



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN



*DISEÑO DE LA INSTALACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS PARA LA
AUTO SUSTENTABILIDAD DE UN DEPARTAMENTO CON UN CONSUMO
PROMEDIO DIARIO DE 5 KW*



TESIS QUE PRESENTA.

ROMAN ADOLFO GARCIA VAZQUEZ
PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO ELECTRICO ELECTRONICO.

ASESOR: ING VERDE CRUZ ABEL

ASESOR: ING VERDE CRUZ ABEL

NEZAHUALCOYOTH, EDO. MEXICO A 19 DE MAYO DE 2017



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A mi madre

Porque gracias a tu apoyo y consejo he llegado a realizar una de mis más grandes metas, la cual constituye en la herencia más valiosa que pudiera recibir para continuar con mi superación.

Con admiración y respeto.

INDICE

INTRODUCCION.	5
CAPITULO I. GENERALIDADES DE ENERGIAS SUSTENTABLES	
1.1 Producción de Energía en México.	8
1.1.1. Energía Termoeléctrica convencional.	8
1.1.2. Energía nuclear.	10
1.1.3 Plantas Dual.	12
1.1.4 Plantas Carboeléctrica	13
1.2 Fuentes de generación de energías renovables en México.	14
1.2.1 Energía Hidroeléctrica	15
1.2.2 Planta Eólicas.	17
1.2.3 Plantas de biomasa	18
1.2.4 Energía Geo termoeléctrica.	19
CAPITULO II. ASPECTOS GENERALES DE LA ENERGIA FOTVOLTAICA	
2.1 Energía Fotovoltaica.	23
2.2 El sol	24
2.2.1 Irradiancia.	24
2.2.2 Irradiación.	25
2.2.3 Rotación Terrestre	26
2.3 Centrales fotovoltaicas a nivel Mundial	27
2.3.1 Sistemas fotovoltaicos en Alemania	28
2.3.2 Sistemas fotovoltaicos en Italia	30
2.3.3 Sistemas fotovoltaicos en China	30
2.3.4 Sistemas fotovoltaicos en Estados Unidos	31
2.3.5 Sistemas fotovoltaicos en Japón	32
2.3.6 Sistemas fotovoltaicos en México	32

CAPITULO III. INSTALACION DE PANELES FOTOVOLTAICOS

3.1 Paneles Fotovoltaicos.	37
3.2 Tipos de instalación fotovoltaica	40
3.2.1 Sistemas fotovoltaicos interconectados a la red (SFVI)	40
3.2.2 Sistemas aislados	41
3.3 Elementos de una instalación fotovoltaica.	58
3.4 Normatividad	58

CAPITULO IV. CASO PRÁCTICO

4.1 Calculo de demanda energética.	61
4.2 Dimensionamiento del sistema fotovoltaico.	64
4.2.1 cálculo de baterías	66
4.2.2 cálculo de módulos fotovoltaicos	69
4.2.3 Calculo del controlador de carga.	71
4.2.4 Selección del inversor	73
4.2.5 Dimensionamiento de conductores para la interconexión Entre módulos y controlador de carga	73
4.2.6 selección de canalización para conductores	75
4.2.7 selección de protecciones contra sobre corriente (interruptores termo magnéticos).	75
4.2.8 Calculo de conductor para puesta a tierra	76

CONCLUSIONES	77
--------------	----

BIBLIOGRAFÍA	78
--------------	----

ANEXOS	79
--------	----

INTRODUCCIÓN

Dadas las condiciones del mundo actual, donde el cambio climático representa un problema constante, la escases de combustibles fósiles es eminente y la falta de agua en algunas regiones es más frecuente; es imperativo buscar nuevas alternativas de energías renovables, tales como la solar y otros tipos de energía que no solo den solución a los crecientes niveles de contaminación, sino también que representen una alternativa económicamente factible tanto para empresarios como para usuarios domésticos.

Considerando que en México la mayor parte de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), son producidas por el sector energético, y que en el año 2006 la generación de energía contribuía con el 21% del total de las emisiones, seguido por el sector de transporte con el 20%¹ el resto de las emisiones son producidas por el ámbito industrial entre otros; se realiza la presente investigación y se presenta como complemento a la misma un proyecto en que se desarrolla la instalación de paneles fotovoltaicos para la autosustentabilidad de una vivienda.

En el entendido de los hechos anteriores, la presente investigación tiene como objetivo principal establecer un proyecto de paneles fotovoltaicos que satisfagan la demanda de energía eléctrica en una vivienda, de manera que se estandaricen para que sean más accesibles a un mercado doméstico.

Lo anterior, mediante la hipótesis de que la instalación de paneles fotovoltaicos reduce de manera significativa el gasto por consumo de energías eléctrica, lo que representa para una vivienda una inversión redituable a mediano plazo. Así como los paneles fotovoltaicos representan una opción factible para reducir el consumo de energía eléctrica convencional.

¹ INEGI 2010

Para lograr los objetivos planteados y poder afirmar las hipótesis supuestas, el presente trabajo se ha ordenado en cuatro capítulos. En el capítulo primero, se abordan los medios tradicionales de generación y se comienza un primer contacto con otras formas de generación totalmente limpias. El segundo capítulo, aborda las características de los elementos fundamentales de los sistemas fotovoltaicos tales como el sol y las células.

Para el tercer capítulo, se abarcan todos aquellos elementos que conforman un sistema fotovoltaico al igual de su interacción entre si dentro del sistema y las normas que se deben de considerar para el diseño del sistema.

Finalmente, en el cuarto capítulo se consideraran las cuestiones técnicas de los paneles solares, así como los cálculos apropiados de acuerdo a los estándares internacionales y las normas correspondientes de los elementos ya mencionados para el montaje de dicho sistema además abarcaremos, el procedimiento para el correcto montaje de dicho sistema. Así mismo, se acotan las recomendaciones para el mantenimiento, puesta en marcha de este sistema, así como su correcta operación.

Diseño de la instalación de paneles fotovoltaicos para la auto sustentabilidad de un departamento con un consumo promedio diario de 5 KW

CAPITULO I. GENERALIDADES DE ENERGÍAS SUSTENTABLES.

1.1 Producción de Energía en México.

En México las principales fuentes de energía están basadas en procesos tradicionales, tales como es el caso de las termoeléctricas; no obstante, en el país se produce energía mediante otros sistemas, como aquellas que utilizan turbo gas y ciclos combinados.



Imagen 1: Mapa principales centrales en México. Fuente; www.cfe.gob.mx

1.1.1. Energía Termoeléctrica convencional

Principalmente existen tres tipos de centrales termoeléctricas, los tres tipos básicamente emplean un gas para mover una turbina que es la encargada de generar energía eléctrica. La principal diferencia de estos 3 tipos de centrales termoeléctricas es el tipo de gas que se emplea, por ejemplo, las termoeléctricas de vapor, que emplean el vapor de agua y cuentan con un condensador para reutilizar esa agua para calentarla y regresarla a estado gaseoso, otro tipo son las que emplean motores de combustión interna esta aprovechan los gases despididos de la combustión.

El ultimo tipo son las plantas de gas, estas utilizan los gases despididos de la combustión, emplean un sistema parecido al de vapor pero en este sistema no se espera lo condensación del gas que se suministra a la turbina generadora.

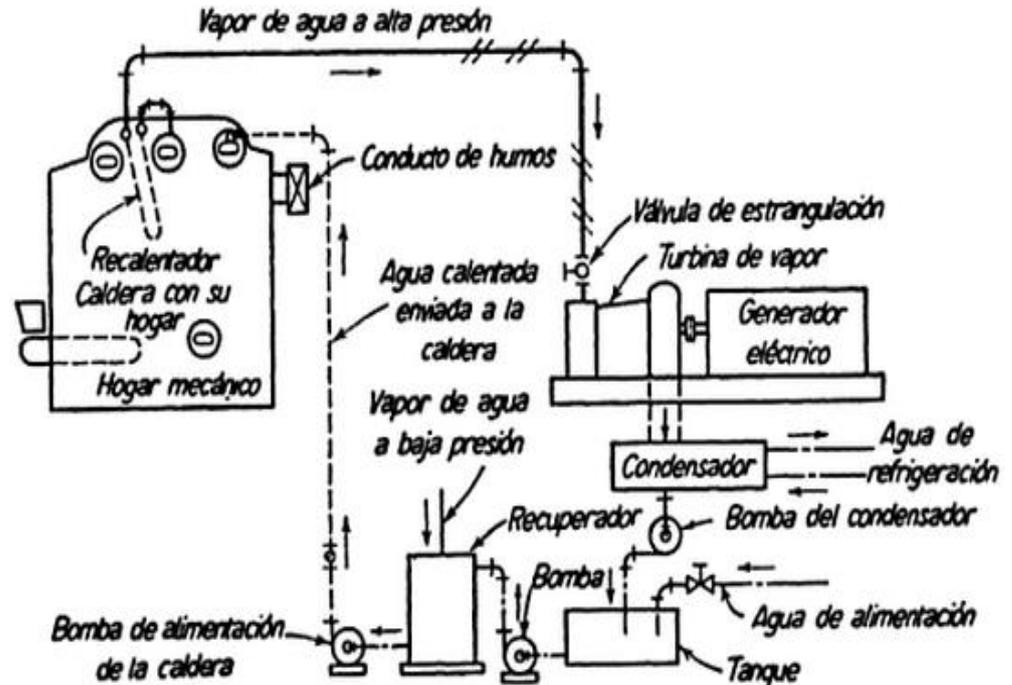


Imagen 2:Funcionamiento de plantas termoelectricas de vapor.

Fuente: Energía mediante vapor, aire o gas. W. H. Severns. ed. Reverte año 1974 pág. 18

Esta tecnología de producción de energía, actualmente es la más empleada en el país, sin embargo es de las principales fuente de gases de efecto invernadero.

TABLA 1: PLANTAS TERMOELÉCTRICAS.

PLANTAS TERMOELÉCTRICAS			
CENTRAL	TECNOLOGÍA	CAPACIDAD (MW)	factor de planta
Tuxpan	Termoelectrica	2263	51.5
Tula	Termoelectrica	2095	59.5
Presidente Juarez	Termoelectrica	1093	57.2
Manzanillo I	Termoelectrica	1073	38.6
Valle de México	Termoelectrica	999	51.3
Altamira	Termoelectrica	800	40.5
Manzanillo II	Termoelectrica	700	67.2
Villa de Reyes	Termoelectrica	700	55.8
Puerto Libertad	Termoelectrica	632	68.1
El Encino	Termoelectrica	619	84.1
Mazatlan II	Termoelectrica	616	76.3
El Sauz	Termoelectrica	610	78.6
Salamanca	Termoelectrica	550	38.6
Huinala	Termoelectrica	528	69.6
Salamayuca II	Termoelectrica	522	92.7
Rio Bravo	Termoelectrica	511	51.1
Guaymas II	Termoelectrica	484	33.0
Dos Bocas	Termoelectrica	452	48.6
Huinala II	Termoelectrica	450	82.4
San Lorenzo Potencia	Termoelectrica	382	88.5
Topolobampo II	Termoelectrica	320	75.6
Samalayuca	Termoelectrica	316	46.4
Francisco Villa	Termoelectrica	300	47.8

Elaboración propia con datos de.

http://www.cfe.gob.mx/ConoceCFE/1_AcercadeCFE/Lists/POISE%20documentos/Attachments/6/POISE20072016jun.pdf p. 38

1.1.2. Energía nuclear

El funcionamiento de una planta nucleoelectrica básicamente es similar a una central termoeléctrica, la principal diferencia es la forma de generar el vapor para impulsar las turbinas, en las plantas termométricas convencionales emplean combustibles fósiles, como es el combustóleo, diésel, gas natural entre otros, y en una planta nuclear se emplea la energía térmica que es producida en la fisión nuclear que existe entre el uranio (U) y el plutonio (Pu).

Diseño de la instalación de paneles fotovoltaicos para la auto sustentabilidad de un departamento con un consumo promedio diario de 5 KW

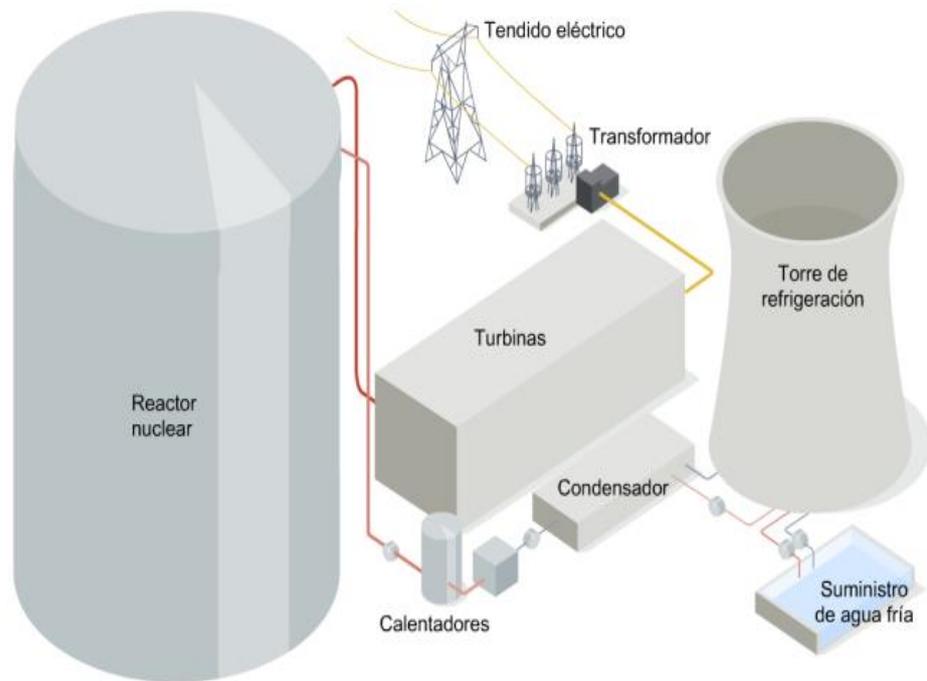


Imagen 3: Funcionamiento plantas nucleares

México cuenta con reservas de uranio en los estados fronterizos como son Sonora, chihuahua, y Durango cuentan con una reserva las cuales se muestran en la siguiente tabla:

TABLA 2. Reservas de Uranio

Estado	tn de uranio
chihuahua	2789
nuevo león	5075
Sonora	1664
Durango	1267
Oaxaca	696

Fuente . www.sice.oas.org

La única planta en el país que genera energía nuclear en laguna Verde, la cual genera 1610 MW; con un factor de planta de 62%. Esta planta cuenta con dos reactores BWR-5 de agua ligera en ebullición.



Imagen 4: Ubicación nucleoelectrica Laguna Verde

En México desde la década de los 70's, cuando se firmó el tratado de Tlatelolco en el cual se limita el uso de uranio para evitar el desarrollo de armas nucleares, se ha limitado el uso de estos recursos para la producción de energía.

1.1.3 Plantas Dual.

Las plantas duales son plantas termo eléctricas con la única diferencia de que estos sistemas son capaces de operar por medio de carbón o gas natural del cual se estima que existen reservas en México para cerca de 63 años. En el país se encuentra la planta de Petacalco, cuya producción es de 2778 MW.

1.1.4 Plantas Carboeléctrica.

Esta tecnología emplea principalmente materia primaria la energía potencial latente en un combustible como es el caso del carbón del cual se cuenta con reservas aproximadas de 1,211 millones de toneladas² reservas que se calculan podrían durar hasta 100 años más³ , y el oxígeno necesario para ponerla en condiciones dinámicas a altas temperaturas. En México se cuenta con algunos yacimientos de carbón como se muestra en la siguiente tabla:

TABLA 3. Yacimientos de Carbón

yacimientos de carbón	
santa marcial	Sonora
Cabullona	Sonora
Corralitos	chihuahua
zacualtiplan	hidalgo
Tlacollan	veracriuz

Fuente:[http://boletinsgm.igeolcu.unam.mx/bsgm/vols/epoca04/5801/\(5\)Corona.pdf](http://boletinsgm.igeolcu.unam.mx/bsgm/vols/epoca04/5801/(5)Corona.pdf)

Dentro del país solo se encuentran dos plantas operando solamente con carbón, otras plantas igual emplean carbón como combustible; pero dichas plantas también son capaces de operar con gas natural, estas son las ya mencionadas plantas duales. En la siguiente tabla se muestran las plantas que operan exclusivamente con carbón ambas ubicadas en Coahuila.

² Cifras de 2012 por el IIE (Instituto de Investigaciones Eléctricas)

³ Ídem.

TABLA 4. Plantas Carboeléctricas.

PLANTAS CARBOELÉCTRICAS			
CENTRAL	TECNOLOGÍA	CAPACIDAD (MW)	FACTOR DE PLANTA (%)
Carbón II	Carboelectrica	1400	70.8
Río Escondido	Carboelectrica	1200	85.6

Fuente: http://www.cfe.gob.mx/ConoceCFE/1_AcercadeCFE/Lists/POISE%20documentos/Attachments/6/POISE20072016jun.pdf p. 38

1.2 Fuentes de generación de energías renovables en México.

Hasta finales del año 2014 las fuentes de energía renovables contribuían en un 25% de la producción de energía eléctrica en el país, a actualmente se tiene la perspectiva de incrementarlo a un 30% incrementando en mayor parte la producción por medio de centrales hidroeléctricas y centrales eólicas las cuales incrementaran en un 21% y 56% respectivamente.

La principal inversión en México es inversión extranjera destacando empresas españolas, estadounidenses y alemanas, existen empresas mexicanas que su principal inversión está enfocada a la producción de generadores eólicos y a paneles fotovoltaicos.

1.2.1 Energía Hidroeléctrica

Las hidroeléctricas son sistemas que nos permiten el aprovechamiento de la energía potencial contenida en el agua de los ríos, al convertirla en energía eléctrica mediante turbinas acopladas a generadores eléctricos.

Diseño de la instalación de paneles fotovoltaicos para la auto sustentabilidad de un departamento con un consumo promedio diario de 5 KW

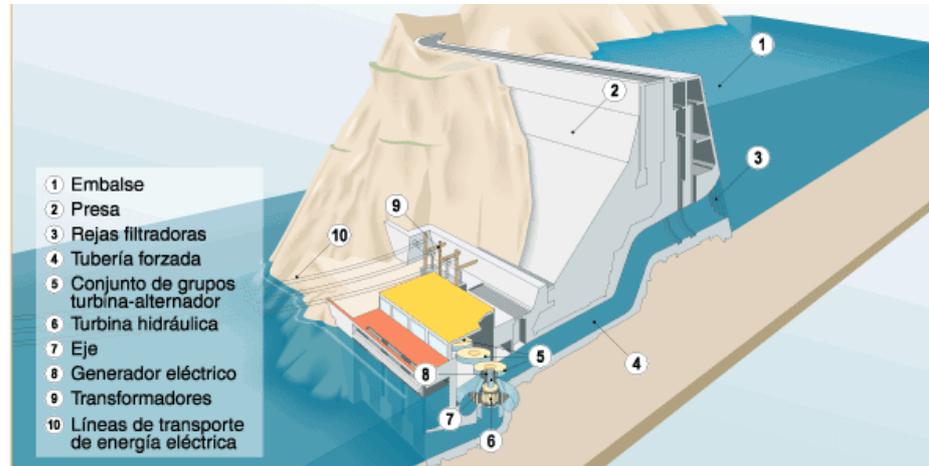


Imagen 5: Diagrama de una Planta hidroeléctrica

Fuente . www.sice.oas.org

Este tipo de plantas representan el 12.6 % de la producción total de energía; cuya principal fuente de abastecimiento entre las más importantes por su capacidad de generación se encuentran la de Chicoasén, en Chiapas, Manuel Moreno Torres; Malpaso en Tecpatán, Chiapas; El Infiernillo, y le sigue Aguamilpa, en Tepic, Nayarit, entre otras.

TABLA 5. Plantas Hidroeléctricas.

PLANTAS HIDROELÉCTRICAS			
CENTRAL	TECNOLOGÍA	CAPACIDAD (MW)	FACTOR DE PLANTA (%)
Chicoazén	Hidroeléctrica	2400	32.3
Infiernillo	Hidroeléctrica	1160	28.8
Mal Paso	Hidroeléctrica	1080	49.1
Aguamilpa	Hidroeléctrica	960	9.0
Angostura	Hidroeléctrica	900	39.4
El Cajon	Hidroeléctrica	750	5.1
Caracol	Hidroeléctrica	600	21.9
Huites	Hidroeléctrica	422	13.1
Peñitas	Hidroeléctrica	420	55.8
Temazcal	Hidroeléctrica	354	50.0
Zimapan	Hidroeléctrica	292	53.0

Elaboración propia con datos de

http://www.cfe.gob.mx/ConoceCFE/1_AcercadeCFE/Lists/POISE%20documentos/Attachments/6/POISE20072016jun.pdf p. 38

1.2.2 Planta Eólicas.

La energía eólica se aprovecha por medio de su transformación a través de los aerogeneradores. Estos son máquinas que transforman la energía cinética del viento en energía eléctrica. Para ello emplea una hélice que transmite el movimiento al eje del generador.

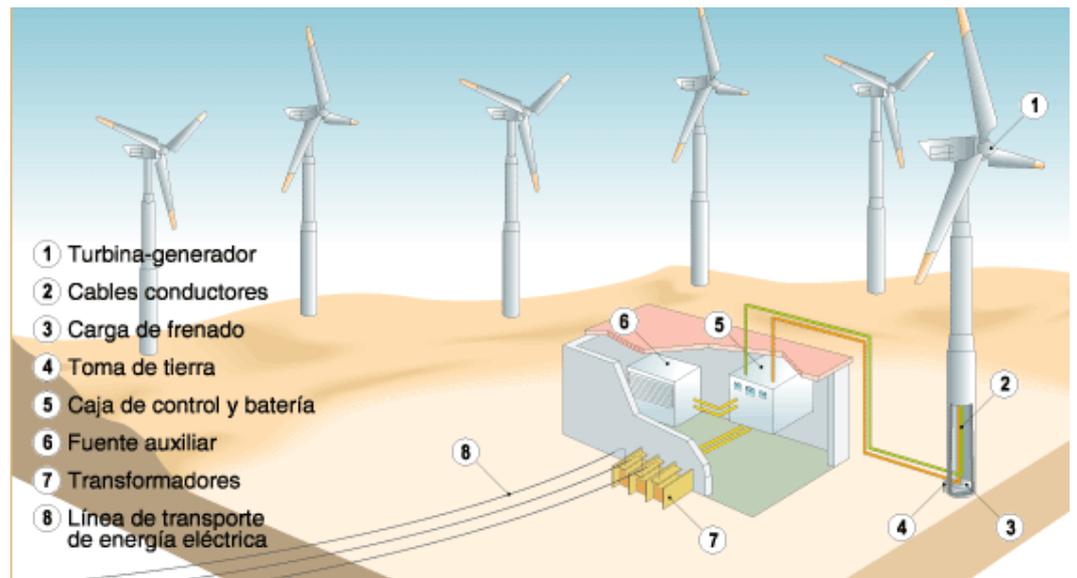


Imagen 6:Funcionamiento Plantas Eolicas

Fuente; <http://www.cfe.gob.mx>

En el año 2014, el país contó con una capacidad de generación de 2551 MW gracias a los 31 parques eólicos instalados, los cuales cuentan con 1570 generadores. Desde el año 2004 el país ha invertido un aproximado de 5100 mdd en algunos parques como son La Venta en Oaxaca, que genera 84.7 MW, Guerrero Negro en Baja California Sur, con 0.6MW. En el presente año, se planea una instalación de ocho nuevos campos eólicos, esto contribuye a lograr el propósito para el 2020 de generar 12000 MG.



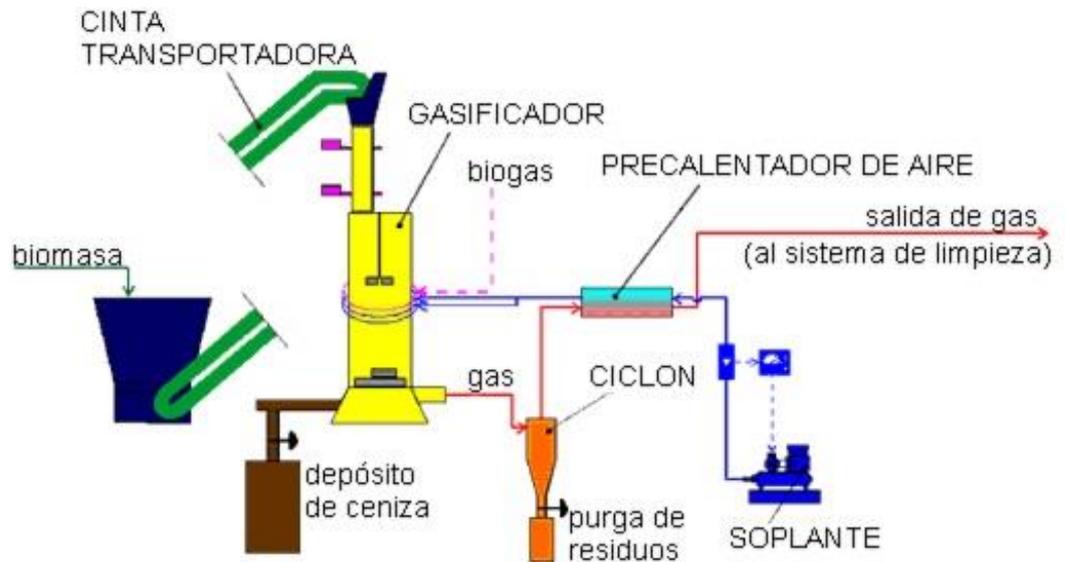
Imagen 7: Ubicación parques Eólicos

Fuente . www.sice.oas.org

1.2.3 Plantas de biomasa

La biomasa es la Cantidad total de materia viva presente en una comunidad o ecosistema. La biomasa puede ser extraída de la sub producción o residuos las principales fuentes de biomasa son los residuos de la industria agrícola que en México un gran porcentaje es la producción de maíz.

Las plantas de biomasa son instalaciones especializadas que emplean un ciclo térmico similar a una planta termoeléctrica convencional ya mencionada, la diferencia está en el combustible empleado para la combustión en las centrales de biomasa el combustible lo constituye principalmente los residuos forestales, los cultivos de planta energética, o en gran medida los residuos agrícolas.



1.2.4 Ener Imagen 8: Esquema funcionamiento planta biomasa

Geo termoeléctrica.

Este tipo de generación consiste el aprovechamiento del calor originando en el subsuelo. El funcionamiento de estas centrales es bastante simple; consta de una perforación practicada sobre la corteza terrestre, con objeto de obtener una temperatura mínima de 150° C, y en la cual se han introducido dos tubos en circuito cerrado en contacto directo con la fuente de calor.

Diseño de la instalación de paneles fotovoltaicos para la auto sustentabilidad de un departamento con un consumo promedio diario de 5 KW

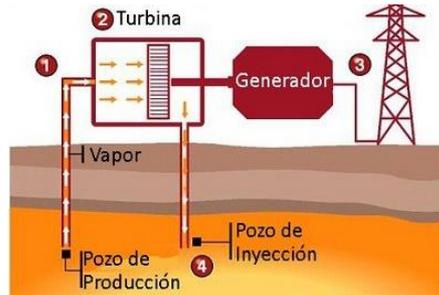


Imagen 9: Funcionamiento de una planta geotérmica

La principal planta geotérmica en México se localiza cerca del volcán Cerro Prieto en Valle de Mexicali, Baja California, del cual radica el nombre de dicha planta, la cual tiene una producción de 570 MW⁴; en tanto que su factor de planta es de 79.5 siendo una de las más grandes del mundo,

La segunda planta ya en operación es la de los azufres que cuenta con una extensión de 81km², se encuentra formada por 80 pozos de los cuales 30 están en constante actividad, proporcionando una potencia de 188MW.



Imagen 10. Ubicación planta Los Azufres

⁴ Datos técnicos de las principales plantas cfe 2012

Actualmente se encuentra en proceso del desarrollo de plantas que fueron suspendidos temporalmente como es la planta la primavera ubicada en el parque del mismo nombre en el Estado de Jalisco, junto a este se encuentra el proyecto Los Hueros en el Estado de Puebla, a la par de estos proyectos se encuentran en proceso de perforación otros 16 yacimientos como son, El Ceboruco (Nayarit), Las Planillas (Jalisco), Araró (Michoacán), Las Tres Vírgenes (Baja California Sur).



Imagen 11: Ubicación principal campos geotérmicos

Fuente . www.sice.oas.org

Diseño de la instalación de paneles fotovoltaicos para la auto sustentabilidad de un departamento con un consumo promedio diario de 5 KW

CAPITULO II. ASPECTOS GENERALES DE LA ENERGÍA FOTOVOLTAICA



2.1 Energía Fotovoltaica.

Es una energía limpia la cual es procedente de una conversión directa de la energía solar en energía eléctrica útil. Tiene como base la energía lumínica generada por el sol, la cual incide en un panel que se encuentra conformado por células de materiales semiconductores como el silicio, estas células generan el llamado efecto fotovoltaico, que en esencia es la liberación de electrones del silicio.

Estos sistemas no son productores de gases de efecto invernadero por lo que no favorecen a la destrucción de la capa de ozono, no provoca lluvia acida, tampoco produce ruido ni calor que requiere refrigeración. La necesidad de transportar esta energía es mínima por lo que no es necesario grandes líneas de transporte ni sobrecarga. Los equipos que se emplean en dichos sistemas una vez obsoletos es posible reciclarse con facilidad.

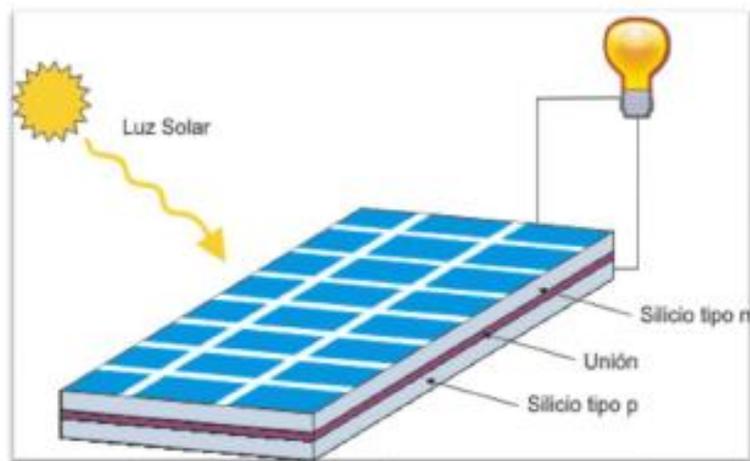


Imagen 12: Panel fotovoltaico

Estos sistemas basan su funcionamiento básico en el efecto fotovoltaico; este principio fue descrito por primera vez en 1884 por Heinrich Hertz, al observar que el arco que salta entre dos electrodos conectados a alta tensión alcanza distancias mayores cuando se ilumina con luz ultravioleta que cuando se deja en la oscuridad; después de que Charles Fritts hubiese creado la primera célula solar, la cual estaba formada por selenio recubierto de una fina capa de oro.

Esta energía se genera utilizando módulos fotovoltaicos, los cuales son capaces de absorber energía de los rayos solares esto dependiendo de la frecuencia del rayo solar, siendo a si el modulo fotovoltaico capta un az y otros los refleja, solamente producirá energía eléctrica por medio del az absorbido, la energía del az es transferida a uno de los átomos de la célula, la energía absorbida le permite escapar y formar parte de la corriente del circuito que se desea alimentar.

2.2 El sol

Este es una esfera de gases, principalmente de hidrogeno, es la mayor fuente de energía, que permite la vida en la tierra, proporcionando en un instante la suficiente energía para satisfacer las necesidades energéticas anuales actuales.

2.2.1 Irradiancia

La irradiancia es la magnitud que mide la cantidad de radiación que se emite en una determinada área en este caso es la radiación emitida por el sol por lo que vamos a definir como irradiación como la potencia solar que incide en una superficie, y la cual se puede medir en watts/m^2 .

Puede ser calculada con la siguiente formula:

$$I = \frac{P_{inc}}{A}$$

Ecuación 1

Donde:

I=irradiancia

P_{inc}= potencia incidente

A=área donde incide

En la parte superior de la atmosfera es decir en AM0⁵ existe una irradiancia de 1367 w/m² AM0, en la longitud de trayectoria de AM1⁶ en promedio existe una irradiancia de 1000 w/m². Para los paneles solares se considera un nivel de AM1.5.

2.2.2 Irradiación.

Es la densidad de energía solar, la cual se mide en kwh/m² , también es conocida como horas de sol pico (psh) es decir que cantidad de tiempo es expuesto con una irradiancia de 1kw/h en la ciudad de México la irradiación promedio es considerada de 5.3. Horas, teniendo como máximo 6.4.⁷

⁵ Coeficiente de masa de aire, atmosfera 0 es decir espectro fuera de la atmosfera.

⁶ Atmosfera 1 irradiación directa a nivel del mar

⁷ Ver anexo 1

2.2.3 Rotación Terrestre

Hay que recordar que la tierra realiza un giro completo a su órbita cada año la distancia de la tierra está dada por la siguiente formula.

$$d = 1.5 \times 10^{11} \left(10.017 \sin \frac{360(n - 93)}{360} \right)$$

Ecuación 2

Donde n representa el día del año al cual se desea calcular tomando en cuenta el primero de enero como día uno.

Tambien se debe de recordar que la tierra realiza un giro sobre su propio eje, su eje polar el cual se encuentra inclinado a unos 23.45° esto con respecto a la orvita de la tierra, este angulo es lo que permite que existan mal horas de luz solar en verano a comparacion del invierno.

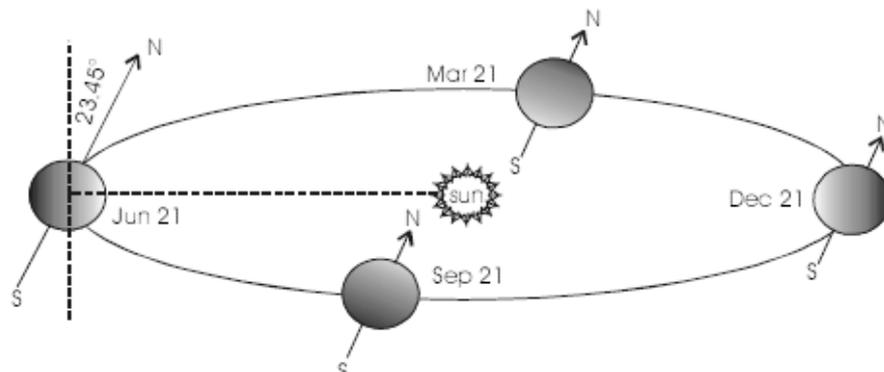


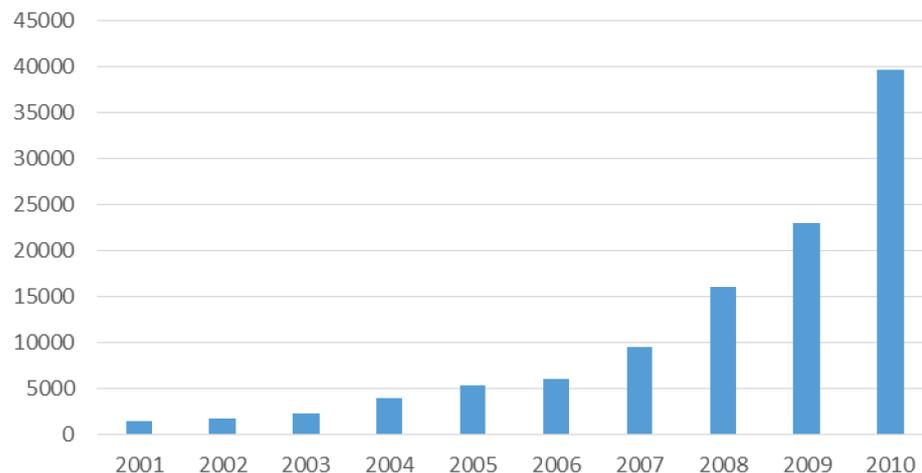
Imagen 13: trayectoria Terrestre

Fuente CHWIEDUK, Dorota. *Solar Energy in buildings*. Edit. Ap. EEUU, 2014.

2.3 Centrales fotovoltaicas a nivel Mundial

A comienzos del año 2011 se contaba a nivel mundial con una instalación fotovoltaica con una producción aproximada de 4000MW⁸, de los cuales el 72% se encuentra instalado en la Unión Europea.

A nivel mundial estas instalaciones se dividen principalmente en tres zonas o áreas, de las que como ya se mencionó, la principal es la Unión Europea, donde podemos destacar países como Alemania y España, los cuales contribuyen con aproximadamente el 52% de la potencia total mundial. Otra zona es Estados Unidos con 2,727MW; este país puede destacarse, ya que cuenta con uno de los centros fotovoltaicos más grandes del mundo situada en el Desierto de Mojave en California, el cual cuenta con una potencia instalada de 354MW. Por último la tercera zona es Japón, el cual aporta el 9% aproximadamente.



Grafica 1 : Crecimiento de la producción mundial EN MW del 2001 al 2010

Fuente: Elaboración propia con datos de EPIA

⁸ Datos según European Photovoltaic Industry Association (EPIA),

Los países con mayor producción son

- Alemania (7.408 MW)
- Italia (2.321 MW)
- República Checa (1.490 MW)
- Japón (990 MW)
- EE.UU. (980 MW).

En el año 2010 la elaboración de paneles solares se ha incrementado en un 22%, del cual los principales consumidores de estas tecnología renovables han sido principalmente la Unión Europea destacando los países ya mencionados como Alemania, sin embargo la elaboración de este tipo de equipos, se lleva a cabo en países como China, Japón y Estados Unidos. Dentro de estos países podemos destacar a industrias como son: Suntech Power, Yingli Green Energy, Trida solar, solar fun, todas estas empresas chinas, siendo este el principal país creador de esta tecnologías. También destacan industrias como son first solar de origen estadounidense que es la principal industria creadora de paneles fotovoltaicos y a otra industria destacada es la alemana solard world.

2.3.1 Sistemas fotovoltaicos en Alemania

Desde el año 2000 en este país se creó una tarifa regulada para la implantación de energías renovables, por lo cual el costo de las instalaciones fotovoltaicas ha reducido a más del 50%.

En este país se ha establecido la meta de que para el año 2020 el 35% de la energía generada en el país será del tipo fotovoltaico, al igual que se pretende que este porcentaje aumente al llegar al 100% para el año 2050.

Diseño de la instalación de paneles fotovoltaicos para la auto sustentabilidad de un departamento con un consumo promedio diario de 5 KW

Alemania ha sido el protagonista dentro del ámbito de la energías renovables, ejemplo de ello es que en el año 2012 se instalaron plantas capaces de generar la energía de 20 plantas similares a la planta nucleoelectrica en Veracruz. A finales de este año el 6.1% de la demanda total del país fue cubierta con sistemas del tipo fotovoltaicos esto de acuerdo a cifras de la asociación alemana de industrias energéticas e hídricas (AAIEH).



Imagen 14 Planta fotovoltaica de Belectric en Alemania.

2.3.2 Sistemas fotovoltaicos en Italia

Italia es uno de los principales países europeos productores de energía eléctrica por medio de fuentes renovables, en el paso del 2012 al año 2013 se incrementó en gran medida la implantación de sistemas fotovoltaicos para satisfacer la demanda para el año 2012 el 3.2% de la demanda nacional era producida por sistemas fotovoltaicos para el 2013 alcanzó el 5%.



2.3.3 Sistemas fotovoltaicos en China

China es el país con la industria fotovoltaica más grande del mundo, cuenta con cerca de 400 empresas dedicada a este tipo de tecnologías, dentro de estas empresas podemos destacar a las ya antes mencionadas suntech y yingli, solamente china contribuye al 23% del total de productos que se generan a nivel mundial.

En los últimos años la industria de energía fotovoltaica a rebasando las expectativas determinadas, en el año 2007 la comisión para la reforma y el desarrollo nacional tenía una perspectiva para el año 2020 habría un aumento en la potencia instalada hasta unos 1800MW, sin embargo solo para el 2011 ya se contaba con una potencia de 2900MW, con lo cual se pretende alcanza mínimo 5GW para el año 2020.

2.3.4 Sistemas fotovoltaicos en Estados Unidos

Aunque no es el país que cuenta con la mayor potencia instalada a nivel mundial, Estados Unidos es el país que cuenta con las plantas más grandes del mundo, una de las cuales podemos destacar es solar star I y II esta es un conjunto de aproximadamente de 1.7 millones de paneles los cuales generan un total de 579MW, esta es la central más grande del mundo inaugurada en junio del año 2015.



Imagen 15 Planta de solar Star I y II

Otra planta que se puede destacar es la de desert sunlightg la cual tiene instalada una potencia aproximada de 550MW ambas plantas mencionas se encuentran el desierto de california.

2.3.5 Sistemas fotovoltaicos en Japón

Es uno de los países líderes dentro de la manufactura de paneles solares, Japón a finales del 2012 contaba con una potencia interconectada a la red cercana a los 7000MW lo cual lo coloca como uno de los 5 países más importantes dentro de la generación de energía eléctrica por medio de sistemas fotovoltaicos, esto lo ha conseguido en cierta parte por su posición geográfica lo cual le permite captar una radiación entre los 4.3 y 4.8 kw/h m².

En gran medida de potencia instalada, procede de productores locales alguno de los cuales ya reconocidos a nivel mundial es la empresa Mitsubishi Electric, Panasonic, entre otras empresas.

Una gran parte de la inversión de la potencia instalada en el país a sido de inversión particular, el 75% de la producción de sistemas fotovoltaicos en el año 2013, fueron instalados en sistemas residenciales.

2.3.6 Sistemas fotovoltaicos en México

Actualmente México es el país de Latinoamérica con la central fotovoltaica más grande, ubicada en la paz baja california; Anteriormente se contaba con la planta bicentenario en Aguascalientes que era la más grande en su momento con una capacidad de 2Mwp,

Aura solar es la primera central de esta magnitud en México, posee una potencia de generación de alrededor de los 80 Giga watts /hora anuales,

Dicho parque se encuentra instalado en una superficie de casi 100 hectáreas en la cual están instalados 132 mil módulos poli cristalinos, los cuales cuenta con un seguidor de eje; el parque solar se interconecta con la subestación Olas Altas a través de una nueva línea

de transmisión de 115 kv y 2.9 km; y, según lo programado, empezó a entregar energía a la paraestatal en el tercer trimestre de 2013.

La central Aura solar es una central privada que cuenta con un contrato de compraventa de 20 años con la comisión federal, la empresa pretende implementar el parque solar Aura II, esta central se ubicara en Honduras. Con una inversión total de US\$120 millones, el parque se construirá en un terreno de 150 hectáreas, donde se instalarán cerca de 200 mil módulos poli cristalinos, que representan una capacidad instalada de 61 MWp.



Imagen 16. Paneles de Aura Solar

2.4 Principales fabricantes de sistemas fotovoltaicos

CONERMEX, que es una industria de alto nivel, cuenta con una variedad de productos de la industria de energía fotovoltaica cuenta con sistemas en pequeña escala hasta proyectos de gran escala,

uno de sus proyectos más grandes podemos mencionar la instalación de una potencia 1412 kw instalada para la industria “La Lupita” de botanas, ubicada al sur del país, otra referencia de confiabilidad que se tiene es el proyecto realizado en instalaciones para el instituto politécnico nacional en su centro de investigaciones en el estado de zacatecas, dicho sistema abarca un área de 900m² capas de

satisfacer una demanda aproximada de 270KW, por lo que hay que considerar su gran variedad de productos y su experiencia en sistemas fotovoltaicos conermex es una empresa mexicana la cual podremos considerar para realización del proyecto; ya que han realizado varios proyectos tales como el de 30kw ubicado en el museo de la tecnología mejor conocido como el mutec el cual es administrado por la comisión federal de electricidad.

RDM SOLAR, es un desarrollador líder y productor de módulos fotovoltaicos en México Ofreciendo la mejor calidad al mejor precio del mercado, aseguramos a nuestros clientes inversiones a largo plazo. Es una empresa familiar que opera en San Andrés Tuxtla, Veracruz. Desde el inicio de operaciones en 2003.

EVOLUO SISTEMAS SOLARES es una empresa mexicana, con oficinas centrales en la ciudad de San Luis Potosí, S.L.P. México.

SOLARTEC es una empresa de capital 100% mexicano, experta en crear energías renovables, mediante la fabricación de módulos, celdas y wafers para aplicaciones fotovoltaicas.

SOLAR WORD. Es una empresa de origen alemán la cual a desarrollado proyectos importantes a lo largo del mundo, la empresa desarrolla por completo los módulos desde su desarrollo hasta su ensamble.

Los productos solar Word son probados y rebasan los estándares mecánicos establecidos por las normas IEC 61215 la cual establece los parámetros mecánicos como son protección UV y la presión que resiste el vidrio de recubrimiento de los modulos, a todos estos parámetros solar Word revasa las condiciones minimas persmitidas. Además los módulos solares cuentan con la certificación de PID⁹

⁹ Consultar capítulo 3

FREE la cual gracias a estudios realizados por laboratorio Fraunhofer¹⁰

TABLA 6. Potencia relativa por fabricante

potencia relativa	fabricante
100%	LG ELECONICS
100%	SCOTT SOLAR
100%	SHARP SOLAR
100%	SOLARWORD
100%	KYOSERA SOLAR
65%	REC SOLAR
64%	TRINA SOLAR
60%	YINGLI GRIN

Elaboración propia con datos de <https://www.solarword.com>

En la tabla anterior se observa algunos otros fabricantes que de módulos siendo algunos son libres del efecto PID y algunos otros cuentan con una perdida por dicho efecto menor.

En la actualidad con la popularidad de estos sistemas sustentables han surgido una innumerable cantidad de empresas que dedican su tiempo a la producción o simplemente a la instalación de estos sistemas

¹⁰ Laboratorio de alto rendimiento alemán ubicado en Chile

INSTALACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS

CAPITULO III.

3.1 Tipos de instalación fotovoltaica

Básicamente se encuentran dos tipos de instalación:

- Sistema Interconectado a la red
- Sistema aislado

3.1.1 Sistemas fotovoltaicos interconectados a la red (SFVI)

También llamado on-grid, son sistemas que cuentan con una interconexión con la red eléctrica, proporcionada en el caso de México CFE.

Estos sistemas cuentan con las siguientes funciones principales:

- Distribución de la c.a, que fluye entre el sistema de acondicionamiento de potencia.
- Provisión de medios de desconexión para seguridad y mantenimiento.
- Medición de flujos de energía entre el sistema, las cargas locales y la red.
- Protecciones para el sistema de c.a. que no sean proporcionadas por el inversor

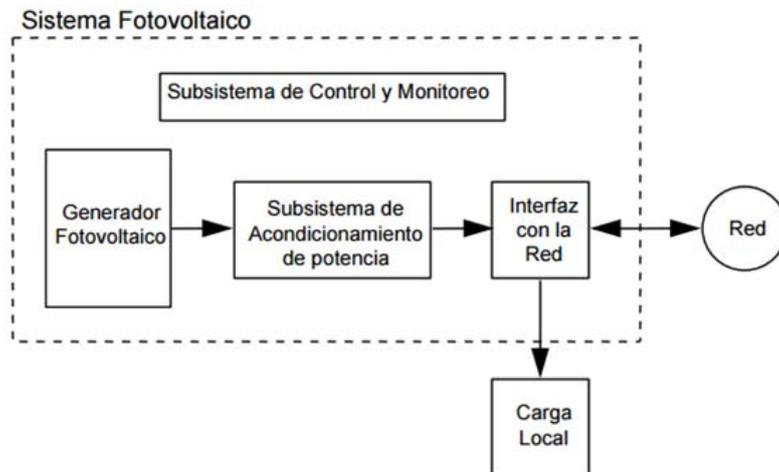


Imagen 18. Diagrama a bloques de un SFVI

Fuente: <http://www.cre.gob.mx/documento/1528.pdf>

La interconexión se realiza para el suministro de energía para los periodos en los cuales no se cuenta con la luz solar, en este tipo de instalación se requiere ciertas configuraciones de los equipos como el ajuste de la frecuencia en el caso del sistema eléctrico nacional (SEN) es de 60Hz por lo que el sistema de generación debe de operar en un rango de 59.5hz hasta 60.5hz es decir una tolerancia de ± 0.5 hz y del voltaje a la salida del inversor el cual no debe de exceder del $\pm 5\%$ ¹¹ de la tensión de la red eléctrica, además se deben considerar elementos de acoplamiento entre el sistema fotovoltaico y la red eléctrica, en estos sistemas de acoplamiento se deben considerar los sistemas de desconexión de la red los cuales deben de ser capaces de desconectar al sistema en las condiciones de tensión y de frecuencia ya mencionada.

¹¹ Contrato de interconexión de cfe disponible en http://www.cfe.gob.mx/ConoceCFE/Desarrollo_Sustentable/Lists/Energia%20renovable/Attachments/5/Especificacionest%C3%A9nicasPeque%C3%B1aEscala.pdf

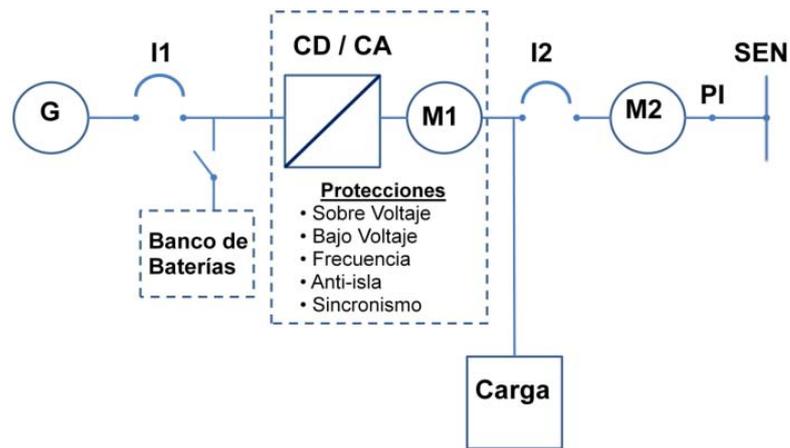


Imagen 19. Diagrama SFVI

Dentro de estos sistemas existe un determinado contrato que se efectúa entre el generador así determinado en el contrato a la parte que va proporcionar energía a la red, y el suministrador el cual es el que va a proporcionar energía eléctrica al sistema en los casos que exista la ausencia de energía solar en este caso es la comisión federal.

Dentro de este contrato existen unas cláusulas las cuales se deben de considerar como es la potencia instalada, dentro del contrato de producción a baja escala en la quinta cláusula se determina las siguientes clasificaciones. Y estableciendo que debe de trabajar con una tensión menor de 1kv

- Para usuarios con servicio de uso residencial: hasta 10 kW.
- Para usuarios con servicio de uso general en baja tensión: hasta 30 kW.

Excediendo estos límites ya entra en el contrato de mediana producción.

3.2.2 Sistemas aislados

Estos sistemas también conocidos como off- the grid por su nomenclatura en ingles que se traduce como fuera de la red son sistemas que son totalmente autónomos, no requieren de una fuente externa o la conexión a la red eléctrica, pero para satisfacer la demanda de energía en todo momento incluyendo los periodos con los cuales no contamos con luz solar, es necesario el uso de sistemas de almacenamiento de energía como sería el caso de bancos de baterías.

Los bancos de baterías nos van a proporcionar la energía requerida en periodos que el Sistema sea incapaz de generar energía, las baterías son cargadas en el día mientras los paneles están generando energía, y en la noche las baterías nos proporcionan energía que dichos paneles no son capaces de proporcionar.

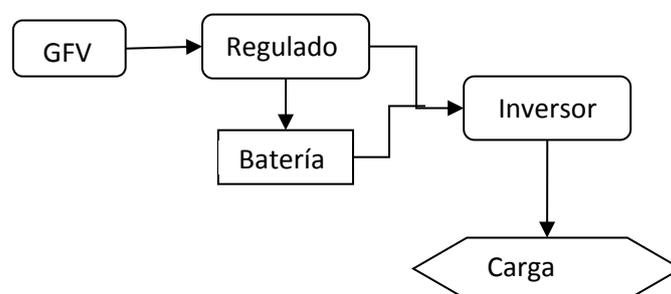


Imagen 20. Diagrama a bloques sistema aislado

Fuente: elaboracion propia con datos de <http://www.cfe.gob.mx>

3.2.3. Sistemas híbridos.

Para mejorar el rendimiento y garantizar la no interrupción de energía eléctrica a un sistema, una de las opciones es implementar un sistema híbrido el cual combina dos o mas tipos de generación eléctrica

3.3 Elementos de una instalación fotovoltaica.

Para que exista una instalación fotovoltaica funcional deben coexistir todos los elementos que la conforman, los cuales son:

Generador solar.

Son todos los módulos en conjunto. Es la sumatoria de todas las cadenas de módulos.

Cadena de módulos.

Es considerado como la conexión de un conjunto de módulos FV conectados en serie

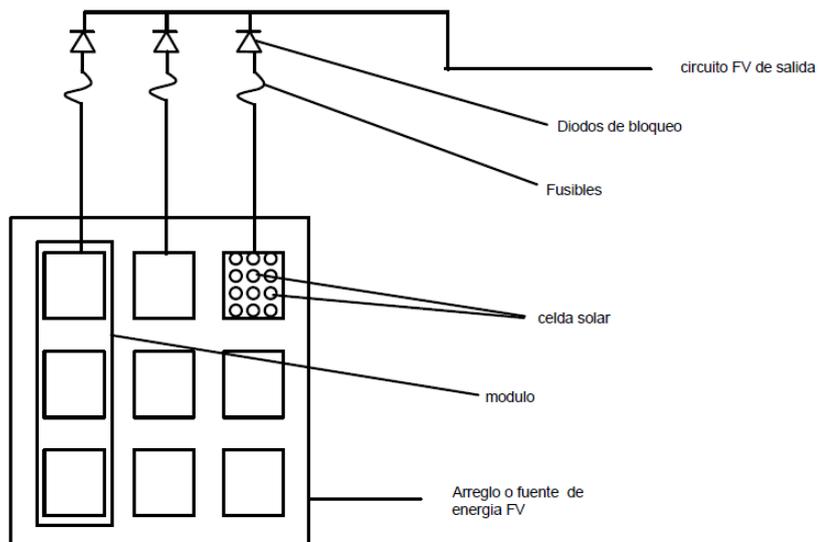


Imagen 21. Generador Fotovoltaico

Módulos.

Unidad completa protegida ambientalmente que está conformada por celdas solares, una protección anti intemperie en forma de lámina de vidrio, una protección térmica en forma de varios diodos y otros elementos, incluyendo los sistemas de orientación diseñados para la generación de corriente alterna. Al producto final se le conoce como módulo. La mayoría de los módulos cuentan con un marco y una lámina de vidrio trasera.



Las características principales de los módulos son:

- Potencia máxima o potencia pico: es la potencia que suministra el modulo
- Voltaje de circuito abierto: voltaje del módulo cuando no cuenta con carga alguna.
- Corriente de corto circuito: es la máxima corriente que puede proporcionar el modulo en caso de un corto circuito
- Corriente de operación o corriente nominal: es la corriente que proporciona el modulo a la salida.
- Temperatura: es la temperatura a la cual opera a su máxima capacidad

Para poder lograr el efecto fotovoltaico, los módulos se construyen de semiconductores, elementos que a bajas temperaturas se comportan como dieléctrico y a altas temperaturas pasan a ser conductores, el semiconductor empleado en este tipo de sistemas es el silicio; sin embargo no se emplea el silicio puro, se dopa con algún otro elemento; en lo general se le suministra al silicio pequeñas porciones de galio, indio o de germanio que son los elementos más comunes para realizar este dopaje.

Se dopa el semiconductor esto para logra dos capas diferentes una de tipo n y otra de tipo p esto producen un campo eléctrico con polaridad en una parte positivo y en otra negativo.

Al incidir los rayos de luz son liberados electrones los cuales son atrapados por el campo eléctrico, además de las dos capas de semiconductor los módulos están formadas por medio de una placa conductora esto para recolectar los electrones que son liberados por el efecto fotovoltaico y así liberarlos hacia el circuito eléctrico, esta capa se encuentra en la parte inferior, en la parte superior se les suele colocar una capa de cristal de cuatro milímetros de espesor aproximadamente y por debajo de esta, se suele colocar una capa de Etil vinil acetato (EVA), posteriormente se coloca la capa de células en string (cadena de células interconectadas en serie soldadas con estaño, se colocan entre cuatro y seis string de 10 células cada una por panel, formando módulos de aproximadamente dos metros cuadrados) y una nueva capa de EVA en ocasiones esta segunda capa es remplazada por una capa denominada tedlar que es un recubrimiento termo plástico es u la cual tiene la mismas finalidades que el eva ; tales como la protección del medio ambiente y se complementan con el anti reflejantes que posee el cristal que se localiza en la capa superior, esto para aumentar la eficiencia de los módulos. Finalmente, se colocan las cajas de conexiones y un marco

de aluminio o en ocasiones también se le coloca un marco de acero inoxidable el cual nos va a permitir un mejor montaje

Internamente un módulo está formado por una serie de células interconectadas en serie y paralelo esto debido a que las células por si solas producen una tensión en promedio de 0.6v por lo que se conectan internamente para alcanzar tensiones que pueden ser de 12v o 24v que son los voltajes comunes en la salida de un módulo, externamente igual se pueden interconectar entre si varios módulos para alcanzar a cubrir la demanda energética que se desea.

Los módulos fotovoltaicos cuentan con una caja de conexiones que esta soldada directamente a las células y se localizan en la parte inferior del módulo esta caja de conexiones cuenta con unos diodos de protección los cuales harán que la corriente solamente circulen en una dirección en la dirección que se indique y no exista una corriente de retorno la cual puede llegar a las células lo cual puede ocasionar algún daño en el sistema y de esta forma acortar su vida útil.

Dicha caja de conexiones debe cumplir con ciertas características como son

Ser del tipo IP65 la cual es a prueba de lluvia y polvo con las terminales de salida debidamente marcadas identificando la terminal negativa y la positiva. Si tiene cables de salida, estos deben ser adecuados para intemperie clase II marcados como resistentes a la luz solar, el calibre debe corresponder a la capacidad de conducción calculada en términos de la corriente de corto circuito del panel (1.56 la corriente de corto circuito del panel bajo condiciones normalizadas de prueba según Art. 690 de la NOM 001-SEDE 2012, estar marcados identificando la terminal positiva y negativa, y tener conectores rápidos para intemperie con las siguientes características mínimas: sistema de bloqueo, tensión eléctrica de aislamiento mínimo 600 V, temperatura de operación hasta de 90°C, protección para el enchufado IP65 o superior, y estar certificados bajo estas

características (por ejemplo conectores del tipo MC4 o MC3) u otro equivalente.

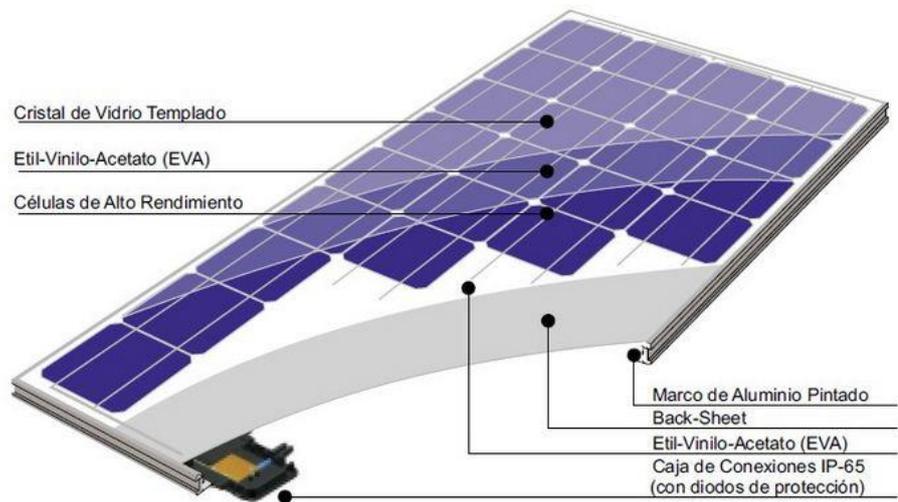
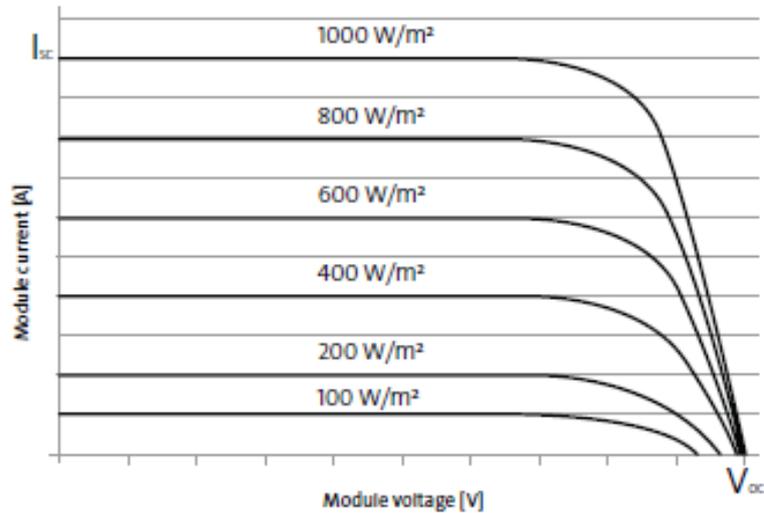


Imagen 22: Elementos de un panel fotovoltaico.

Fuente <http://solartec.com>

Los módulos son cien por ciento dependientes de las condiciones atmosféricas tales como la temperatura y la radiación solar elementos que más adelante se mencionaran con un poco más de profundidad. Por lo que para el dimensionamiento de estos equipos es importante identificar las características ambientales ya que el comportamiento del módulo no es igual a ciertas temperaturas. Por ello, se llevan a cabo ejercicios en laboratorio, que consisten en un ensayo en el cual se simula la radiación del sol por medio de un simulador solar, el cual es una lámpara que emite condiciones similares al sol provocando una temperatura de 25°C y una radiación de 1000W/m² la cual está considerada como la intensidad de un sol, dentro de estas condiciones es cuando el módulo fotovoltaico es más eficiente, dentro del laboratorio se realizan las pruebas variando la resistencia es decir la carga que alimenta el panel se varía una carga

desde 0 y aproximandose al infinito, lo que da por resultado una serie de curvas como la grafica siguiente.



Grafica 2 voltajes vs corrientes

Fuente: fronijs.com

Dentro de esta grafica se puede consultar toda la información eléctrica de los módulos, realizando el análisis de la misma podemos observar que localizamos los valores de

V_{oc}: voltaje de circuito abierto.

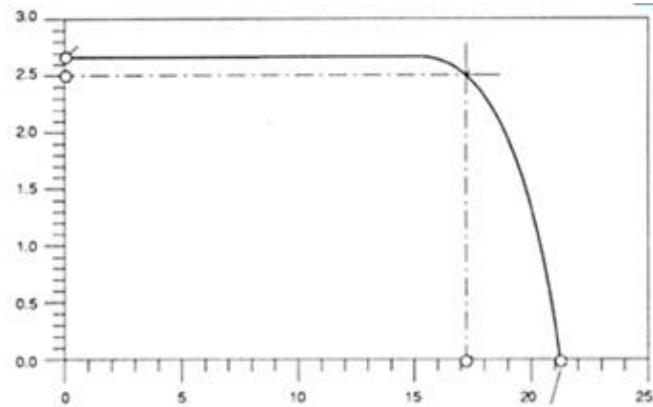
I_{sc}: corriente de corto circuito

I_{MP}: corriente máxima pico

M_{PP}: punto de potencia máxima: como se sabe la potencia es el producto de la corriente y el voltaje siendo la siguiente la expresión matemática.

$$Wp = Vp * Ip$$

Ecuación 3.



Grafica 2 voltajes vs corrientes

Fuente: fronius.com

Por medio de esta grafica se pueden comprobar algunos otros conceptos que nos proporciona el fabricante, alguno de estos conceptos puede ser calculado la eficiencia la cual es calculada con la siguiente ecuación.

$$\eta = \frac{P_{max}}{(E)(A_c)}$$

Ecuación 4.

En donde:

η = eficiencia del modulo

P_{max} = potencia máxima

E = irradiancia (w/m^2) se considera la irradiancia de un sol ($1000w/m^2$)

A_c = área del módulo.

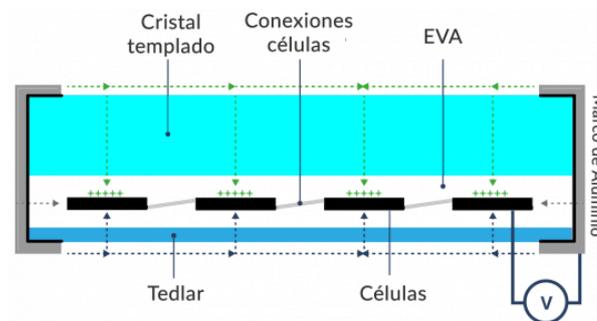
Otro concepto el cual parte de la gráfica voltajes contra corrientes, es el de factor de llenado que lo podemos definir como la eficacia del

módulo, se suele definir como la relación entre el máximo punto de potencia dividido entre el voltaje en circuito abierto (V_{oc}) y la corriente en cortocircuito I_{sc}

$$FF = \frac{P_{max}}{(V_{oc})(I_{sc})}$$

Ecuación 5.

Dentro de los puntos que se tienen que considerar para la buena selección de un módulo solar es que cuenten con la certificación PID FREE la cual acredita al módulo que está libre del efecto de pérdida por efecto inducido este efecto provoca la deformación de la grafica $i-v$ antes ya descrita, es un efecto de pérdidas de corriente, estas pérdidas suelen ser ocasionadas por los efectos ambientales como es la humedad y la temperatura.



Debido a las condiciones ambientales mencionadas se produce una diferencia de potencial entre el cristal y la capa eva una diferencia que puede ocasionar estrés en las células, estos efectos pueden ser causantes de una pérdida de hasta el 30% de la eficiencia del módulo en ocasiones podemos eliminar o reducir estos efectos, simplemente con colocar a tierra el modulo o con la puesta a tierra del inversor

Celda Solar.

Elemento básico que realiza la generación de energía eléctrica al ser expuesto a la luz solar, se forman por finos discos de silicio de entre dos y tres milímetros de grosor, los cuales se conocen como “oblas”; siendo actualmente el componente esencial de estos elementos; en estas pequeñas unidades es realmente donde se realiza la transformación de energía solar en energía eléctrica. A causa de diferentes capas semiconductoras que conforman una celda solar se presenta una diferencia de potencial de acuerdo al material de dicha celda, en el caso del silicio, es de aproximadamente de 0.6 Volts, así que en el interior se hayan generalmente conectadas eléctricamente en serie todas las celdas solares, esto para aumentar la tensión de salida.

Estos elementos se separan en tres grupos según el material del que estén elaboradas.

- Células de silicio mono cristalina. Son elaboradas a partir de una colada de silicio, que se hacen crecer en los llamados mono cristales. De esta forma, se obtienen bloques de silicio en secciones circulares que miden entre dos y tres milímetros de grosor, este tipo de células son fabricadas en serie.
- Células de silicio poli cristalino. En este, el silicio en bruto se calienta y se enfría en moldes de forma controlada al solidificarse, los cristales se orientan en forma irregular obteniendo bloque se silicio cuadrados de tres milímetros de espesor. Por lo general se emplean células de cinco o seis pulgadas con longitudes de arista hasta de un metro y medio.



Imagen 23 Células de silicio poli cristalino

- Células de capa fina. Estas células pueden ser clasificados a su vez, de acuerdo a la forma como son fabricadas, por ejemplo suele ser fabricadas de selenio, cobre e indio (CIS) o Teluro de Cadmio (CdTe).

Se pueden clasificar de acuerdo a su eficiencia de la siguiente manera.

- Células de silicio mono cristalina. tienen una eficiencia entre el 13% y 17%, lo que actualmente representa la eficiencia más alta de todos los tipos de célula.
- Células de silicio poli cristalino. Estas células poseen un grado de eficiencia modular entre el 11% y 15%.
- Células de capa fina de CIS, con una eficiencia entre el 6% y 8%.
- Células de capa fina de CdTe. Tienen una eficiencia modular entre el 4% y 7%.

- Células de silicio amorfo. En este, al contrario que en las células mono cristalinas, el semiconductor es de un espesor de entre 0.5 y 2 micrómetros, por lo cual en el proceso de producción se emplea mucho menor material que en las células de silicio cristalino, en la producción de estas se aplica silicio vaporizado sobre un material base como vidrio. Tienen una eficiencia modular entre el 4% y 7%.

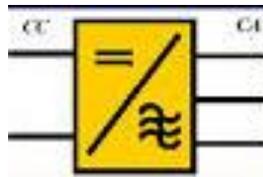
La potencia eléctrica de una célula solar está directamente relacionada con los niveles o índices de radiación solar, las células proporcionan una mayor potencia con cielos despejados y máxima insolación, la máxima potencia que puede generar una célula solar se determina con una intensidad de irradiación de $1000\text{W}/\text{m}^2$ a una temperatura de 25°C , a esta potencia se denomina como potencia pico.

En el año 2010, aproximadamente el 87 % de las células se fabricaron con silicio, de las cuales el 33,2 % son de silicio monocristalino; de policristalino el 52,9 %; de amorfo el 5%; el 5,3 % de telurio de cadmio; el 1,2 % de cobre y el 2,4 % restante con otras tecnologías, según datos de la revista especializada Photon International.

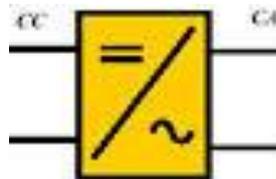
Inversor.

Es un dispositivo electrónico capaz de realizar la conversión de corriente directa (CD) dada por una fuente externa de cómo puede ser el caso de baterías o del mismo panel energía que pueden ser 12 o hasta 48 volts a corriente alterna (CA) con voltajes de 127 o 220.

Inversor trifasico



inversor monofasico



El inversor es empleado principalmente para aparentar la generación de corriente alterna, existen diferentes tipos de inversores estos dependiendo de la potencia nominal que otorga a la salida, también se puede clasificar de acuerdo al tipo de señal de salida, Por ejemplo existen inversores con señales de salida triangulares, o cuadradas, los inversores más eficientes logran una señal senoidal pura y logran la frecuencia de la red 60HZ como es el caso de México.

Algunos de los fabricantes a considerar en la producción de inversores pueden ser los siguientes:

Fronius es una industria que reconocida a nivel mundial que abarca distintos ramos, concentrado en todo lo necesario para los sistemas fotovoltaicos como es el caso de inversores y sistemas de monitoreo



ABB. Los inversores solares de ABB implementan más de 40 años de avances en inversores y en la tecnología de convertidores de potencia, estos avances han permitido que ABB se posicione como líder mundial en convertidores de frecuencia y uno de los mayores proveedores de convertidores para aerogeneradores. ABB ofrece una amplia gama de inversores solares, desde pequeños inversores monofásicos sin transformador, hasta los modelos más avanzados de convertidores de cientos de Kilovatios para grandes centrales de aerogeneración. Esta amplia gama de inversores solares cubre todo tipo de aplicaciones, desde el sistema más pequeño destinado a hogares o residencias unifamiliares, hasta complejos sistemas presentes en grandes centrales eléctricas con varios MW de potencia.

GoodWe (Jiangsu) Fuente de alimentación Technology Co. Ltd, es la empresa de energía renovable se encuentra en la "Venecia de Oriente", una ciudad de Suzhou

Dentro de la norma que rige a los dispositivos inversores se encuentran los siguientes puntos.

- Tener una eficiencia igual o mayor del 95% a la potencia nominal del sistema.
- Tener una placa de identificación que incluya información de la marca, modelo, especificaciones, fabricante o importador responsable
- Tener la capacidad para el manejo de energía de acuerdo al diseño del sistema fotovoltaico. La potencia de salida del inversor no debe ser menor a la potencia de operación del arreglo FV.
- El “Proveedor” del equipo debe garantizar que la tensión eléctrica en el punto de máxima potencia de la Fuente de Energía FV, a cualquier temperatura ambiente, debe ajustarse al intervalo de tensión eléctrica de operación del inversor.
- Debe contar con un gabinete con grado de protección IP54 si su uso es en interiores ó IP65 o superior si es para uso en intemperie.
- La Tensión de salida del inversor debe ser aquella a la que el usuario tiene contratada su suministro: 127 V en sistemas monofásico a 2 hilos para consumidores con potencias instaladas no mayores a 5.0 kW; 120 V/240 V en sistemas monofásico tres hilos ó bifásicos tres hilos para consumidores con potencias instaladas entre 5.0 kW hasta 10.0 kW; 220 V/ 127 V en sistemas trifásicos 4 hilos para consumidores con potencias instaladas mayores de 10.0 kW.
- El inversor debe ser monofásico si la potencia nominal del SFV-IR no excede de 10.0 kWp; y debe ser trifásico si la potencia nominal del SFV-IR es superior a 10.0 kWp.

Medios de desconexión a la red.

Dentro de los SFVI se emplean interruptores¹² los cuales permiten la desconexión del sistema fotovoltaico de la red, esto con fines de seguridad, por ejemplo, si existiera alguna falla dentro del sistema o simplemente por razones de mantenimiento al sistema.

Normas:

- La Capacidad de Conducción de los Medios de Desconexión debe seleccionarse de acuerdo a la Norma NOM 001 SEDE 2012; es decir: en el circuito de salida de la fuente fotovoltaica (CS-FV) con una ampacidad de 1.56 veces la corriente de corto circuito del GFV; y en el circuito de salida del inversor (CS-Inv), con un valor de 1.25 veces la corriente a la potencia nominal del inversor.

Diodo de bloqueo.

tambien llamados diodos by pas, los modulos fotovoltaicos de fabricación cuentan con un diodo el cual es un elemento que nos permite el flujo de la corriente en un solo sentido, este componete el fabricante se le agrga por seguridad y por integridad de la unidad, además del diodo integrado por fabrica al modulo se le suele colocar

Subsistema de monitoreo.

En la actualidad existen sistemas de monitoreo sumamente completos los cuales nos permite monitorear la producción de nuestro sistema vía remota es decir vía internet, esto se puede lograr con la interconexión del inversor a un sistema de monitoreo como puede ser el caso de un Datalogger que es un registrador de datos el cual es un dispositivo electrónico que capta datos y los procesa y los muestra a un usuario por medio de una pantalla en el caso de la marca de Fronius cuenta con Dataloggers los cuales se pueden interconectar a una red local o la misma red de internet si es necesario lo cual nos permite monitorear el sistema.

¹² Todos los elementos de desconexión y de protección pueden ser consultados con mayor detalle en Las normas NOM 001 sede 2012 artículo 690-13 al 690-17

También el sistema más simple de monitoreo que se puede observar en estos sistemas es el propio wattorímetro que en la actualidad y para este tipo de sistemas es un dispositivo digital que suele ser proporcionado por la compañía que proporciona el suministro de energía esto en el caso de un sistema interconectado en este caso los wattorímetros suelen ser bidireccionales es decir registran el consumo de la red así como la potencia que está produciendo el sistema.

En un sistema aislado los wattorímetros solamente se concretan a registrar la potencia que produce el sistema.

Baterías.

Son elementos comúnmente empleados solamente en los sistemas aislados de la red estos elementos almacenan energía por medio del generador FV y es liberada por la noche para satisfacer la demanda energética ya que por la noche la generación de energía eléctrica por medio del generador fv es prácticamente nula.

Controlador de carga.

Equipo electrónico que controla la tensión de corriente continua empleada para cargar las baterías para optimizar la vida útil de las baterías.

De un modo sencillo, un controlador de carga se puede entender como un interruptor, cerrado y conectado en serie entre paneles y batería para el proceso de carga y abierto cuando la batería está totalmente cargada. Las intensidades máximas de entrada y salida del regulador adecuado para cada aplicación dependerán de la corriente de máxima que pueda producir el sistema de generación fotovoltaico para la entrada y la corriente máxima de las cargas para la salida. Para tener en cuenta los posibles picos de irradiancia o los cambios de temperatura, es recomendable que, a la hora de escoger el regulador, sea aquel con un 15-25% superior a la corriente de cortocircuito que le puede llegar del sistema de generación fotovoltaico (I entrada) o bien, de la que puede consumir la carga del sistema (I salida). La elección del regulador solar será aquel que soporte la mayor de las dos corrientes calculadas.



Conductores.

La selección de los conductores con los cuales se realizara la conexión del sistema debe de estar establecido bajo la normativa se destacara solamente lo más importante para el diseño

- No se acepta cable uso rudo en los circuitos del sistema fotovoltaico para el caso de estructuras sin seguimiento solar
- En los circuitos de la fuente y de salida fotovoltaica la ampacidad o capacidad de conducción de los conductores debe seleccionarse con un valor de 1.56 veces la corriente de corto circuito, I_{sc} , del módulo, panel o arreglo fotovoltaico.

En el circuito de salida del inversor, la capacidad de conducción de los conductores debe seleccionarse con un valor de 1.25 veces la corriente a la potencia nominal del inversor.

El tipo de cable conductor para el cableado en general, no expuesto a la intemperie, debe ser seleccionado con aislante a 90°C, por ejemplo del tipo THW-2, THWN-2, THHW-LS o equivalente.

Para temperaturas ambiente que excedan de 30°C, la capacidad de conducción de corriente debe corregirse, reduciendo su valor, con los factores dados por la Tabla No. 310-15(b)(2)(a) de la NOM-001-SEDE 2012¹³,

Para canalizaciones circulares expuestas a la luz solar colocados en o por encima de azoteas, la temperatura “ambiente” de los cables conductores dentro de la canalización debe incrementarse por los valores proporcionados por la Tabla 310-15¹⁴(b)(3)(c) de la NOM-001-SEDE 2012

¹³ Consultar tabla en anexo 3

¹⁴ Consultar tabla en anexo 4

Para más de tres cables conductores portadores de corriente en una canalización o cable, la capacidad de conducción de corriente debe regirse, reduciendo su valor, con los factores dados por la Tabla No. 310-15¹⁵(b)(3)(a) de la NOM-001-SEDE 2012

El calibre de los conductores del circuito de la fuente fotovoltaica a la caja de combinación debe ser seleccionado para evitar una caída de tensión no mayor al 1%. El calibre de los conductores del circuito de salida fotovoltaico hacia el inversor debe ser seleccionado para evitar una caída de tensión no mayor al 1%. El calibre de los conductores del circuito de salida del inversor hacia el tablero de distribución debe ser seleccionado con una caída de tensión no mayor al 2%.

3.4 resumen de normas

Previo al desarrollo de un proyecto fotovoltaico se deben realizar las consideraciones de la instalación, propuestas por los estándares internacionales como es el caso de las normas IEC, y las normativas nacionales (NOM). Que en ocasiones son empleadas como guía de instalación, por lo que se tiene que recalcar que no lo son.

- NOM-001-SEDE-2012 artículo 690. Lo dispuesto en este artículo se aplica a sistemas electricos fotovoltaicos y todos sus elementos, los sistemas fotovoltaicos cubiertos por este artículo pueden ser interactivos con otras fuentes de producción de energía eléctrica o autónoma, con o sin almacenamiento de la energía con baterías, puede tener su utilización como corriente continua o corriente alterna.¹⁶
- NMX-J-643/1-ANCE-2011 (IEC 60904-1) - Dispositivos fotovoltaicos-Parte 1: Medición de la característica corriente-tensión de los dispositivos fotovoltaicos.

¹⁵ Consultar tabla en anexo 5

¹⁶ Norma disponible en http://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5280607

- NOM 008 scfi-2011¹⁷. Esta normativa abarca todo lo correspondiente a las unidades con las cuales se va a trabajar los sistemas fotovoltaicos.
- IEC 60364 parte 712 hacen referencia a la instalación de los sistemas fotovoltaicos.
- IEC 61173 Over voltaje proteccion forphotovoltaic (PV) power generating systems Guide (Protección de sobre-voltaje para sistemas generadores de potencia fotovoltaica (PV)).
- IEC 61836 Solar photovoltaic energy systems - Terms and symbols (Sistemas de energía solar fotovoltaica – Términos y símbolos)
- NMX-J-618/4-ANCE-2012 (IEC 61215) - Evaluación de la seguridad en módulos fotovoltaicos (FV)-Parte 4: Requisitos para módulos fotovoltaicos de silicio cristalino-Calificación del diseño.
- RES/054/2010 de la CRE, DOF 8/04/2010 establece los niveles de capacidad máxima a instalar esto como requisito para la interconexión a la red

¹⁷ Norma disponible en

<https://www.google.com.mx/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiW5sStza3PAhVKwiYKHXMGDV0QFggjMAE&url=http%3A%2F%2Fwww.inecc.gob.mx%2Fdescargas%2Fpublicaciones%2F008-scfi&usg=AFQjCNGjJhUbDNtnHL9HnrnzK4EVk4XV-w>

Diseño de la instalación de paneles fotovoltaicos para la auto sustentabilidad de un departamento con un consumo promedio diario de 5 KW

CAPITULO IV. CASO PRÁCTICO



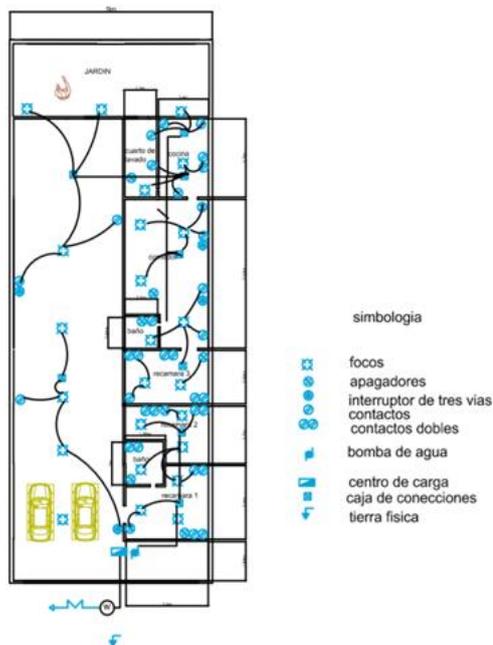
4.1 Calculo de demanda energética:

Se Cuenta con la referencia del recibo bimestral que proporciona la comisión federal de electricidad, como referencia proporcionada contamos con un promedio diario de 3.28 kwh

Periodo Consumo	Días	Promedio Diario en kWh	Promedio Diario en \$
11 JUL 16 AL 09 SEP 16	60	3.28	3.43

IMAGEN 23. FOTO DEL RECIBO

Adicionalmente al consumo bimestral se realizó el cálculo de la demanda energética, dicho cálculo se realizó con ayuda del plano electrico, que nos muestra la distribución de las cargas a las cuales se va a suministrar energía eléctrica.



Plano 1: instalacion electrica

Fuente:Elaboración propia

25 luminarias, las cuales tienen un consumo de 5W cada una por lo que se tiene un consumo por hora de 125W y tomando en cuenta un promedio de 6 horas durante las cuales las luminarias estarán en funcionamiento, se tiene la siguiente ecuación.

$$E_d = PT$$

Ecuación 6.

Donde:

E_d = consumo diario

P= potencia

T=tiempo de uso diario

Siguiendo esta ecuación se tiene un consumo diario de

$$E_d = (125w)(6h) = 750wh./día$$

- Un refrigerador el cual esta conectado las 24 horas pero el compresor solo se acciona por un promedio de 6h

$$E_d = (6)(375) = 2250wh/día$$

- ventilador de techo los cuales tienen un consumo promedio de 150w, tomando una demanda en un día caluroso un consumo de 8h diarias por lo que se tiene la siguiente expresión.

$$E_d = (150)(8) = 1200wh/día$$

- Bomba de agua de ½ hp el cual equivale a a 372.5w, dicha bomba operara un promedio diario de 2 horas lo cual representa un consumo de 745w.

$$E_d = (372.5)(2) = 745wh/día$$

Se considera también el consumo de una bomba de agua de 1/2 hp la cual funciona en un promedio diario de dos horas lo cual representa una demanda adicional de 745 watts

Por lo tanto la demanda energética considerando los elementos anteriores se resume en la siguiente tabla.

Tabla 7. Resumen de la demanda energética

resumen de la demanda energetica		
potencia (w)	tiempo de uso(h)	ed(wh)
125	6	750
375	6	2250
150	8	1200
372	2	744
demanda total		4944

En este diseño no contamos con cargas que se alimenten con corriente directa por lo cual el calculo solamente considera una demanda ca, en dado caso que existieran se deben tomar en cuenta directamente en el dimensionamiento de las baterías.

El recibo proporcionado por CFE arroja un valor menor al calculado, debido a que se calculó una demanda en casos extremos de demanda, en caso de que el sistema se encuentre a plena carga, por esta razón para el dimensionamiento del sistema se realizara de acuerdo al cálculo teórico, para una carga de 5kw la cual está conectada a una línea por la cual circula un voltaje de 127v a una frecuencia de 60hz, dicha frecuencia y voltajes son las condiciones en las que opera la Comisión Federal de Electricidad.

Tabla 7. Demanda energética a instalar

RESUMEN DE DEMANDA ENERGÉTICA A INSTALAR	
potencia total por día	5kwh/día
frecuencia de línea	60Hz
tensión nominal	127v

4.2. Diseño del sistema fotovoltaico.

Debido a que la producción de energía está directamente afectada por la irradiación solar, se tiene que considerar, la ubicación geográfica en la cual se instalaran los equipos en este caso se ubicara en el municipio de Ecatepec Edo. México, en la colonia El Chamiza; ubicado a 19° 29' 50.5'' latitud norte y 99° 03'16.6'' longitud este.

Imagen 24: Lugar geografico



Fuente: <https://www.google.com.mx/maps>

Para el desarrollo de este proyecto se emplearán los datos correspondientes al Estado de México, cuyos estudios se realizaron en Chapingo; el cual arroja una insolación promedio de 3.9horas¹⁸ este es el dato correspondiente a las horas promedio que existe la mayor radiación solar en esta área

Para el cálculo del sistema se toma en cuenta los datos atmosféricos de la zona en la que se llevara a cabo su instalación

Tabla 8. Datos geográficos

Datos climatológicos del lugar a instalar		
Latitud	°N	19.497
longitud	°E	-99.054
Altitud	M	1928
velocidad del viento promedio	m/s	3
radiación solar por día (kWh/m ² /d)	kWh/m ² /d	5.46

4.2.1 cálculo de baterías

Comenzaremos el dimensionamiento, calculando las baterías debido a que son directamente de donde vamos a extraer la energía que vamos a convertir en corriente alterna.

Debido a que los equipos a instalar no son 100% eficientes se tiene que emplear factores de corrección.

El inversor que se empleara nos especifica que cuenta con una eficiencia del 95% por lo que se tiene que realizar la corrección para compensar el 5%faltante, de igual forma se deberá corregir por la pérdida del 15% de las baterías y del controlador de carga.

En resumen en nuestro sistema contamos con una perdida aproximada del 20% por lo que nuestro sistema cuenta con una eficiencia aproximada del 80% por lo que se hará la corrección a la demanda anteriormente dimensionada

¹⁸ Consultar anexo 1

$$E_d = E_d / \eta_{\text{sis}} = 5000 / 0.8 = 6,250$$

De acuerdo a los datos proporcionados por los fabricantes se recomienda que las baterías no se descarguen por completo por lo que se dimensionaran para trabajar en condiciones extremas a un 50% de su carga lo cual recomienda el fabricante al igual que un dimensionamiento autónomo de 2 días de sombra lo cual significa que las baterías seguirán proporcionando energía aun en ausencia del generador fotovoltaico durante 1 días

Por esta razón se hará una nueva corrección al cálculo antes dado.

$$\text{capacidad de baterias} = \frac{\text{consumo diario} * \text{daias de autonomia}}{\text{maxima profundidad de descarga}}$$

Ecuación 7

$$\text{capacidad de baterias} = \frac{6250 * 1}{0.5} = 12500 \text{wh/dia}$$

Por esta razón es necesario dimensionar nuestro banco de baterías para que sea capaz de almacenar la energía necesaria para cumplir esta demanda energética.

Se propone la batería

Bateria POWER AGM			
modelo	voltaje(v)	capacidad(Ah)	ciclos
24TMXAGM260	12	260	1000

Para la alimentación del inversor requerimos un voltaje de 48vcd por los que realizaremos el cálculo con este valor.

Diseño de la instalación de paneles fotovoltaicos para la auto sustentabilidad de un departamento con un consumo promedio diario de 5 KW

$$N_{Bs} = \frac{V_{NS} = 48v}{V_{NB} = 12v} = 4$$

Donde

N_{bs} = número de baterías en serie

V_{ns} = voltaje nominal del sistema

V_{nb} = voltaje nominal baterías

con base a la formula.

$$P = V * I$$

Donde

P = potencia

V = voltaje

I = corriente

Tendremos que

$$I = \frac{P}{V} = \frac{12500}{48} = 260\text{Ah}$$

Siendo este el valor de las baterías

Calculo del numero de baterías en paralelo

$$N_{bp} = \frac{\text{CAPACIDAD NSESARIA}}{\text{CAPACIDAD POR BATERIA}}$$

$$N_{bp} = \frac{260}{260} = 1$$

Al tener un precio de \$10550.00 se propone una batería diferente que cumple con la demanda y tiene un costo menor de \$7140.00

Batería TROJAN			
modelo	voltaje(v)	capacidad(Ah)	ciclos
24TMX	12	250	1000

para la nueva batería solo se recalcula el número de baterías en paralelo

Calculo del número de baterías en paralelo

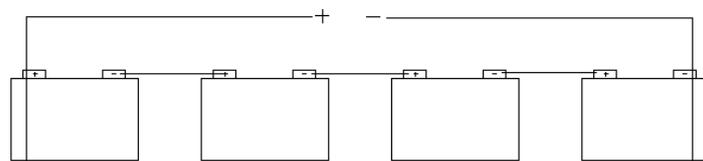
$$N_{bp} = \frac{CAPACIDAD\ NECESARIA}{CAPACIDAD\ POR\ BATERIA}$$

Ecuacion 8:

$$N_{bp} \frac{260}{250} \approx 1$$

Por lo tanto se requeriran un total de 4 baterías las cuales serán distribuidas en una sola cadena de 4 baterías conectadas en serie y lo cual representara un gasto al proyecto de \$28,560.00

Imagen 25: Conexión de baterías a instalar



4.2.2 cálculo de módulos fotovoltaicos

De acuerdo a las normas anteriormente mencionadas y los requerimientos mínimos, establecidos por dichas normativas se proponen 2 módulos los cuales son de dos fabricantes altamente reconocidos a nivel mundial y nos proporcionan una garantía de hasta 25 años.

Uno de ellos es el fabricado por la compañía solar Word, en el mercado este módulo tiene un valor de \$5,565.00

especificaciones electicas modulo solarword w260	
tecnología	monocristalino
potencia máxima	260wp
tensión pico	38.9v
corriente pico	8.56
corriente corto circuito	9.18
tensión máxima en vacío	30.7

Otro modulo propuesto es s60-240 el cual tiene un valor de 5100:

especificaciones electicas modulo solartec s60pc-240	
tecnología	monocristalino
potencia máxima	240wp
tensión pico	30v
corriente pico	8A
corriente corto circuito	8.35A
tensión máxima en vacío	35v

En este caso se optara por el modulo fabricado por la compañía solartec dado que por los niveles de tensión se adaptan mejor a nuestro dimensionamiento además que cuenta con un valor comercial menor al módulo antes propuesto.

Calculo de número de módulos

Se realiza el dimensionamiento tomando en cuenta el mes más desfavorable el cual es el mes de diciembre el cual cuenta solamente con un promedio de 3.9h¹⁹ de radiación solar al día, esto nos implicara un sobredimensionamiento para los demás meses lo cual lo controlara el regulador de carga, sin embargo al dimensionar de esta manera se esta asegurando la integridad de la energía en todo momento.

¹⁹ Consultar anexo 1 y 2

Entonces se prosigue a calcular la energía que nos debe proporcionar los módulos durante las 3.9h por lo que se tiene la siguiente expresión

$$E_p = E_d / t E_p = \frac{E_d}{t} = \frac{12500}{3.9} = 3205wh$$

Donde:

E_p = capacidad de baterías

T = horas de insolación en México

E_d = energía requerida

Siendo un sistema a 48v tendremos que la capacidad del sistema será 66.7Ah

El número de módulos en serie estará dada por el cociente de la energía del sistema en ampers-hora y la corriente nominal del módulo dada en ampers.

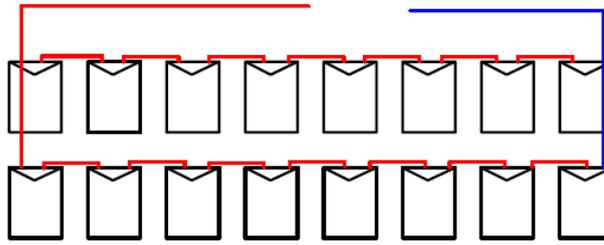
$$N_{ms} = \frac{66.7Ah}{8} \approx 8 \text{modulos}$$

Para el cálculo del número de módulos en paralelo se requiere de la tensión del sistema que en este proyecto es de 48v y la tensión nominal del módulo que en el caso del módulo solartec es de 30v

$$N_{mp} = \frac{48v}{30v} \approx 2$$

Por lo tanto se tendrá dos cadenas o strings de 8 módulos cada una lo que nos sumara un total de 16 módulos lo que representara un gasto de \$81600.00

Imagen 25 conexión de módulos



4.2.3 Calculo del controlador de carga.

El controlador de carga se dimensiona con base en la corriente de corto circuito de nuestro sistema la cual será el producto de la corriente de corto circuito de modulo por el número de módulos que conformaran cada cadena

$$I_{cc} = 8.57A * 8 = 68.56A$$

Realizando corrección por sobre corriente tenemos.

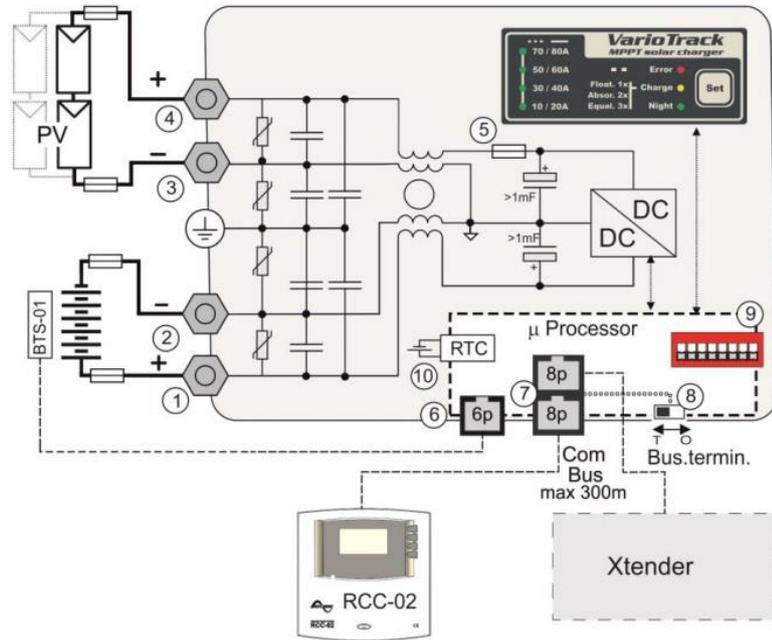
$$I_{cc} = 68.56 * 1.56 = 106.96A$$

Este valor es el valor que debe soportar nuestro controlador de carga ya que es la corriente máxima la cual nos puede entregar el sistema, al no existir un controlador para una capacidad de 106.96A se optara a la selección de un controlador que tiene una capacidad de 120 A como es el caso de regulador VT-120 en el mercado este regulador tiene un valor de \$40,000.00

regulador de carga		
modelo	voltaje de entrada	capacidad
MPPT STUDER Variotrack VT-120 600V	48	120

En la siguiente imagen se muestra la conexión interna del regulador así como la conexión entre el generador fotovoltaico y el banco de baterías

Imagen 26 conexión interna regulador de carga



Fuente : fronijs.com

4.2.4 Selección del inversor

Al tener un sistema que nos generara una potencia de 3200wp operando a 48v se selecciona de acuerdo con estos datos y se opto por el siguiente inversor. El cual tiene un valor de \$46,200.00

inversor	
modelo	GVFX3248
potencia	3200W
voltaje entrada (vcd)	48
voltaje salida (vca)	120
corriente de salida	27

4.2.5 Dimensionamiento de conductores para la interconexión Entre módulos y controlador de carga

Para realizar este dimensionamiento se requiere la corriente de corto circuito del sistema modificado por el factor de 1.25 dado por la normas mexicanas.

$$I_{cc}=1.25*68.56=85.7A$$

Para la selección de estos conductores se debe considerar las normas antes mencionadas que nos establecen una caída de tensión no mayor al 1% lo cual representa una caída de 0.48v

$$e = \frac{2\rho * LI}{S}$$

ecuación 9.

Donde

e= caída de tensión (v)

L =longitud del conductor (m)

I= corriente.(A)

S= área trasversal del conductor (mm²)

ρ = resistividad del material para el caso del cobre se considera una resistividad de 0.0175 ohm mm²/m a una temperatura de 20°

el sistema al contar con una temperatura de operación no mayor a los 30°aplicaremos un factor de corrección de 1

Al necesitar una caída de tensión del 1% podemos resumir la formula a.

$$s = 2\rho * LI$$

ecuación 10.

Tomaremos en cuenta secciones de aproximadamente 10m para la interconexión de los módulos por lo que se tiene la siguiente expresión

$$s = 2(0.0175) * (10)(85.7) = 29.99mm^2$$

Por lo tanto emplearemos un calibre 2AWG²⁰

Selección de conductor sección de CA.

El inversor nos entrega una salida de hasta 27A la cual se empleara para la selección del conductor.

$$I=27*1.25=33.75A$$

Por capacidad de corriente corresponde a un conductor calibre 8.

Por caída de tensión se calculara para una caída no mayor del 2%

$$S=\frac{2*0.0175*33.75*10}{2}=5.9mm^2$$

Lo cual corresponde a un conductor calibre 8

4.2.6 selección de canalización para conductores

Se colocaran dos conductores de calibre 2 que cuenta con un diámetro de 10.5mm²¹ por lo tanto cuenta con un área de 86mm² al introducir dos conductores tendremos un área de 172mm².

Dea acuerdo a la tabla 10-1 de la nom 001 sede 2012 se le aplicara un factor de relleno del 40% por lo que tendremos que el área de la canalización estará dada por la siguiente ecuación.

$$\frac{172 * 100}{40} = 430mm^2$$

²⁰ Consultar anexo 6

²¹ Consultar anexo 7

La tubería de 1in cuenta con un área de 557 mm² por lo que se seleccionara esta.

4.2.7, selección de protecciones contra sobre corriente (interruptores termo magnéticos).

- Para la selección de las protecciones emplearemos los valores anteriormente calculados
- Protección contra sobre corriente en módulos, teniendo que la corriente de corto circuito es de 8.35A se requerirá interruptores de 10A para cada serie
- Protección contra sobre corriente en controlador de carga, al no existir un interruptor de 85.7 se empleara un interruptor de 90A.
- Protección contra sobre corriente en salida del inversor, se emplea la corriente ya modificada de 33.5A por lo que se le colocara una protección de 35A

4.2.8 Calculo de conductor para puesta a tierra

Se colocara una puesta a tierra del calibre 8 correspondiente a conductores menores a 2 siendo que nuestro sistema cuenta con puros conductores menores y que asi lo establece la nom 001 sede 2012 tabla 250-66

CONCLUSIÓN.

Dada la crisis energética que se está viviendo en la actualidad, se ha vuelto imperativo buscar alternativas de energía tales como la solar, ya que el sol es una de las fuentes inagotables de energía; por ello se realizó el presente trabajo con la premisa de que es posible que una vivienda sea autosustentable, capaz de generar su propia energía sin necesidad de abastecerse de la electricidad proporcionada por el Estado.

Partiendo del supuesto anterior y después de realizar la investigación tanto documental como práctica con los cálculos correspondientes se puede concluir que un departamento que cuenta con todos los servicios y espacios propios para ser habitado y que consume una energía promedio de 5 KW diarios es capaz de abastecerse de electricidad de manera independiente a la generada por CFE.

Para el dimensionamiento de los paneles solares se consideró la radiación solar existente durante el invierno, con la cual se cumple eficientemente la demanda energética de la vivienda; por lo tanto se considera que durante el verano, cuando la radiación alcanza su máximo apogeo existirá un excedente energético, el cual podría ser comercializado mediante un contrato de interconexión con CFE.

En resumen, se tiene que tanto interconectado a la CFE como de manera independiente la vivienda se abastece de manera eficaz de energía con 16 paneles solares incluso en temporada invernal.

Considerando las características del proyecto se tiene que es necesaria una inversión de \$211360.00.

PRESUPUESTO				
CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	MONTO	TOTAL
Baterias 260 AHr	Pz	4	\$7.140,00	\$28.560,00
Modulos 240 W	Pz	16	\$5.100,00	\$81.600,00
Controlador de carga	Pz	1	\$40.000,00	\$40.000,00
Inversor	Pz	1	\$46.200,00	\$46.200,00
Instalacion	Lt	1	\$15.000,00	\$15.000,00
			TOTAL	\$211.360,00

Dada la inversión necesaria y considerando que con dicho proyecto se tiene un excedente de 2430 KW anuales, los cuales pueden ser vendidos a CFE, mediante un contrato de interconexión, se estima que dicho costo se verá amortizado en un periodo de 50 años; no obstante, la vida útil de los paneles solares solo es de 25 años; por lo cual la inversión no es rentable.

Pese a que financieramente el proyecto no es atractivo, las condiciones actuales de los energéticos obligan a ver este tipo de proyectos como una necesidad de sobrevivencia más que económica; lo que eventualmente provocara la estandarización del producto y por tanto el abaratamiento de los insumos.

BIBLIOGRAFÍA.

CHWIEDUK, Dorota. *Solar Energy in buildings*. Edit. Ap. EEUU, 2014.

FALK, Antony. *Fotovoltaica para profesionales*. Edit. Ensolar. España, 2006.

MESSENGER, Roger. *Photovoltaic System Engineering*. Edit. CRC Press. EEUU, 2000.

MORSE, Frederick. *Centrales Eléctricas*. Edit. Continental. México, 1978.

Servicios Energéticos Básicos Autónomos. *Tejados fotovoltaicos*. Edit. Seba. España, 2009.

ESPECIFICACIÓN CFE G0100-04 Interconexión a la Red Eléctrica de Baja Tensión de Sistemas Fotovoltaicos con Capacidad Hasta 30 Kw.

MESOGRAFÍA.

Energía sustentable. Disponible en
http://mim.promexico.gob.mx/wb/mim/energias_perfil_del_sector.
Consultado el 25 de septiembre del 2015

Datos climatológicos disponibles en:

<https://eosweb.larc.nasa.gov/cgiin/sse/retscreen.cgi?email=rets%40nrcan.gc.ca&step=1&lat=19.497222&lon=-99.054444&submit=Submit>
consultado el 12 de septiembre de 2016

<http://www.solartec.mx/>

<http://www.sfe-solar.com>

ANEXOS

Diseño de la instalación de paneles fotovoltaicos para la auto sustentabilidad de un departamento con un consumo promedio diario de 5 KW

ANEXO 1. Horas de insolación en México.

Estado	Ciudad	Ene	Feb	Mar	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Min	Max	Med
Aguascalientes	Aguascalientes	4.5	5.2	5.9	6.3	6.1	5.9	5.7	5.1	4.8	4.0	4.0	7.2	5.6
Baja California Sur	La Paz	4.4	5.5	6.0	6.6	6.3	6.2	5.9	5.8	4.9	4.2	4.2	6.6	5.7
Baja California	Mexicali	4.1	4.4	5.0	7.3	7.0	6.1	6.1	5.5	4.5	3.9	3.9	7.3	5.5
Baja California	San Javier	4.2	4.6	5.3	7.1	6.4	6.3	6.4	5.1	4.7	3.7	3.7	7.1	5.5
Baja California Sur	S. José del Cabo	5.0	5.6	5.8	6.1	5.8	6.2	5.8	5.8	5.2	4.4	4.5	6.3	5.7
Campeche	Campeche	4.8	5.7	6.0	4.9	4.9	5.3	5.2	5.4	5.0	4.3	4.4	6.0	5.2
Chiapas	Arriaga	5.1	5.4	5.5	5.2	5.9	5.5	5.1	5.3	5.1	4.7	4.7	5.9	5.4
Chiapas	Juan Aldama	4.4	5.1	4.9	4.1	4.4	4.5	4.1	4.3	4.4	4.2	4.1	5.1	4.5
Chiapas	San Cristóbal	4.0	4.3	4.5	4.7	5.4	5.3	4.6	4.2	3.9	3.7	3.7	5.4	4.5
Chiapas	Tapachula	5.4	4.9	4.8	4.7	5.2	5.1	4.6	4.1	4.3	4.1	4.1	5.4	4.7
Chiapas	Tuxtla Gutiérrez	3.8	4.4	4.6	5.1	5.4	5.3	4.9	4.4	4.1	3.7	3.7	5.4	4.7
Chihuahua	Chihuahua	5.8	6.4	6.8	6.4	6.4	6.5	6.8	6.8	6.0	5.2	5.3	8.9	5.9
Chihuahua	Guachochi	3.3	3.5	3.9	5.3	5.4	5.6	5.7	5.1	4.9	4.4	3.3	6.9	6.4
Chihuahua	Cd. Juárez	6.0	7.2	7.3	6.5	6.3	6.5	6.8	7.4	6.6	5.9	5.9	7.4	6.7
Coahuila	Piedras Negras	3.1	3.6	4.2	6.0	6.7	6.3	4.9	4.1	3.3	2.9	2.9	6.7	4.5
Coahuila	Saltillo	3.8	4.2	4.8	5.9	5.9	5.6	5.2	4.4	3.6	3.3	3.3	5.9	4.8
Colima	Colima	4.4	5.1	5.3	5.2	4.9	5.0	4.6	4.4	4.4	3.9	3.9	6.0	4.9
D.F.	Tacubaya	5.4	6.0	6.4	5.1	4.5	4.9	4.5	4.8	5.2	5.2	4.5	6.4	5.3
Durango	Durango	4.4	5.4	6.5	6.8	6.0	5.6	5.7	5.1	4.8	3.9	3.9	7.5	5.7
Guanajuato	Guanajuato	4.4	5.1	6.1	6.0	6.0	5.9	5.8	5.2	4.8	4.6	4.4	6.6	5.6
Guerrero	Acapulco	4.8	5.3	6.1	5.1	5.3	5.4	4.9	5.2	5.0	4.7	4.7	6.1	5.3
Guerrero	Aguas Blancas	5.8	5.9	6.0	5.4	5.6	5.8	5.5	5.6	5.5	5.5	5.4	6.0	5.7

Estado	Ciudad	Ene	Feb	Mar	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Min	Max	Med
Guerrero	Chilpancingo	4.1	4.5	4.9	5.2	5.1	5.1	4.7	4.4	4.1	3.8	3.8	5.2	4.7
Hidalgo	Pachuca	4.6	5.1	5.6	5.7	5.9	5.8	5.3	4.9	4.6	4.2	4.2	6.8	5.4
Jalisco	Colotlán	4.6	5.7	6.5	6.6	5.8	5.6	5.8	5.3	4.9	4.1	4.1	8.2	5.9
Jalisco	Guadalajara	4.6	5.5	6.3	5.9	5.3	5.3	5.2	4.9	4.8	4.0	4.0	7.7	5.6
Jalisco	L. de Moreno	4.5	5.3	6.1	6.1	5.8	5.6	5.5	5.0	4.7	4.0	4.0	7.2	5.5
Jalisco	Puerto Vallarta	5.2	5.7	6.0	5.5	5.6	5.7	5.5	5.6	5.2	4.7	4.7	6.0	5.5
México	Chapingo	4.5	5.1	5.6	5.4	5.2	5.2	5.0	4.7	4.6	3.9	3.9	5.9	5.1
Michoacán	Morelia	4.2	4.9	5.5	5.2	5.0	5.1	4.9	4.6	4.3	3.7	3.7	5.9	4.9
Nayarit	Tepic	3.9	4.3	4.8	5.3	4.9	5.3	4.4	4.4	4.0	4.8	3.9	6.1	4.8
Nuevo León	Monterrey	3.2	3.6	4.1	5.5	6.1	5.6	5.0	3.8	3.3	3.0	3.0	6.1	4.4
Oaxaca	Oaxaca	4.9	5.7	5.8	5.4	5.9	5.6	5.0	4.9	4.8	4.4	4.4	6.0	5.3
Oaxaca	Salina Cruz	5.4	6.3	6.6	5.0	5.6	5.9	5.2	5.9	5.7	5.2	5.0	6.6	5.8
Puebla	Puebla	4.9	5.5	6.2	5.7	5.8	5.8	5.2	5.0	4.7	4.4	4.4	6.4	5.5
Querétaro	Querétaro	5.0	5.7	6.4	6.4	6.4	6.4	6.3	5.4	5.0	4.4	4.4	6.9	5.9
Quintana Roo	Chetumal	3.9	4.7	5.4	4.7	4.9	5.0	4.5	4.4	4.0	3.7	3.7	5.7	4.7
Quintana Roo	Cozumel	3.9	4.6	5.3	4.8	4.9	4.9	4.6	4.4	4.0	3.8	3.8	5.7	4.7
San Luis Potosí	Río Verde	3.6	4.0	4.6	5.6	5.8	5.8	5.1	4.3	3.7	3.3	3.3	5.8	4.7
San Luis Potosí	San Luis Potosí	4.3	5.3	5.8	6.1	6.4	6.0	5.5	4.7	4.2	3.7	3.7	6.4	5.4
Sinaloa	Culliacán	3.6	4.2	4.8	6.2	5.4	5.1	5.2	4.6	4.2	3.4	3.4	6.2	4.9

Diseño de la instalación de paneles fotovoltaicos para la auto sustentabilidad de un departamento con un consumo promedio diario de 5 KW

Estado	Ciudad	Ene	Feb	Mar	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Min	Max	Med
Sinaloa	Los Mochis	4.9	5.4	5.8	5.8	5.3	5.5	5.5	5.8	4.9	4.3	4.3	59	5.4
Sinaloa	Mazatlan	3.9	4.8	5.4	5.6	4.8	4.9	4.7	5.0	4.5	3.9	3.9	57	4.9
Sonora	Ciudad Obregón	5.8	6.4	6.8	6.7	6.4	6.5	6.8	7.3	6.0	5.2	5.3	726	6.5
Sonora	Guaymas	4.5	5.7	6.5	6.8	5.9	5.8	6.3	5.9	5.1	5.6	4.5	73	6.0
Sonora	Hermosillo	4.0	4.6	5.4	8.6	6.9	6.6	6.7	6.0	4.7	3.9	3.9	86	6.0
Tamaulipas	Soto la Marina	3.4	4.2	4.9	5.3	5.4	5.4	4.9	4.6	3.7	3.2	3.2	54	4.6
Tamaulipas	Tampico	3.3	4.1	4.7	4.9	4.9	4.9	4.6	4.6	3.7	3.2	3.2	64	4.5
Tlaxcala	Tlaxcala	4.6	5.1	5.5	5.2	5.3	5.2	5.1	4.9	4.7	4.0	4.0	56	5.1
Veracruz	Córdoba	3.1	3.3	3.6	4.4	4.6	4.5	4.1	3.5	3.1	2.8	2.8	46	3.7
Veracruz	Jalapa	3.2	3.5	3.8	4.4	4.9	5.0	4.4	3.7	3.3	3.0	3.0	50	4.0
Veracruz	Veracruz	3.7	4.5	4.9	4.8	4.7	5.1	4.6	4.8	4.1	3.6	3.6	51	4.6
Yucatán	Mérida	3.7	4.0	4.6	5.5	5.7	5.5	5.0	4.2	3.8	3.4	3.4	57	4.7
Yucatán	Progreso	4.1	4.9	5.4	5.1	5.3	5.3	5.0	5.0	4.4	4.0	4.0	55	4.9
Yucatán	Valladolid	3.7	4.1	3.1	5.3	5.4	5.4	4.9	4.2	3.8	3.5	3.1	57	4.5
Zacatecas	Zacatecas	4.9	5.7	6.6	6.2	6.2	5.9	5.4	4.8	4.8	4.1	4.1	78	5.8

Datos meteorológicos de la zona						
mes	temperatura del aire(oc)	humedad relativa	radiación solar por día (kWh/m2/d)	presión atmosférica (KPa)	velocidad del viento (m/s)	temperatura de la tierra (oC)
enero	12.8	59.7%	4.78	81.2	3.1	14.9
febrero	14.4	53.2%	5.73	81.1	3.2	17.4
marzo	16.7	45.7%	6.55	81.0	3.5	20.8
abril	18.9	46.9%	6.50	81.0	3.4	23.5
mayo	19.5	55.2%	6.24	81.0	3.1	23.6
junio	18.6	70.3%	5.60	81.0	2.9	21.0
julio	18.0	69.0%	5.51	81.2	2.8	20.2
agosto	18.1	68.6%	5.42	81.1	2.6	20.2
septiembre	17.3	74.1%	4.95	81.0	2.4	19.1
octubre	15.9	72.0%	4.92	81.1	2.6	17.7
noviembre	14.4	67.6%	4.81	81.2	2.9	16.1
diciembre	13.0	64.0%	4.49	81.2	2.9	14.7
Anual	16.5	62.2%	5.46	81.1	3.0	19.1

ANEXO 2. NIVELES DE RADIACION EN LA ZONA

Radiacion promedio mensual incidente en una superficie kWh/m ² día													
Lat 19.497 Lon -99.054	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual Average
SSE HRZ	4.78	5.73	6.55	6.50	6.24	5.60	5.51	5.42	4.95	4.92	4.81	4.49	5.45
K	0.62	0.66	0.67	0.61	0.57	0.51	0.50	0.51	0.49	0.55	0.61	0.61	0.57
Diffuse	1.18	1.27	1.49	1.96	2.24	2.37	2.38	2.28	2.10	1.71	1.28	1.14	1.78
Direct	6.60	7.42	7.69	6.55	5.71	4.62	4.48	4.49	4.22	5.16	6.29	6.34	5.79
Tilt 0	4.74	5.68	6.47	6.38	6.21	5.57	5.48	5.31	4.88	4.87	4.77	4.34	5.39
Tilt 5	5.00	5.90	6.61	6.41	6.16	5.61	5.51	5.31	4.93	5.00	5.00	4.57	5.50
Tilt 20	5.78	6.52	6.88	6.29	5.79	5.59	5.46	5.14	4.97	5.33	5.68	5.29	5.72
Tilt 35	6.24	6.77	6.78	5.86	5.14	5.30	5.15	4.73	4.77	5.39	6.06	5.72	5.65
Tilt 90	4.86	4.51	3.48	2.18	1.75	2.42	2.28	1.84	2.36	3.34	4.53	4.48	3.16
OPT	6.35	6.77	6.89	6.41	6.21	5.63	5.52	5.31	4.98	5.40	6.12	5.83	5.95
OPT ANG	46.0	36.0	22.0	6.00	0.00	10.0	8.00	1.00	14.0	30.0	43.0	46.0	21.7

Fuente. <https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-in/sse/grid.cgi?email=skip@larc.nasa.gov>

SSE HRZ: Importe medio mensual de la incidencia total de la radiación solar sobre una superficie horizontal en la superficie de la tierra durante un mes determinado en promedio para ese mes en el periodo de 22 años.²²

K: Índice de claridad donde el importe medio mensual de la incidencia de la radiación solar, sobre una superficie horizontal en la superficie de la tierra, dividida por el promedio mensual de la insolación entrante en la atmosfera durante un determinado mes.²³

Diffuse: Es la radiación que es recibida de la atmosfera como consecuencia de la dispersión de partes de la radiación del sol.²⁴

Direct: Es la radiación que proviene directamente del sol.²⁵

Tilt: Angulo para la óptima colocación del panel fotovoltaico²⁶

²² SILVA, Pigenutt Cesar. Aplicación de sistemas fotovoltaicos en zonas marginadas del estado de Veracruz sin recursos de Energía Eléctrica. P. 54.

²³ Ídem

²⁴ Ídem

²⁵ Ídem

²⁶ Ídem

OPT: Cantidad promedio mensual del total de radiación solar incidente sobre una superficie inclinada en el ángulo óptimo respecto a la horizontal y apuntando hacia el Ecuador.²⁷

OPT ANG. El ángulo respecto a la horizontal para que la radiación solar total mensual promedio sea máxima.²⁸

ANEXO 3

Factor de corrección por temperatura.

Temperatura ambiente (°C)	Factores de corrección basados en una temperatura ambiente de 30°C		
	No más de tres conductores monopolares aislados		
	Rango de temperatura del conductor		
	60°C	75°C	90°C
21-25	1.08	1.05	1.04
26-30	1	1	1
31-35	0,91	0,94	0,96
36-40	0,82	0,88	0,91
41-45	0,71	0,82	0,87
46-50	0,58	0,75	0,82
51-55	0,41	0,67	0,76

ANEXO 4

Distancia por encima del techo hasta la base del tubo conduit. (mm)	Sumar a la temperatura ambiente. (°C)
De 0 hasta 13	33
Más de 13 hasta 90	22
Más de 90 hasta 300	17
Más de 300 hasta 900	14

ANEXO 5

²⁷ Ibíd. P. 59

²⁸ Ídem

Diseño de la instalación de paneles fotovoltaicos para la auto sustentabilidad de un departamento con un consumo promedio diario de 5 KW

Número de conductores	Porcentaje de los valores en las Tablas 310-15(b)(16) a 310-15(b)(19),
4-6	80
7-9	70
10-20	50
21-30	45
31-40	40
41 y más	35

ANEXO 6

CALIBRE		AMPACIDAD			
AWG	KCM	TUBO CONDUIT		ALAIRE LIBRE	
		75°C	90°C	75°C	90°C
14		20	25	30	35
12		25	30	35	40
10		35	40	50	55
8		50	55	70	80
6		65	75	95	105
4		85	95	125	140
2		115	130	170	190
1/0		150	170	230	260
2/0		175	195	265	300
3/0		200	225	310	350
4/0		230	260	360	405
	250	255	290	405	455
	300	285	320	445	505
	350	310	350	505	570
	400	335	380	545	615
	500	380	430	620	700
	600	420	475	690	780
	750	475	535	785	885
	1000	545	615	935	1055

Anexo 7.

factor de relleno en tubo			
Número de conductores	uno	dos	mas de dos
factor de relleno	53%	31%	40%

Diseño de la instalación de paneles fotovoltaicos para la auto sustentabilidad de un departamento con un consumo promedio diario de 5 KW

Diametro nominal con aislamiento del Tipos: AF, RHH*, RHW*, RHW-2*, THW, THW-2, TFN, TFFN, THWN, THWN-2, XF, XFF	
calibre	diametro
12	3.96
10	4.47
8	5.99
6	7.72
4	8.94
3	9.65
2	10.5
1	12.5
1/0	13.5
2/0	14.7
3/0	16.0
4/0	17.5

Anexo 8

Tarifa 1A fuera de verano

Tarifa 1.

RANGO DE CONSUMO	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
Básico 1-75	0.793	0.793	0.793	0.793	0.793	0.793
Intermedio 76-140	0.956	0.956	0.956	0.956	0.956	0.956
Excedente	2.802	2.802	2.802	2.802	2.802	2.802

Tarifa 1A en verano

Esta tarifa es aplicable para localidades que en promedio tienen una temperatura de 25°C

RANGO DE CONSUMO	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
Básico 1-100	0.697	0.697	0.697	0.697	0.697	0.697
Intermedio 101-150	0.822	0.822	0.822	0.822	0.822	0.822
Excedente	2.802	2.802	2.802	2.802	2.802	2.802

Tarifa 1A fuera de verano

RANGO DE CONSUMO	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
Básico 1-75	0.793	0.793	0.793	0.793	0.793	0.793
Intermedio 76-150	0.956	0.956	0.956	0.956	0.956	0.956
Excedente	2.802	2.802	2.802	2.802	2.802	2.802

Diseño de la instalación de paneles fotovoltaicos para la auto sustentabilidad de un departamento con un consumo promedio diario de 5 KW

Tarifa 1B verano

RANGO DE CONSUMO	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
Básico 1-125	0.697	0.697	0.697	0.697	0.697	0.697
Intermedio 126-225	0.822	0.822	0.822	0.822	0.822	0.822
Excedente	2.802	2.802	2.802	2.802	2.802	2.802

tarifa	limite alto consumo	unidades
tarifa 1	250	KWh/mes
tarifa 1A	300	KWh/mes
tarifa 1B	400	KWh/mes
tarifa 1C	850	KWh/mes
tarifa 1D	1000	KWh/mes
tarifa 1E	2000	KWh/mes
tarifa 1F	2500	KWh/mes