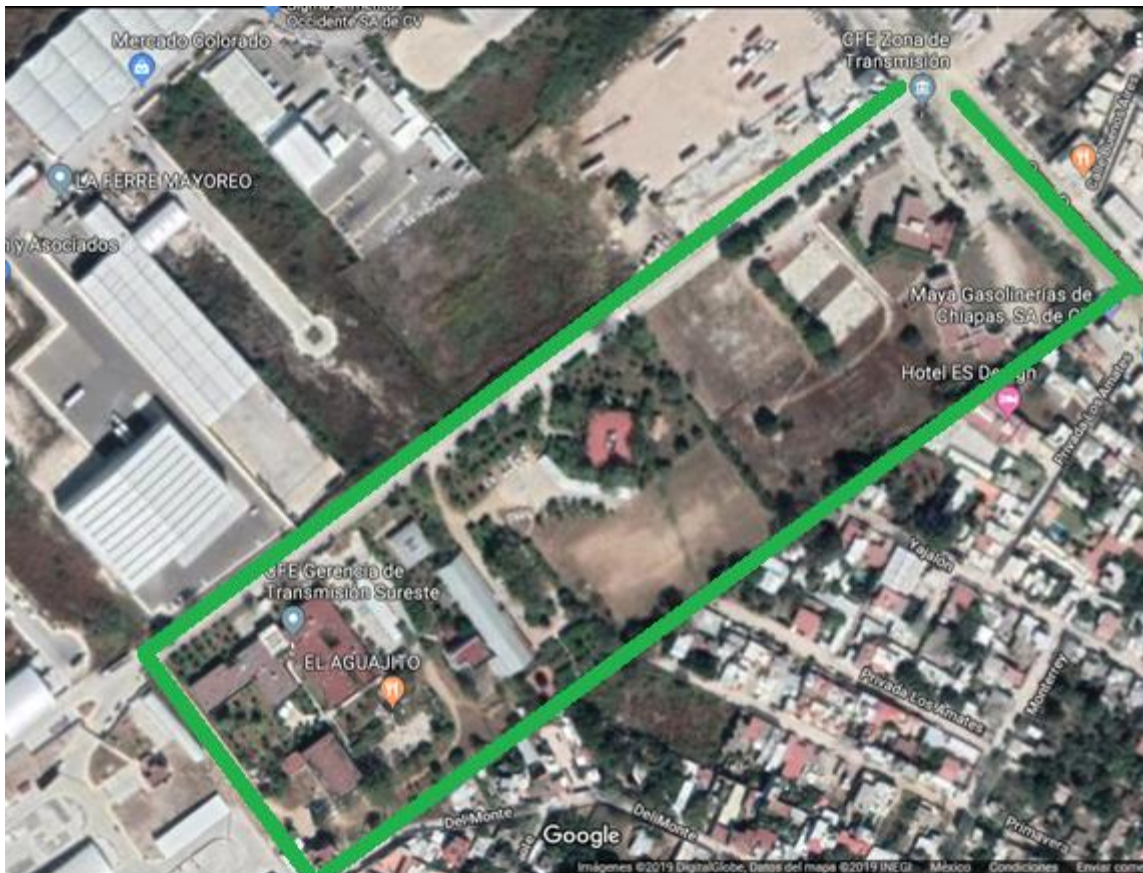


Figura 13: Ubicación de la gerencia regional de transmisión sureste.

3.3 Dimensión del proyecto

La ejecución para el desarrollo y de ese modo cumplir con los objetivos establecidos del proyecto, se necesita una cantidad determinada de paneles que más adelante mediante fórmulas establecidas veremos la cantidad que se requerirá.

En la gerencia regional de transmisión sureste en Tuxtla Gutiérrez, con respecto al año pasado presentan un consumo de energía eléctrica promedio de 53,542 kWh mensuales, es decir, aproximadamente se consume 1,784 kWh diarios, con los paneles solares se podrá cubrir la demanda de energía eléctrica.

En la siguiente tabla se muestra el consumo mensual, así como el consumo aproximado diario del año 2018 en la gerencia regional de Tuxtla Gutiérrez.

2018		
MES	kWh	Diario
ENERO	43,369	1,445 kWh
FEBRERO	49,665	1,655 kWh
MARZO	57,890	1,929 kWh
ABRIL	57,857	1,928 kWh
MAYO	61,639	2,054 kWh
JUNIO	54,809	1,827 kWh
JULIO	60,988	2,033 kWh

AGOSTO	60,092	2,003 kWh
SEPTIEMBRE	54,313	1,810 kWh
OCTUBRE	53,555	1,785 kWh
NOVIEMBRE	48,032	1,601 kWh
DICIEMBRE	40,300	1,343 kWh
TOTAL	642,509	Promedio mensual 53,542.41 kWh

Tabla 8: consumo de energía eléctrica año 2018.

Como se puede observar la tabla, el mes de mayo ha sido en el que tuvo mayor consumo de energía eléctrica, al implementar el uso de paneles solares en la gerencia regional tendría un impacto significativo para el cual se puede aprovechar para reducir los costos del consumo de energía eléctrica.

3.4 Sistema fotovoltaico

De acuerdo a la propuesta del proyecto que consiste en el ahorro de energía eléctrica mediante la implementación de paneles solares, antes de realizar cualquier de instalación de este tipo primeramente hay una serie de cuestiones que hay que tomar en cuenta para la óptima implementación de este tipo de sistemas de energía alternas.

3.4.1 Cantidad de paneles solares a utilizar

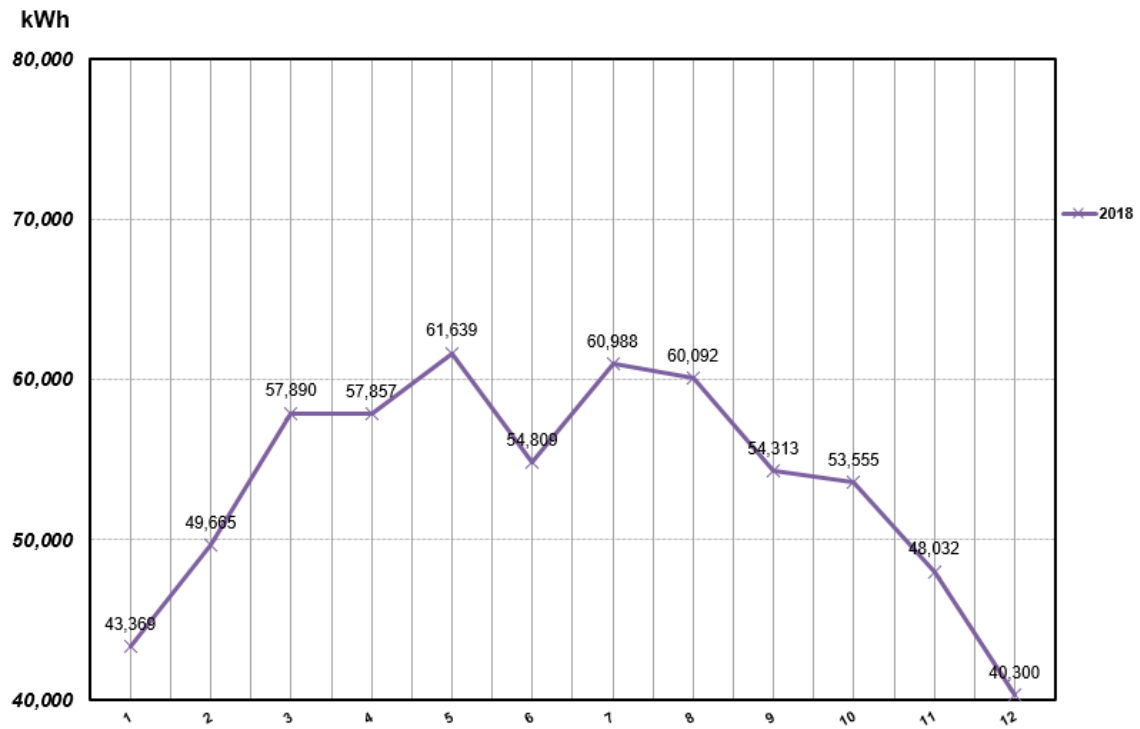
De acuerdo a la cantidad de energía gastada en el año 2018 pudimos obtener lo que se consume mensualmente y con esos datos podemos saber la cantidad de

contacto@ittg.edu.mx

Carretera Panamericana Km. 1080, C.P. 29050, Apartado Postal: 599,

Tel. (961)61 5 04 61 Fax: (961)61 5 16 87

kWh que se consumen al día, en la siguiente grafica se observa el consumo que tuvieron.



Grafica 5: Consumo de energía eléctrica 2018.

Como se observa en la gráfica no todos los meses se tiene un consumo constante, sino que varía de dependiendo de la estación del año, en este caso vamos a sacar un valor promedio del consumo de energía eléctrica, para eso haremos una pequeña operación:

$$\text{sumatoria del consumo de cada mes} \div \text{meses del año} \\ = \text{consumo promedio mensual (kWh)}$$

$$642,509 \text{ kWh/año} \div 12 = 53542.41 \text{ kWh promedio mensual}$$

Una vez que obtuvimos el consumo promedio mensual tenemos que sacar el consumo promedio diario que sería dividir el consumo promedio mensual.

$$53542.41 \text{ kWh/mes} \div 30 = 1,784.7472 \text{ kWh/día}$$

De acuerdo a los valores que ya tenemos para calcular la cantidad de paneles solares que nuestra instalación necesitara para poder cubrir la demanda de energía eléctrica diaria se haría una operación la cual se muestra a continuación:

Se debe de multiplicar el consumo diario por 1000 para obtener nuestro valor en watts:

$$1,784.7472 \text{ kWh} \times 1000 = 1,784,747.2222 \text{ watts}$$

Una vez que tenemos nuestro valor en watts tenemos que hacer otra operación en donde tenemos que dividir nuestro resultado entre 5 que son las horas promedio de irradiación en donde nuestro panel captara la mayor parte de energía solar.

$$1,784,747 \div 5 = 356,949.4 \text{ watts}$$

Finalmente, una vez que hicimos estas operaciones, ahora nuestro resultado se tiene que dividir entre el valor del panel solar que decidamos poner, en este caso se utilizaran paneles de 330 watts.

$$356,949 \text{ watts} \div 330 \frac{\text{watts}}{\text{panel}} = 1,082 \text{ paneles de 330 watts}$$

3.4.2 Equipos necesarios para el sistema fotovoltaico

Una vez hecha la selección de paneles que se van a emplear se necesita tomar en cuenta los diferentes equipos que se van a utilizar para este tipo de sistema, para poder tener una instalación y de la misma manera equipos en buenas condiciones y que trabajen de manera óptima se tiene que seleccionar de acuerdo a las necesidades de la instalación.

3.4.2.1 Panel solar

Como uno de los principales equipos que hay tener que en cuenta el panel solar es un dispositivo que aprovecha la energía del sol y que puede tener diferentes funciones en este caso se utilizara para generar energía eléctrica, cada panel solar consta con muchas celdas o células fotovoltaicas que convierte la radiación solar en electricidad.

Los materiales más comunes para fabricarlos son arseniuro de galio y el silicio, este último tiene un coste de fabricación menor por lo que son más comunes y su uso.

Se pueden clasificar los paneles dependiendo de sus características de la siguiente manera:

- Células de silicio monocristalino: Está constituido por un solo cristal, son las más avanzadas y su costo de producción es mayor, pero ofrecen una eficiencia superior.



Figura 14: Células de silicio monocristalino.

- Células de silicio policristalino: Están construido por varios cristales, con la ayuda de las últimas técnicas de fabricación ya otorgan una mayor uniformidad al aspecto de la célula.

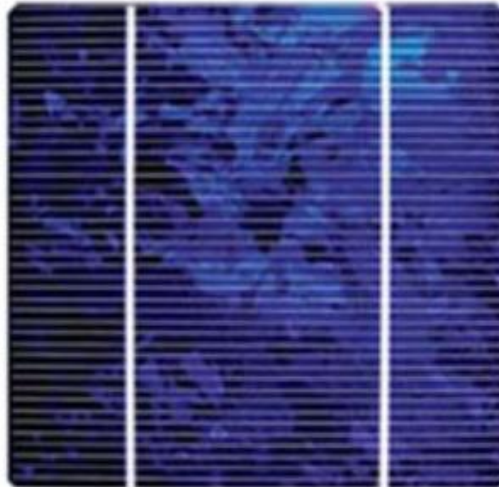


Figura 15: Célula de silicio policristalino.

- Células de silicio amorfo: No está formada por cristales, es la más barata en cuanto a la producción y de la misma manera las menos eficientes y se usan para objetos como calculadores o relojes.

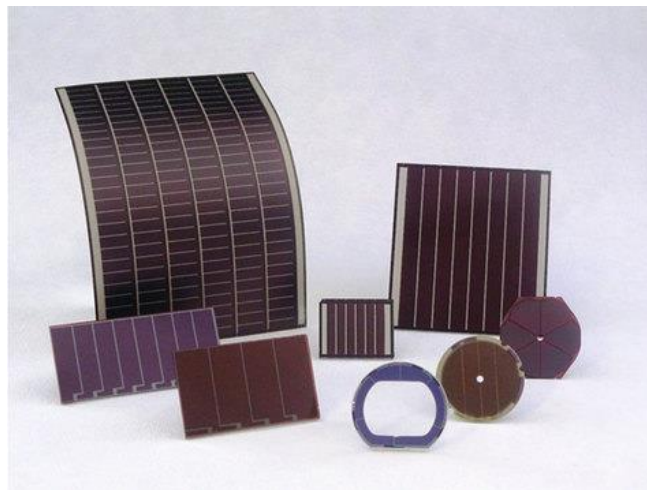


Figura 16: Célula de silicio amorfo.

3.4.2.2 Inversor

El inversor es un dispositivo el cual tiene como función el cambiar el voltaje de entrada de corriente continua CD a un voltaje de salida en corriente alterna CA, con la magnitud y frecuencia deseada por el usuario. Tienen una gran cantidad de aplicaciones desde pequeñas hasta industriales.

Los inversores también se utilizan para convertir la corriente directa generada por fuentes de energía renovables como las que conocemos actualmente, paneles solares, generadores eólicos entre otros, y de esa manera pueden ser inyectados en la red eléctrica o usados en instalaciones eléctricas aisladas.

El inversor es uno de los elementos principales en una instalación de energía solar ya que transforma la energía para poder ser utilizada en nuestras casas o en industrias o incluso puede ser inyectada a la red eléctrica.

Los inversores tienen diferentes modelos y diseños para ser utilizados como nuestra instalación lo requiera, a continuación, se presentan algunos modelos de inversores, así como sus características:

- Inversores de onda modificada.
- Inversores de onda sinusoidal pura.
- Inversores de onda sinusoidal pura para interconectar con la red.
- Inversor/cargador de onda sinusoidal pura (hibrido para aplicaciones fuera de red y para interconectar con la red).

3.4.2.3 Sistema de tierra

Esto consiste en unas conexiones de las zonas conductoras expuestas hacia algún punto no energizado, estas se emplean en las instalaciones eléctricas como una medida de seguridad, en caso de un fallo donde un conductor energizado haga

contacto con una superficie conductora expuesta o un conductor ajeno al sistema hace contacto con él, la conexión a tierra reduce el riesgo tanto para los humanos, así como cualquier animal que puedan llegar a tocar la superficie conductora de los aparatos.

Para poder instalar este tipo de sistema a tierra primeramente se debe de medir el terreno en donde se colocará la puesta a tierra, así dependiendo del valor que se obtenga veremos si tiene un buen valor de la resistencia de la tierra. Algunos factores que hay que tomar en cuenta son: composición del terreno, temperatura, humedad entre otros.

3.4.2.4 Estructura para paneles solares

Estas estructuras sirven para poder colocar los paneles solares en las superficies en donde se van a instalar, dependiendo de la cantidad de paneles solares se tiene que instalar las bases, estas deben de instalarse con ciertas especificaciones por ejemplo con el ángulo de inclinación con el que tiene que ir el panel solar, por ejemplo, en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez al corroborar la altura y otros factores como el punto por donde sale el sol, se establece que los paneles solares deben de ir con una inclinación de 15° con respecto a donde sale el sol.

Esto es para poder obtener una mayor eficiencia y de ese modo poder aprovechar las horas pico de máxima radiación solar, lo cual se traduce a una mejor producción de energía eléctrica por panel solar.

3.4.2.5 Conexiones (cableado)

Para esta instalación se necesita un cableado específico para poder realizar todas con conexiones que sean necesarias, tanto como de los equipos que serán de utilidad para este sistema, así como de los mismos paneles solares.

En este caso se necesitará un conductor especial con el cual se procederá a relazar todas las conexiones de los paneles solares, además también se utilizará cables para realizar la conexión al inversor central.

3.4.2.6 Puente de diodos o diodos de protección

Los diodos de protección para un sistema de paneles solares tienen una función muy importante ya que estos protegen a los paneles solares de cualquier riesgo, ya sea por algún efecto de punto caliente que pueden reducir la eficiencia del panel solar, así como protegen de fallos como descargas eléctricas, o durante alguna falla estos paneles estén protegidos, y en caso de algún evento inesperado lo más importante es proteger tanto los paneles como los demás equipos.

3.4.2.7 Caja combinadora

La caja combinadora es un dispositivo que nos sirve para realizar la unión de dos o más cadenas de paneles solares. Para poder realizarlo se tiene que hacer la unión de los conductores positivos y conductores negativos de las cadenas de paneles solares para de este modo poder formar únicamente un solo par de conductores de salida.

Al realizar este procedimiento y tener un solo par de conductores de salida nos permite ahorrar dinero en cableado y a la vez hace más simples las labores de mantenimiento.

3.4.2.7.1 Elementos principales de una caja combinadora

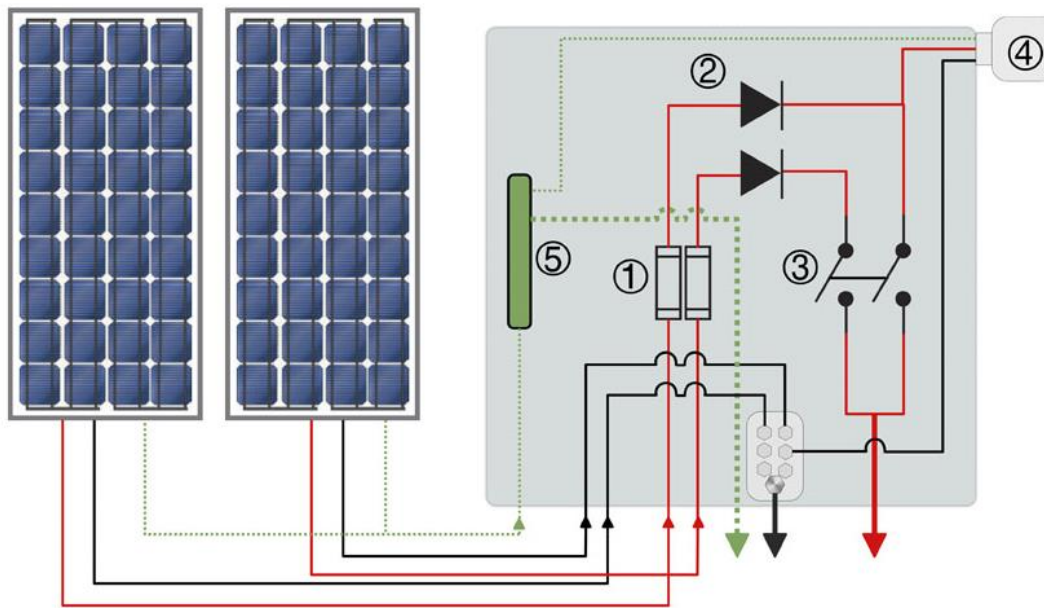


Figura 17: elementos principales de una caja combinadora.

1. Fusibles: este elemento de protección nos ayuda contra sobrecorriente y debe de ser dimensionado a un valor no menos del 125% de la corriente del conductor.



Figura 18: Fusible de protección para aplicación fotovoltaica.

2. Diodo de bloqueo: este dispositivo reduce las pérdidas por sombras en los módulos, su funcionamiento nos permite obtener una mejor eficiencia y una mayor protección de los elementos.



Figura 19: Diodo de bloqueo.

3. Seccionador: Es un medio que permite abrir el circuito de operación de los módulos en caso de que se tenga que realizar alguna supervisión o mantenimiento.



Figura 20: seccionador o desconectador.

4. Protección de sobretensiones o apartarrayos: Esta protección ayuda al sistema en caso de cuando ocurre una descarga eléctrica atmosférica y este drena la descarga hacia la tierra protegiendo así los elementos del sistema.

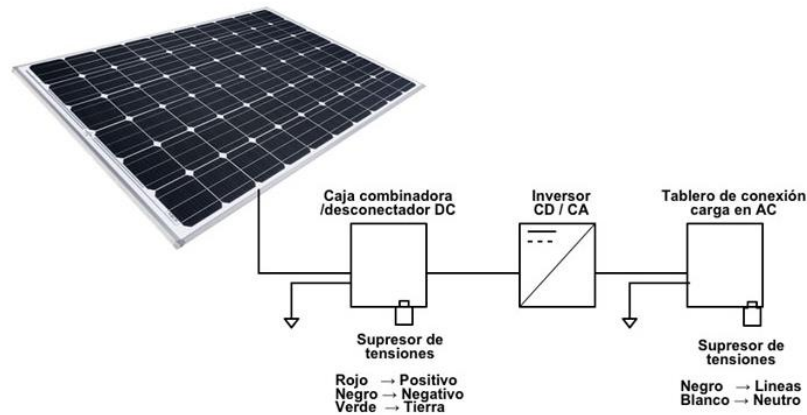


Figura 21: diagrama de conexión y ubicación del supresor de tensión.

5. Barra de tierra: Este elemento tiene como función conectar todos los conductores de puesta a tierra dependiendo de la cantidad de arreglos que se tenga.



Figura 22: barra de tierra.

3.4.2.9 Presupuesto

De acuerdo a los equipos que se necesitan para realizar la implementación del sistema fotovoltaico se realizó un presupuesto de los materiales y todo lo necesario para dicho sistema, incluyendo el modelo, costo y cantidad requerido.

- Estructura para paneles solares

De acuerdo a la ubicación geográfica en la cual nos ubicamos las estructuras del panel solar deben de tener una inclinación de 15° .

Para este proyecto se ha tomado la estructura de la marca PV modelos PV-2 que nos sirve para poder colocar dos paneles por estructura:



Figura 23: Estructura para panel solar marca PV.

Su precio unitario es de **\$2,881.92 M.N.**, como nos sirve para dos paneles se necesitaría unas 541 piezas para todos los paneles necesarios. Lo cual daría un total de **\$1,559,118.72 M.N.**

- Panel solar

Para este proyecto se tomó en cuenta un panel solar de 330 watts, como sabemos de acuerdo a las estructuras los paneles deben de ir a una inclinación de 15° para aprovechar su máxima eficiencia en la generación de energía.

En este caso se cotizo un panel solar de la marca Conermex, el modelo es solar ege-330p-72 policristalino.



Figura 24: Panel solar Conermex de 330 W.

Su precio unitario es de **\$3,500.00 M.N.**, dado los cálculos realizados con anterioridad tenemos un resultado de que se necesitan 1,082 paneles para poder satisfacer el 100% de la demanda consumida.

Lo cual el total por todos los paneles solares sería de **\$3,787,000.00 M.N.**

- Inversor

En este caso se tomó en cuenta el inversor de la marca Fronius, ya que, por su buena función, así como la calidad de sus equipos son los más adecuados para realizar este proyecto. El modelo usado es Fronius Symo 24.0-3 480, su precio unitario es de **\$150,000.00**



Figura 25: inversor Fronius Symo 24.0-3 480.

En este caso dada la cantidad de paneles a implementar se utilizará 62 inversores por lo cual el precio total sería de **\$9,300,000.00 M.N.**

- Conductores

Para realizar todas las conexiones necesarias tanto entre los paneles, así como los inversores y todo lo implicado se necesitará una cantidad aproximada de 1,250 metros de calibre 10 lo cual implica un costo de **\$43,633.40 M.N.**



Figura 26: Cable para celdas solares MXCSN-001-006.

- Caja combinadora

La caja combinadora que se utilizara es de la marca Conermex y el modelo es CCD-4S-TL, el precio es de **\$4,501.38 M.N.**



conermex

Figura 27: Caja combinadora Conermex.

- Diodos de protección para los paneles solares

Para las protecciones de los paneles solares se usará estas cajas de conexión para panel solar de la marca IQ Energía Solar, el precio unitario es de **\$244.00 M.N.**

Se necesitarán 1,082 respectivamente para cada panel solar lo cual será un total de **\$264,008.00 M.N.**



Figura 28: Diodo de protección para panel solar.

Con estos materiales y la suma de todos los equipos necesarios se obtendría un total de aproximadamente **\$14,958,261.50 M.N.**

3.4.3 Diagrama unifilar del sistema fotovoltaico

De acuerdo a los equipos que son necesarios se a continuación se realiza un diagrama unifilar del sistema fotovoltaico.

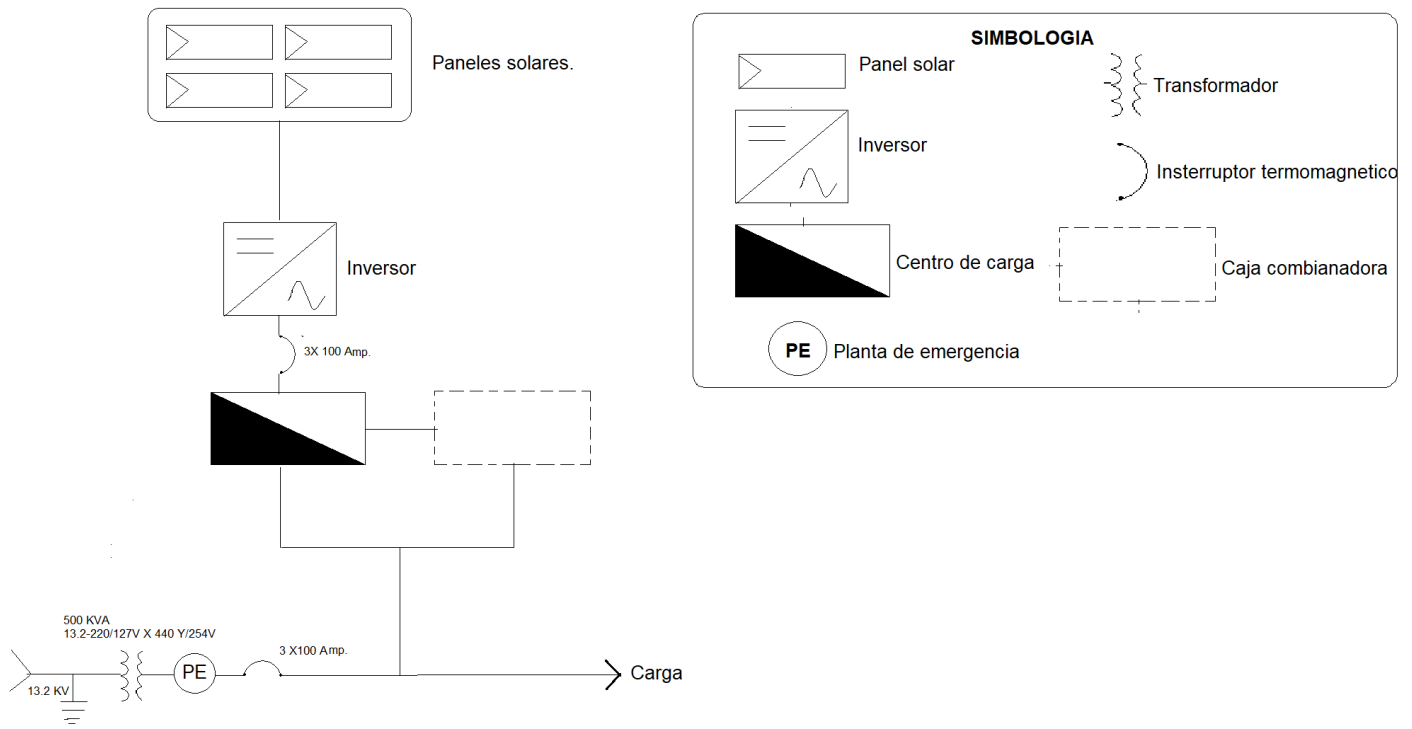


Figura 29: Diagrama unifilar de un sistema fotovoltaico.

CAPITULO 4: Resultados

Con base a la información y los análisis que se obtuvieron, en la dirección general de transmisión, gerencia regional de transmisión sureste en Tuxtla Gutiérrez, se obtuvo los datos de consumo y de acuerdo a eso se llega al resultado que la implementación de paneles solares es viable.

Con esto se puede cumplir el propósito del proyecto que es la reducción del consumo de energía eléctrica mediante la implementación de paneles solares, con esto se determina que si se vería un ahorro en los gastos del consumo eléctrico.

4.1 Retorno de inversión

De acuerdo a la cantidad de la inversión que se necesita para llevar a cabo el proyecto se necesita saber el tiempo de retorno de la inversión para saber si será algo a corto, mediano o largo plazo.

Para obtener ese resultado se necesita realizar ciertos cálculos, en este caso ya que la empresa se trata de Comisión Federal de Electricidad no se pudo obtener un dato exacto de la facturación mensual o bimestral, por esa razón se tuvo que hacer un aproximado con los datos que se pudieron recopilar.

Por lo cual se llegó a un a aproximado que la factura bimestral tomando en cuenta la tarifa sería de **\$1,397,239.74 M.N.**

La fórmula para saber el retorno de inversión se expresa de la siguiente manera:

$$PRI = \text{inversion total} / \text{recuperacion anual} = \text{tiempo en años}$$

$$PRI = 14,958,261.50 / 1,397,239.74 = 10.70 \text{ años}$$

En este caso el proyecto tomaría unos 10 – 11 años en recuperar la inversión total.

CAPITULO 5: Conclusiones

De acuerdo a todo el trabajo realizado en transcurso de este reporte, así como prácticas de residencia, gracias a los avances tecnológicos y más en el ámbito de la energía eléctrica, gracias a eso se ha podido realizar este proyecto, con el fin de que en las instalaciones se reduzca el consumo de la energía eléctrica con la ayuda de los paneles solares y eso conllevaría a reducir los costos de la facturación.

Una vez analizadas todas las características, así como los equipos que se deberán utilizar, una vez realizado las cotizaciones, así como el cálculo de retorno de inversión se considera que dada la magnitud y costo del proyecto es viable realizar su desarrollo.

Al analizar los factores que se necesitan para poder optar con este tipo de sistemas y ver que es posible aplicarlos, se llega a la conclusión que instalar un sistema de paneles solares para el ahorro de energía sería algo favorable ya que cuenta con lo necesario para que sea una buena inversión y de ese modo optar por energías renovables.

Bibliografía

- [1] F. M. C. I. Y. S. C. Filemón Arenas Rosales, «itcelaya,» 2017. [En línea]. Available: <http://itcelaya.edu.mx/ojs/index.php/pistas/article/view/906>. [Último acceso: 22 Julio 2019].
- [2] R. C. T. Flores, «scielo,» Agosto 2018. [En línea]. Available: <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1665->

952X2018000200151&script=sci_arttext&tlng=en. [Último acceso: 22 Julio 2019].

[3] P. D. C. A. M. M. L. S. Karly Vanessa Pájaro Vargas, «jovenesenlaciencia,» 23 Noviembre 2018. [En línea]. Available: <http://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/2554>. [Último acceso: Julio 2019].

[4] A. P. L. Rodrigo Pérez Ramírez¹, «chapingo,» 20 Junio 2011. [En línea]. Available: <https://www.chapingo.mx/revistas/revistas/articulos/doc/inagbi31192.pdf>. [Último acceso: 22 Julio 2019].

[5] D. B. Hidalgo, «scielo,» Diciembre 2015. [En línea]. Available: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612015000400002. [Último acceso: 22 Julio 2019].

[6] J. C. C. D. M. H. P. Juan Carlos Cruz Ardila, «Universidad de La Rioja,» 2013. [En línea]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5466453>. [Último acceso: 22 Julio 2019].

[7] A. J. O. Castro, «Inge cuc,» Diciembre 2010. [En línea]. Available: <https://revistascientificas.cuc.edu.co/ingecuc/article/view/296>. [Último acceso: 26 Abril 2019].

[8] W. F. S. V. J. C. Mogrovejo León, «Repositorio Institucional Univeridad de Cuenca,» 2011. [En línea]. Available: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/jspui/handle/123456789/681>. [Último acceso: 29 Abril 2019].

[9] A. E. Solutions, «Autosolar,» 19 Abril 2015. [En línea]. Available: <https://autosolar.es/blog/aspectos-tecnicos/que-es-un-panel-solar>. [Último acceso: 17 Junio 2019].

[10 R. G. Márquez, LA PUESTA A TIERRA DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y] EL R.A.T, Barcelona: Marcombo, S.A., 1991.

[11 D. T. d. S. Europe, «SunFields Europe,» 2015. [En línea]. Available:] <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/modulo-fotovoltaico-caja-conexiones-diodos-proteccion-bypass/>. [Último acceso: 25 Junio 2019].

[12 M. Pérez, «Conermex,» Conermex, 2016. [En línea]. Available:] <https://www.conermex.com.mx/blog-cajasdeconcentracion.html>. [Último acceso: 2 Julio 2019].

Anexos

Ficha técnica de la estructura 15°-30° P/2 Paneles Solares 60/72 celdas

Características

Marca:

PV

Modelo:

PV-2

Formato de venta:

Pieza

Unidades por pack:

1

Tipo de panel solar:

60/72 celdas

Descripción

Estructuras de aluminio para paneles solares ajustables a 15°-30°. Para paneles de 60 y 72 celdas.

Ficha técnica del panel solar EGE-330P-72 Policristalino 330W



PANEL SOLAR EGE-330P-72 POLICRISTALINO 330W



Información general

EGE produce una amplia gama de paneles solares, desde 3W hasta 330W utilizando la última generación de celdas solares de alta eficiencia, tanto policristalinos como monocristalinos. Estos paneles se pueden utilizar para diversas aplicaciones, con una garantía de alta eficiencia. El compromiso de Eco Green Energy es ofrecer el mejor producto. Los paneles solares EGE son hechos sólo con celdas solares grado "A", que son las mejores en el mercado. Garantiza una eficiencia muy alta y más de 25 años de vida útil gracias a sus altos estándares sobre materias primas.

Características



IEC 61215 / IEC 61730 / CE / ISO 9001:2015



Caja de conexión IP65 O IP67 con resistencia al agua para una larga durabilidad.



Marco de aluminio de alta calidad, puede resistir cargas de 5400 PA y presión del viento de 2400 PA.



Celdas de 5 bus bars con una eficiencia de hasta 19%.



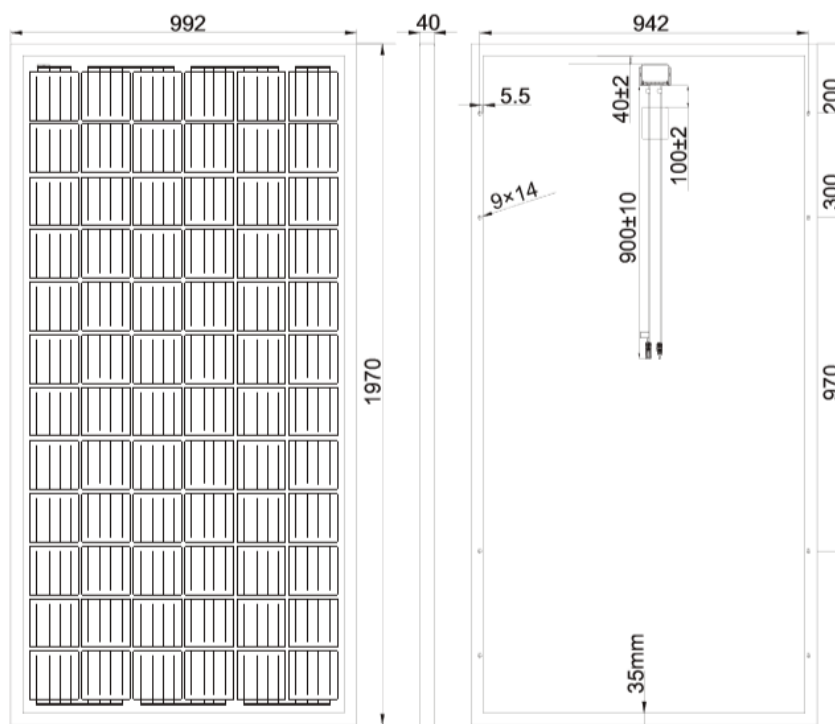
Alto rendimiento en ambientes de poca luz.



Vidrio templado de bajo hierro brindando alta transmisividad.

MODELO	EGE-330P-72
Tipo de celda	Policristalino (156 x 156 mm)
Número de celdas	72
Dimensiones	1970 × 992 × 40 mm
Peso	22.8 kg
Vidrio templado	3.2 mm
Marco	Aleación de aluminio anodizado
Caja de conexiones	IP67
Cable	0.9 m
Conector	Tipo MC4 O compatible
Garantía del producto	10 años
Garantía de potencia de salida	25 años
CARACTERÍSTICAS DE TEMPERATURA	
NOCT	45 °C ± 2 °C
Coefficiente de temperatura de Pmax	-0.41 %/°C
Coefficiente de temperatura de Voc	-0.31 %/°C
Coefficiente de temperatura de Isc	0.06 %/°C
CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS EN STC *	
Potencia de salida (Pmax)	330W
Tolerancia de salida de potencia	0~+5 %
Eficiencia del panel	17.01%
Voltaje de máxima potencia (Vmp)	37.87 V

Corriente de máxima potencia (Imp)	8.71 A
Voltaje de circuito abierto (Voc)	46.79V
Corriente de cortocircuito (Isc)	9.18A
* Condiciones de prueba estándar: irradiación: 1000 W / m ² · temperatura de la celda: 25 °C · AM: 1.5	
Rango de temperatura de funcionamiento	-45 °C – +85 °C
Voltaje máximo del sistema	1500V
Clasificación de fusibles de la serie Max	15A
Carga frontal máxima (ej. Nieve)	5400 Pa
Carga trasera máxima (ej: viento)	2400 Pa



Ficha técnica del inversor Fronius Symo 24.0-3 480

DATOS TÉCNICOS

DATOS DE ENTRADA

Número de MPPT	2,0
Potencia FV recomendada (kWp)	19,0 - 31,0 kWp
Máxima corriente de entrada utilizable	33,0 / 25,0 A
Total de corriente de entrada utilizable máxima (MPPT 1 + MPPT 2)	51,0 A
Máxima corriente de cortocircuito por serie FV ($1.5 \cdot I_{max}$)	49,5 / 37,5 A
Voltaje nominal de entrada	720,0 V
Rango de voltaje operacional	200 - 1000 V
Rango de voltaje MPP	500 - 800 V
Voltaje de entrada máximo	1000,0 V

DATOS DE SALIDA

Potencia máxima de salida a 480 V	23995 VA
Potencia máxima de salida a 240 V	NA
Potencia máxima de salida a 208 V	NA
Configuración de salida	3~ NPE Delta 480 V
Rango de frecuencia	45 - 65 Hz
Frecuencia nominal de operación	60,0 Hz
Distorsión armónica total	< 1,0 %
Rango de factor de potencia	0 - 1 ind./cap.
Máxima corriente de salida continua a 480 V	28,9 A
Máxima corriente de salida continua a 240 V	NA
Máxima corriente de salida continua a 208 V	NA
Capacidad del interruptor de OCPD/AC 480 V	40 A
Capacidad del interruptor de OCPD/AC 240 V	NA
Capacidad del interruptor de OCPD/AC 208 V	NA
Eficiencia Máxima	98,0 %
Eficiencia CEC a 480 V	97,5 %
Eficiencia CEC a 240 V	NA
Eficiencia CEC a 208 V	NA

DATOS GENERALES

Dimensión (ancho)	511,0 mm
Dimensión (altura)	724,0 mm
Dimensión (profundidad)	226,0 mm
Peso	43,4 kg
Tipo de protección	NEMA 4X
Consumo en modo nocturno	< 1 W
Topología de inversor	Sin transformador
Enfriamiento	Ventilador de velocidad variable

Topología de inversor	Sin transformador
Enfriamiento	Ventilador de velocidad variable
Altitud	2000 m con un maximo de voltaje de entrada de 1000v 3400 m con un maximo de voltaje de entrada de 850v
Certificaciones y conformidad con los estándares	UL 1741-2010, UL1998 (funciones: AFCI, GFDI y monitoreo de aislamiento), IEEE 1547-2003, IEEE 1547.1-2003, ANSI/ IEEE C62.41, FCC Parte 15 A & B, NEC Artículo 690, C22. 2 No. 107.1-01 (Sept. 2001) , UL1699B Edición 2 -2013, CSA TIL M-07 Edición 1 -2013
Borne de conexión de DC	6x DC+ y 6x DC- bornes de conexión con tornillo para cobre (sólido / de hilo / de hilo fino) o aluminio (sólido / de hilo)
Borne de conexión de AC	Bornes de conexión con tornillo 14-6 AWG

Ficha técnica del cable conductor SolarBlack, Cable para Celdas Solares,
MXCSN-001-006



SolarBlack



**Características Generales de Generación Eléctrica:
Celdas Solares: Montaje e Instalación, SolarBlack**

El SolarBlack sirve para la instalación y el cableado de las celdas solares Monocristalinas y Policristalinas.

Este cable es exclusivo para celdas solares ya que soporta fuertes temperaturas, además de ser uno de los más resistentes del mercado utilizado para Celdas Solares Policristalinas y Monocristalinas.

Cable con recubrimiento color negro calibres 10 y 12.

Resiste directamente la luz solar y el calor.

Cuenta con Certificado TUV y UL.

**Aplicaciones de Generación Eléctrica: Celdas Solares:
Montaje e Instalación, SolarBlack**

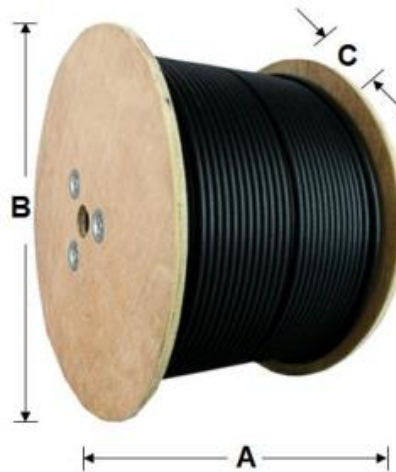
SolarBlack es utilizado exclusivamente para las Celdas Solares Monocristalinas y Policristalinas que manejamos en VentDepot.

**Garantía de Generación Eléctrica: Celdas Solares:
Montaje e Instalación, SolarBlack**

El SolarBlack, cuenta con 1 año de garantía sujeto a clausulas VentDepot.

Características Técnicas de Generación Eléctrica: Celdas Solares: Montaje e Instalación, SolarBlack								
Clave	Calibre	Tramo	Área	Díámetro	Peso	Dimensiones con Empaque de Cartón		
		Metros	mm ²	∅	Kg	Alto cm	Ancho cm	Largo cm
MXCSN-001	12	500	3.31	2.05	50	500	500	500
MXCSN-002	10	500	5.27	2.59	50	500	500	500

Dimensiones de Generación Eléctrica: Celdas Solares: Montaje e Instalación, SolarBlack			
Clave	A	B	C
	Pulg	Pulg	Pulg
MXPFS-001	196	196	196



Ficha técnica de caja combinadora cajas de conexión CCD D-4S-TL



CAJAS DE CONEXIÓN CCD



Información general

Las cajas combinadoras Conermex CCD permiten la unión de 2 o más cadenas de paneles solares de manera conveniente, facilitando el trabajo de instalación y ahorrando costos en tubería y cableado.

Además sus protecciones contra descargas integradas, otorgan una mayor seguridad en eventos de descargas atmosféricas.

Las nuevas cajas combinadoras Conermex CCD son la evolución de nuestros modelos anteriores y cuentan con las siguientes ventajas:

- Compatibles con sistemas de hasta 1000 V.
- Compatible con cadenas de módulos solares de hasta 370 Wp.
- Protecciones contra descargas fácilmente reemplazables y montadas al interior del gabinete.
- 3 Versiones de producto: Para inversores con transformador, Para inversores sin transformador y para inversores con doble MPPT.
- Cajas más amplias para mayor comodidad de cableado

MODELO	CCD-2S- 1K	CCD-2S- TL	CCD-4S- 1K	CCD-4S- TL	CCD-4S- 2MPPT
Número de entradas (positivo y negativo)	2	2	4	4	4
Número de salidas (Positivo y negativo)	1	1	1	1	1+1 configurable
Calibre de cable admitido para la salida	16 - 4 AWG (1.5 - 25 mm ²)				
Para aplicaciones con inversores	Con transformador	Sin transformador	Con transformador	Sin transformador	TL - Doble MPPT
Voltaje máximo de sistema	1000 V				
Corriente máxima de sistema (por cadena)	15 A				
Grado de protección	Tipo NEMA 3R				
Clase de protección contra descargas	Tipo II				
Corriente máxima de descarga	30 kA				
Material del gabinete	Acero galvanizado con pintura epóxica				
Dimensiones (Alto x Largo x Ancho)	30x30x15 cm	30x30x15 cm	30x30x15 cm	30x30x15 cm	40x30x20 cm
Peso	5.2 kg	5.2 kg	5.5 kg	5.5 kg	7 kg

www.conermex.com.mx info@conermex.com.mx Lada 01-800-363-7441

CAJAS DE CONEXIÓN



contacto@ittg.edu.mx
Carretera Panamericana Km. 1080, C.P. 29050, Apartado Postal: 599,
Tel. (961)61 5 04 61 Fax: (961)61 5 16 87

Ficha técnica de Diodo De Protección Para Panel Solar De 10a, Formato Mc4

Características

Marca:
IQ Energía Solar

Unidades por paquete:
1

Amperaje:
10 A

Descripción

Diodo de protección para panel solar de 10A, formato MC4