



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

APLICACIONES DE LA GENERACION
FOTOVOLTAICA Y EOLICA PARA SUMINISTRO
DE ENERGIA EN ZONAS RURALES.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
AREA ELECTRICA-ELECTRONICA.

P R E S E N T A :

DOMINGO MEDINA DOMINGUEZ



ASESOR DE TESIS: ING. JUAN VICENTE LEDUC RUBIO

MEXICO, D.F.

1998

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

266948



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

DEDICATORIA.

A mis Padres:

- ◆ *Martha Dominguez Garcia.*
- ◆ *Juan Medina Velázquez.*

Por el apoyo y paciencia que me han brindado.

A mis Hermanos:

- ◆ *Leticia Medina Dominguez.*
- ◆ *Alberto Medina Dominguez.*
- ◆ *Gabriela Medina Dominguez.*
- ◆ *Cecilia Medina Dominguez.*

por sus consejos y apoyo incondicional en mi formación profesional.

A mis Abuelos:

- ◆ *Inés García Santillán.*
- ◆ *Porfirio Dominguez Guerrero.*

A cada una de las personas que han contribuido en mi formación, ya que cada quien aportó algo muy especial en mi persona.

¡ GRACIAS !

" ... Toda nueva era de crecimiento económico debe, por tanto, utilizar menos energía que en el pasado. Las políticas de eficiencia energética deben ser la punta de lanza de las estrategias energéticas nacionales de desarrollo sostenible.....", " La eficiencia energética sólo permite ganar tiempo mientras se desarrollan medios de bajo consumo de energía basados en fuentes renovables, que son los que deberán constituir el fundamento de la estructura energética mundial durante el siglo XXI. La mayoría de estas fuentes son actualmente problemáticas, pero si se innova en el desarrollo pueden suministrar el mismo volumen de energía primaria que el consumido actualmente en el planeta...."

<<Nuestro Futuro>>, ONU.

CONTENIDO

Introducción.	i
Cap 1.	
1.1 El Sol.....	2
<i>El movimiento del Sol.</i>	2
<i>Ecuación del tiempo.</i>	5
1.2 Distribución de la Radiación Solar.....	6
Estimación de la Radiación Solar.....	7
Sombras y mapas de trayectorias.....	11
1.3 Carta Solar.....	12
Proyección gnomónica.....	12
Proyección cilíndrica.....	13
1.4 Dirección de los Rayos Solares.....	14
1.5 Instrumentos de Medición.....	15
Escala de Referencia.....	15
Calibración.....	16
1.6 Celdas Solares.....	17
<i>Proceso típico de fabricación de células de silicio.</i>	17
<i>Principio de funcionamiento.</i>	18
<i>Construcción de Módulos.</i>	20
Cap 2.	
2.1 Resumen de los Sistemas de Generación de Energía Eléctrica por medio de Celdas Fotovoltaicas.....	21
<i>Estructura de soporte.</i>	22
<i>Cableado.</i>	23
<i>Configuraciones y protecciones.</i>	23
2.2 Por medio de Energía Eólica.....	24
2.3 Por medio de Energía Mecánica.....	26
2.4 Por medio de grupo Motor Generador.....	26
2.5 Por medio de Energía Eléctrica.....	27
2.6 Progresos de la aplicación Foto Voltaica en México.....	32
Cap 3.	
3.1 Tipos de los Sistemas de Distribución (radial, anillo, red).....	33
3.2 Formas de Instalación (aéreo, subterráneo).....	39
3.3 Aplicaciones de los Sistemas de Distribución.....	39

Cap 4.

4.1 Operación del Sistema	47
4.2 Que baterías usar en Sistemas FotoVoltaico.....	49
4.3 Convertidores de cd/ca.....	55
4.4 Controladores.....	57
4.5 Cargas Instaladas.....	60
a) Sistema rural.....	
4.6 Cálculos del Sistema Necesario.....	62
4.7 Proyecto de Respaldo.....	64
eólico, grupo motor generador, sistema de distribución de C.A	

Cap 5.

a) De un Sistema Rural.....	68
b) De un sistema Residencial (comparación).....	71
c) Consideraciones economicas en cada caso.....	75

Cap 6.

6.1 Recursos de Energía Solar en México.....	77
<i>Aplicaciones de la Energía Solar</i>	78
<i>Colectores Solares</i>	79
<i>Concentradores parabólicos compuestos (C.P.C)</i>	79
<i>Canal Parabólico</i>	79
<i>Biomasa</i>	80
<i>Destiladores</i>	81
<i>Cocción</i>	81
<i>Estanques Solares</i>	81
<i>Fotovoltaica</i>	82
6.2 Impactos en el Medio Ambiente.....	84
6.3 Ahorro de Energía.....	87
<i>Limitaciones al ahorro de energía</i>	88
6.4 Perspectivas.....	90
6.5 Conclusiones.....	91
Referencias.....	93

Introducción

Las aplicaciones de la Energía Solar precedieron a su medición: nuestros Olmecas, un Milenio A.C. generaban fuego ritual y practico con el empleo de paraboloides exquisitamente tallados sobre minerales magnéticos; lo que resulta increíble, ya que los conceptos geométricos apenas fueron establecidos 7 siglos después por Euclides, lejos en el tiempo y en el espacio. El experimento de Arquímedes (212 A.C.) tuvo que ser realizado por aproximaciones sucesivas para definir el número óptimo de imágenes yuxtapuestas necesarias para producir combustión en la madera a la distancia requerida, hecho demostrado por Buffon muchísimos años después (1772) y de nueva cuenta, aunque para otros fines, por Trombe en 1955. Aquí podemos mencionar que las existencias de combustibles actualmente son limitadas, el costo del petróleo y gas natural aumenta de manera acelerada, y esto acarrea una constante inquietud con respecto a la contaminación ambiental.

Es obvio que ha llegado el momento de adoptar nuevas tendencias y criterios para hacer frente a las necesidades de energía que van a experimentar las generaciones futuras, por lo cual es el momento de aprovechar al sol y viento para el servicio de nuestro país.

El Sol para mucha gente es solamente la diferencia entre el día y la noche (calor o frío) por lo que en todos los lugares del país hay sol, y esperamos que nunca llegue el día en que se restrinja su aprovechamiento y que sea de gran utilidad en provecho de la humanidad. Esto requerirá un gran esfuerzo tanto en la búsqueda e identificación de las fuentes para las alternativas futuras como el desarrollo de la tecnología de su utilización. Esta labor debe adelantarse en el tiempo lo mas pronto posible, pues las características de la solución energética que se adopte serán una variable principal en el diseño de las políticas de desarrollo tanto en lo económico como en lo social.

Por lo cual la abundancia de disciplinas exhibe un marcado carácter interdisciplinar. El ingeniero se enfrenta generalmente a problemas relativos a la globalidad de los sistemas, por lo cual está obligado a tener conocimientos precisos sobre: Radiación Solar, materiales, estadística, Ingeniería eléctrica, etc.

□ 1.1 EL SOL.

El Sol es la estrella mas cercana a la Tierra, en promedio se encuentra a 1.496×10^{11} [m], y presenta la forma de un disco brillante de diámetro angular igual a 32 minutos de arco, el radio del Sol puede estimarse en 6.96×10^8 [m].

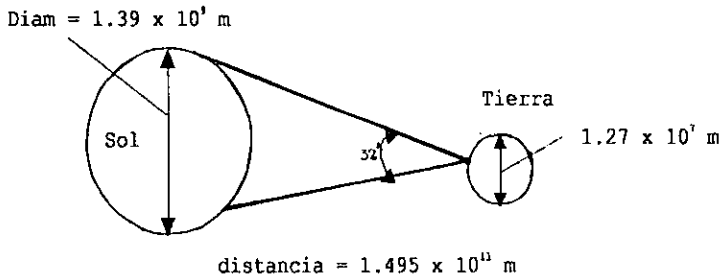


Figura 1 Relacion Tierra-Sol.

$$E_s = A_s \sigma T^4 = \pi (D_s)^2 \sigma T^4$$

$$I_{cs} = \{ \pi (D_s)^2 \sigma T^4 \} / \{ 4\pi D^2 \}$$

$$I_{cs} = \{ \pi (1.39 \times 10^9 \text{ m})^2 (5.67 \times 10^{-8}) (5770)^4 \} / \{ 4\pi (1.49 \times 10^{11} \text{ m})^2 \}$$

$$= 1367.36 \text{ [W/m}^2]$$

La constante solar (I_{cs}) es el nombre dado a la cantidad de energía radiante procedente del Sol que llega por unidad de tiempo (un segundo) y por unidad de área (un metro cuadrado), perpendicular a los rayos del Sol en un punto más allá de la atmósfera a una distancia del Sol igual al radio medio de la órbita de la Tierra.

Pero toda la energía de la constante solar no llega a la superficie terrestre, parte de esta energía se atenúa debido a fenómenos de absorción, reflexión y difusión de la radiación por los gases que constituyen la atmósfera.

Por lo cual la fuente de toda esta radiación proviene del Sol, que es el que ocasiona la variación de la temperatura en la atmósfera, ya que como sabemos el Sol emite una gran cantidad enorme de energía. La cantidad de energía radiante del Sol que llega a cualquier punto de la superficie terrestre depende de varias circunstancias:

1. Del tiempo que este el Sol sobre el horizonte a una latitud y en una época determinada del año.
2. De la distancia de la Tierra al Sol.
3. Del ángulo de incidencia de los rayos solares (latitud).
4. De la transparencia de la atmósfera (especialmente en áreas metropolitanas o industriales en donde la contaminación o turbiedad de la atmósfera causa dispersión en la Radiación Solar).
5. De la continuidad de la radiación.

— El movimiento del Sol.

La Tierra da vueltas alrededor del Sol describiendo una órbita elíptica, en la que el Sol ocupa uno de los focos. El plano que contiene esta órbita se llama plano de la eclíptica y el tiempo que la Tierra tarda en recorrerla define un año (*Movimiento de traslación*).

A su vez, la Tierra rota a un ritmo de una vuelta por día y alrededor de un eje central conocido como eje polar (*Movimiento de Rotación*). Este último eje, a su vez, gira alrededor de la normal al plano de la eclíptica y de tal forma que el ángulo que forma con ella es constante o igual a 23.45° . Ello hace que el ángulo formado por el plano del ecuador con la recta que pasa por los centros del Sol y de la Tierra, esté cambiando incesantemente. Este ángulo se conoce con el nombre de **declinación solar**.

En cada punto de la superficie de la tierra la intensidad de la radiación solar recibida será tanto mayor cuanto menor sea el ángulo entre el radio terrestre que pasa por el lugar y la dirección de los rayos solares, es decir, cuanto mas perpendicular incida el rayo solar, tal como se observa desde un punto concreto de la superficie terrestre, se dispondrá de dos coordenadas que son azimut, y altura.

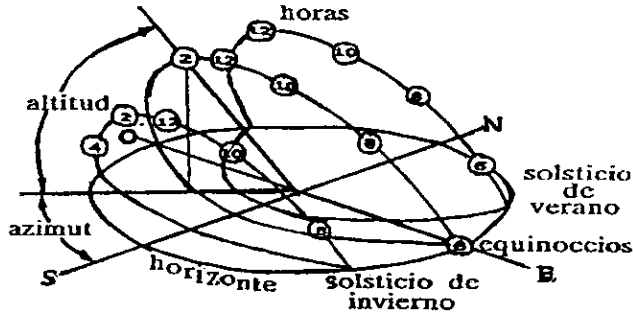


Figura 2. Trayectoria del Sol.

√ Azimut (z): Es el ángulo formado por la proyección del rayo solar en el plano del horizonte con respecto a los ejes geográficos de orientación.

√ Altura Solar (h): Es el ángulo diedro formado por el rayo solar (dirigido al observador o centro de la bóveda celeste) y el plano del horizonte.

Lo que la declinación solar es cero en los equinoccios de primavera (20/21 de marzo) y de otoño (22/23 de septiembre). Estos días por hallarse el Sol en el Ecuador, la duración de los días es igual a la de las noches en toda la Tierra.

√ Solsticio de verano (21-jun): El Sol se encuentra en el Trópico de Cáncer, es el día mas largo del año y la noche mas corta en el hemisferio norte, al mediodía el sol alcanza el punto mas alto del cielo durante el año, la insolación es máxima.

√ Solsticio de invierno (21-dic): El Sol se encuentra en el Trópico de Capricornio, es el día mas corto del año y la noche mas larga en el hemisferio norte, al mediodía el sol alcanza el punto mas bajo en el cielo durante el año, el asoleamiento es mínimo.

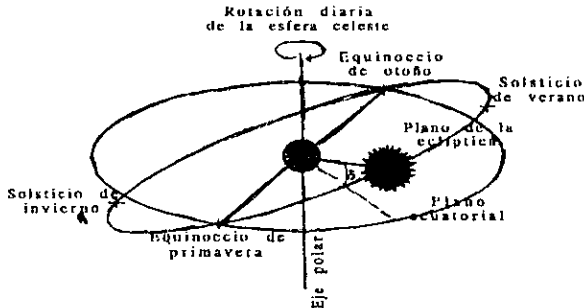


Fig 3. Esfera celeste y plano de la eclíptica.

Este programa simula el movimiento de un seguidor solar.

Datos del lugar y fecha para el cálculo:

Lo: Longitud, ϕ latitud, estos datos son para la Ciudad de México.

Lo = 99.19 $\phi = 20$ -deg Año = 96 Mes = 6 Día = 2

Formula de la declinación de Cooper. día juliano j := 172

$$D(j) := (23.45 \cdot \sin((284 + j)))$$

Datos cada 30 minutos.

$$D(j) := 0.406 \quad \delta := D(j)$$

Hora Azimuth solar

δ es la declinación solar.

ϕ es la latitud del lugar.

ω es el ángulo horario.

Formula de altura.

$$\cos Z_{o_i} := \sin(\delta) \cdot \sin(\phi) + \cos(\delta) \cdot \cos(\phi) \cdot \cos \omega_i$$

Formula para calcular el ángulo cenital.

$$Z_{o_i} := \arccos \cos Z_{o_i}$$

Formula del azimuth

$$B_i := \frac{\cos Z_{o_i} \sin(\phi) - \sin(\delta)}{\sin Z_{o_i} \cdot \cos(\phi)}$$

Formula para calcular el ángulo del azimuth.

$$A_{o_i} := \arccos B_i$$

$$A_{c_i} := A_{o_i} \cdot \frac{180}{\pi}$$

$$A_{c_1} = 111.997$$

Formula para calcular la Altitud Solar.

$$Alt_i := 90 - \frac{Z_{o_i} \cdot 180}{\pi}$$

T _i	ω_i	Alt.	A_{o_i} deg
6	-1.571	7.763	111.997
6.5	-1.44	14.345	109.921
7	-1.309	21.009	108.085
7.5	-1.178	27.739	106.466
8	-1.047	34.522	105.055
8.5	-0.916	41.347	103.86
9	-0.785	48.204	102.913
9.5	-0.654	55.083	102.29
10	-0.524	61.972	102.162
10.5	-0.393	68.854	102.947
11	-0.262	75.688	105.873
11.5	-0.131	82.305	116.425
12	0	86.738	180
12.5	0.131	82.305	116.425
13	0.262	75.688	105.873
13.5	0.393	68.854	102.947
14	0.524	61.972	102.162
14.5	0.654	55.083	102.29
15	0.785	48.204	102.913
15.5	0.916	41.347	103.86
16	1.047	34.522	105.055
16.5	1.178	27.739	106.466
17	1.309	21.009	108.085
17.5	1.44	14.345	109.921

TIEMPO SOLAR

En las tablas de la izquierda se muestran hasta los primeros 30 días del año, y posteriormente en la grafica de abajo haciendo la simulación se observa los 365 días del año.

horalocal := 12 Mreferencia := 90 Mlocal := 99.19

$j := 1..365$ día juliano $1 \leq j \leq 365$

$$B(j) := \frac{2 \cdot \pi \cdot (j - 1)}{365}$$

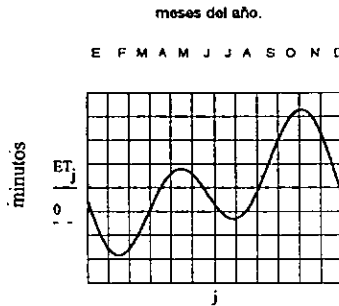
Ecuacion del tiempo para los 365 días del año.

$$ET_j := 7.5 \cdot 10^{-5} + 1.868 \cdot 10^{-3} \cdot \cos(B(j)) - 0.032077 \cdot \sin(B(j)) - 1.4615 \cdot 10^{-2} \cdot \cos(2 \cdot B(j)) - 0.04089 \cdot \sin(2 \cdot B(j)) - 229.2$$

Tiempo solar verdadero para los 365 días del año.

$$TSV_j := 4 \cdot \frac{Mreferencia - Mlocal}{60} + \frac{ET_j}{60} + horalocal$$

j	B(j)	ET _j	TSV _j
1	0	-2.904	11.339
2	0.017	-3.352	11.331
3	0.034	-3.795	11.324
4	0.052	-4.233	11.317
5	0.069	-4.666	11.31
6	0.086	-5.094	11.302
7	0.103	-5.516	11.295
8	0.12	-5.931	11.288
9	0.138	-6.34	11.282
10	0.155	-6.742	11.275
11	0.172	-7.137	11.268
12	0.189	-7.524	11.262
13	0.207	-7.902	11.256
14	0.224	-8.273	11.249
15	0.241	-8.634	11.243
16	0.258	-8.987	11.238
17	0.275	-9.33	11.232
18	0.293	-9.663	11.226
19	0.31	-9.987	11.221
20	0.327	-10.3	11.216
21	0.344	-10.603	11.211
22	0.361	-10.895	11.206
23	0.379	-11.176	11.201
24	0.396	-11.446	11.197
25	0.413	-11.705	11.192
26	0.43	-11.951	11.188
27	0.448	-12.187	11.184
28	0.465	-12.41	11.181
29	0.482	-12.621	11.177
30	0.499	-12.819	11.174



Por ejemplo para el día juliano $n := 20$ que correspondería para el 20 de enero el tiempo solar verdadero es 11.216, pero con la consideración que estos cálculos están en grados y hay que convertirlos en horas, minutos, segundos, y sería $TSV_{20} := 11.14$ que esta es la hora solar mientras que la hora oficial serían las 12 horas.

Nota: Todos estos cálculos siempre para la Ciudad de México.

1.2 DISTRIBUCIÓN DE LA RADIACIÓN SOLAR.

Naturaleza de la radiación solar.

La figura 4 sirve de apoyo para una breve explicación sobre las diferentes componentes de la radiación solar que llega a un receptor terrestre.

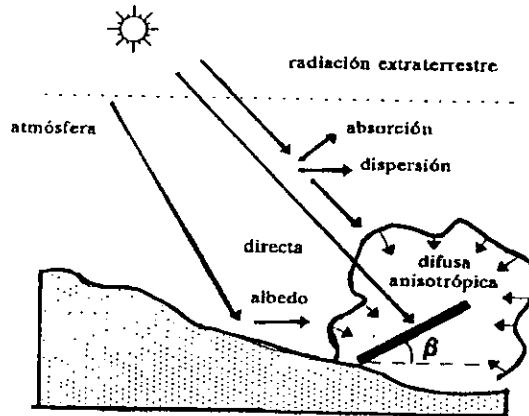


Figura 4: Naturaleza de la Radiación Solar.

La radiación incidente sobre un receptor situado fuera de la atmósfera, o radiación extraterrestre, proviene casi exclusivamente de la emitida en línea recta por el Sol (radiación directa) ya que al estar en el espacio exterior desprovisto de materia dispersa, la esfera celeste aparece negra (sin radiación) con pequeños puntos brillantes correspondientes a las estrellas, de importancia despreciable a nuestros efectos.

Al atravesar la atmósfera, las componentes atmosféricas actúan sobre la radiación solar en parte reflejándola (nubes), en parte absorbiéndola (ozono, oxígeno, anhídrido carbónico, vapor de agua, etc.), y en parte dispensándola (moléculas, gotas de agua y polvo en suspensión, etc.). Por último, de la radiación que llega al suelo, una parte es absorbida por el propio suelo y otra parte reflejada de nuevo hacia la atmósfera.

El resultado de estos efectos es la descomposición de la radiación solar incidente sobre un receptor en tres componentes.

La radiación directa, constituida por los haces de rayos que se reciben en línea recta con el Sol. *La radiación difusa*, procede de todo el cielo y debida a los rayos no directos dispersados por la atmósfera en la dirección del receptor, y la radiación del albedo procedente del suelo y debida a la reflexión de la radiación incidente en él. *La radiación total* (directa+difusa+albedo) incidente en una superficie se denomina *radiación global*.

La radiación del albedo depende fuertemente de la naturaleza del suelo. En la práctica suele encontrarse una serie de situaciones como: (nieve, vegetación, agua, etc.), en algunos casos particulares, los alrededores de los receptores se preparan de forma deliberada (pintado de blanco, etc.) para incrementar el albedo de tal manera que contribuya significativamente a la radiación global.

— Estimación de las componentes de la radiación solar.

Para diseñar cualquier sistema de energía solar es preciso conocer los valores de las diferentes componentes de la radiación incidente sobre una superficie receptora. Abordar este cálculo desde una posición estrictamente teórica, únicamente da buenos resultados cuando se trata de días totalmente claros. Un cálculo más general necesita utilizar valores medios de algunos parámetros meteorológicos como punto de partida. En la práctica, este problema puede tener diferentes formulaciones dependiendo de la naturaleza de los datos meteorológicos disponibles de la aplicación en particular.

Para eliminar los efectos de las condiciones particulares de cada localidad (naturaleza del suelo, obstrucciones del horizonte, etc.) las medidas rutinarias de radiación solar se limitan, normalmente, a superficies horizontales y libres de obstáculos.

Por otra parte, razones de tipo fundamentalmente económicas, hacen que las redes de estaciones de medida rutinaria de la radiación limiten sus observaciones a algunos parámetros sencillos como son la radiación global, el número de horas de sol, etc.

A la hora de estimar las componentes de la radiación incidente en una superficie, es posible identificar cuatro casos de especial relevancia:

a) *Evaluar la radiación global horizontal, a partir de otros parámetros como el número de horas de sol, la nubosidad, la fotografía desde satélites, etc.*

b) *Evaluar las componentes directa y difusa de la radiación horizontal a partir del dato de radiación global.*

c) *Evaluar las componentes de la radiación incidente sobre una superficie inclinada, a partir de las componentes de la radiación sobre una superficie horizontal.*

Estas cuestiones pueden ser analizadas en diferentes escalas de tiempo, por ejemplo: irradiación diaria, irradiación horaria, etc. y además, en términos de valores individuales o valores medios a lo largo de un cierto período de tiempo. . . . Por ejemplo: media anual de la irradiación diaria, media mensual de la irradiación horaria, etc.

√ Irradiancia [G]: A la densidad de potencia incidente en una superficie o, en otras palabras, a la energía incidente en una superficie por unidad de tiempo y se mide en [W/m²].

√ Irradiación [H]: A la energía incidente en una superficie por unidad de superficie y a lo largo de un cierto período de tiempo y se mide en [J/m²].

Para muchas aplicaciones los valores medios mensuales de la irradiación diaria constituyen una información suficiente. Sin embargo, para otras (concentradores, centrales, optimización, etc.) es preciso un mayor nivel de detalle y utilizar valores individuales de la irradiación horaria.

Como quiera que la disponibilidad de datos de radiación horaria es realmente muy limitada, surge una cuarta cuestión relevante:

d) *Evaluar la radiación horaria a partir de la radiación diaria.*

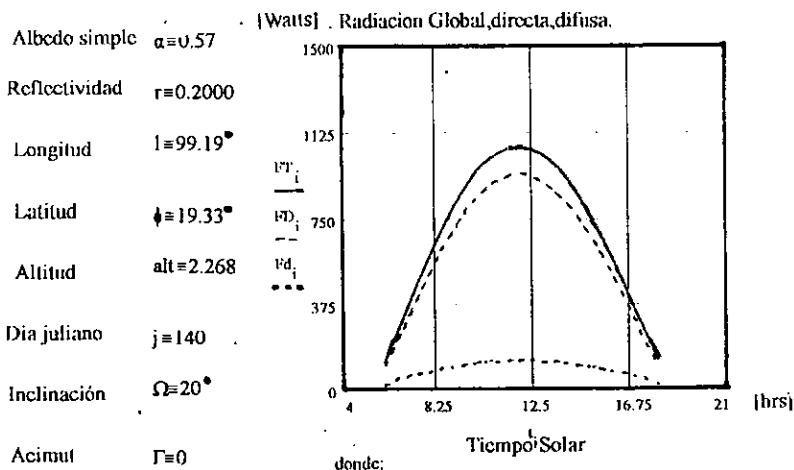
Básicamente, el procedimiento para abordar estas cuestiones consiste en estimar un parámetro a partir de otro, utilizando alguna correlación entre ellos. Estas correlaciones se establecen sobre la base de medidas simultáneas de dos parámetros, obtenidas en algún lugar en particular y a continuación; se aplican a otros lugares en los que sólo se dispone del registro de uno de los

parámetros, para estimar el valor del otro.

Las correlaciones así obtenidas son, en principio, dependientes de la localidad en la que se han hecho las medidas simultáneas y como consecuencia, es frecuente encontrar en la literatura diferentes correlaciones para los mismos parámetros.

Es necesario destacar que, con alguna rara excepción, la utilización de tales correlaciones sólo conduce a resultados aceptables cuando se aplican a valores resultantes del promedio de muchas medidas realizadas en largos períodos de tiempo.

Por ejemplo, no pueden aplicarse a la irradiación diaria del 1 de junio de 1997, obtenida como el valor promedio de las irradiaciones diarias de los 1 de junio de muchos años. Este hecho representa una severa limitación cuando el problema a abordar consiste en simular con mucho detalle el comportamiento de un sistema. Aun así, estas correlaciones son extremadamente útiles cuando se trata de tener una primera idea de tal comportamiento que a menudo, no resulta suficiente para dimensionar los componente del sistema.



$I\Gamma_i$ = Radiacion global. [W/m²]
 ID_i = Radiacion directa. [W/m²]
 ID_i = Radiacion difusa. [W/m²]

Este programa fue instrumentado por el M.c. Agustín Muhlia Velázquez.
 Jefe de Radiación Solar en el Instituto de Geofísica.

t_i	FD_i W/m ²	F_d W/m ²	FT_i W/m ²
6	104.086	20.692	124.778
6.5	197.962	38.77	236.732
7	302.9	53.798	356.698
7.5	407.57	66.591	474.161
8	507.751	77.681	585.432
8.5	601.776	87.747	689.523
9	686.949	96.656	783.606
9.5	761.714	104.394	866.109
10	824.745	110.892	935.637
10.5	874.939	116.063	991.002
11	911.424	119.825	1031.25
11.5	933.571	122.111	1055.682
12	940.996	122.878	1063.874
12.5	933.571	122.111	1055.682
13	911.424	119.825	1031.25
13.5	874.939	116.063	991.002
14	824.745	110.892	935.637
14.5	761.714	104.394	866.109
15	686.949	96.656	783.606
15.5	601.776	87.747	689.523
16	507.751	77.681	585.432
16.5	407.57	66.591	474.161
17	302.9	53.798	356.698
17.5	197.962	38.77	236.732
18	104.086	20.692	124.778

También otro método interesante es el Kuznetzo, el cual se aplica en los cálculos del programa anterior para calcular la radiación directa, difusa y total. Alimentando datos, los cuales involucran tres parámetros ambientales básicos: el espesor óptico de la atmósfera (τ), el albedo por dispersión simple (α), definido como $\alpha = \tau(\text{disp})/\tau$ y la reflectividad del terreno definida como $r = F^{\uparrow}/F_d^{\downarrow}$.

Los parámetros ambientales τ , α , r formalmente son dependientes de la longitud de onda de la radiación, pero para propósitos prácticos pueden usarse valores promediados a lo largo del espectro actinométrico.

Para que quedara claro lo anterior, se ilustró gráficamente (como ejemplo) el comportamiento diario de los flujos directo y total sobre una superficie horizontal, orientada al sur en un punto de latitud 19.33°N. para el día 20 de mayo en la Cd. de México.

* $F_d^{\uparrow}, F_d^{\downarrow}$ son los flujos incidente/reflejado por la superficie.

1.2.3 SOMBRAS Y MAPAS DE TRAYECTORIAS

En algunas ocasiones es preciso ubicar los receptores en lugares totalmente libres de sombras.

La figura 5, representa la elevación del Sol en función de su acimut para algunos días del año y para la latitud = 19.33°N .

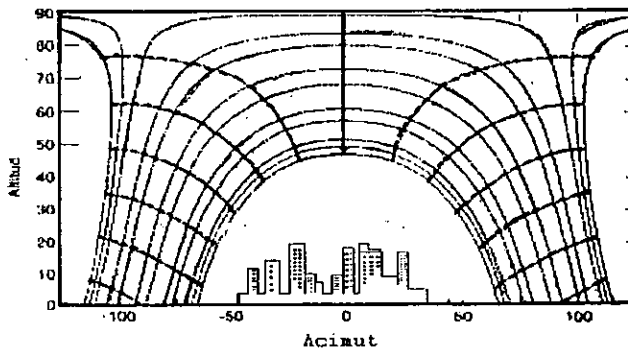


Figura 5. Mapa de trayectoria correspondiente a la latitud = 19.33°N

Este tipo de figuras, denominadas mapas de trayectorias del Sol constituyen una herramienta muy útil para determinar la duración y efecto de las sombras proyectadas por cualquier obstáculo. En efecto, la lectura directa de un teodolito bien estacionado permite obtener los ángulos de elevación y acimut de los puntos más relevantes (esquinas, cumbres, etc.) de cualquier posible obstáculo. Con ellos puede superponerse el horizonte local al mapa de trayectorias. La determinación del efecto de las sombras se hace, entonces, sin más que considerar que la radiación directa y la componente circunsolar de la radiación difusa asociadas a todas las posiciones del Sol situadas por debajo del horizonte local son nulas.

Salvo casos de sombras muy exageradas, los efectos del horizonte local sobre las otras componentes de la radiación difusa pueden considerarse despreciables.

1.3 MAPAS SOLARES. PROYECCIONES.

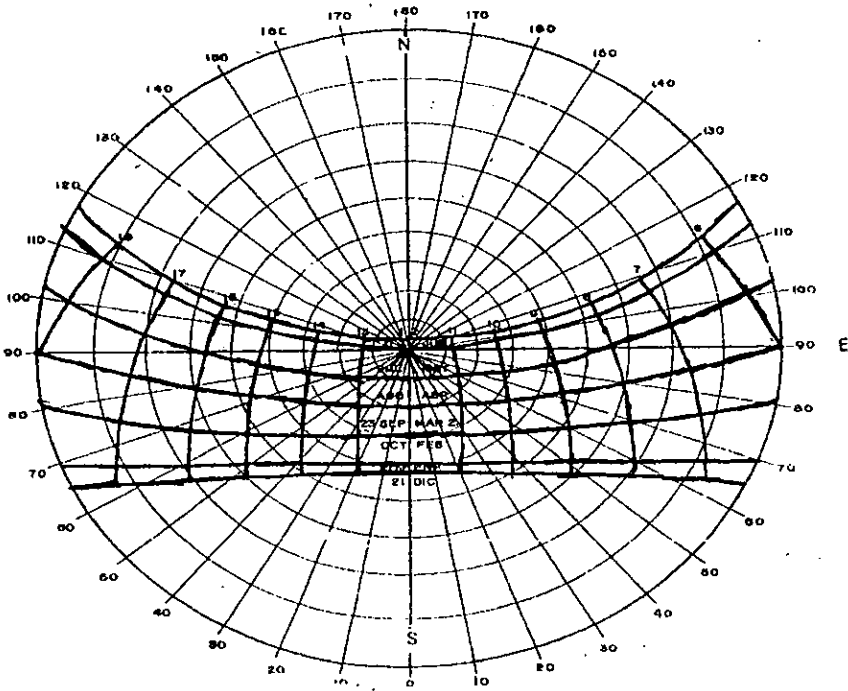


Figura 6. Grafica solar.

1.3.1.- Proyección gnomónica.

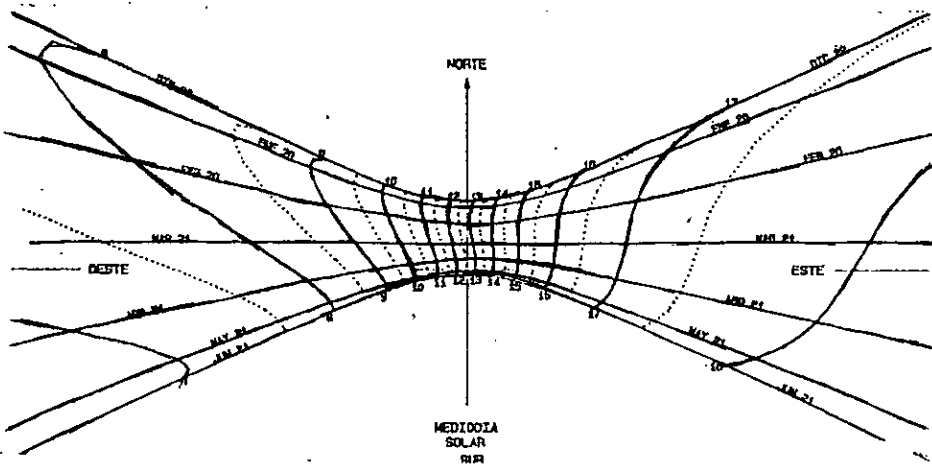


Figura 7. Grafica Gnomónica

La grafica solar: Es un modelo gráfico que permite conocer el movimiento aparente del sol, observado desde un lugar concreto. En este caso las graficas solar, gnomónica y cilíndrica están graficadas para la Ciudad de México latitud $19^{\circ}20'$, longitud $99^{\circ}11'$. El sol recorre en 24 horas el círculo completo por lo que en la fig 6, las líneas horizontales son los meses del año que significan la trayectoria del sol desde que sale hasta cuando se oculta, y las líneas oblicuas verticales son las horas de sol. Por ejemplo en Ago-Abril, el tiempo de duración promedio del sol aproximadamente sería de 12 horas al día.

La grafica gnomónica: Es una grafica que nos va a determinar las sombras, el mecanismo completo se sitúa frente a un foco, la graduación del recorrido del foco permite seleccionar la declinación deseada, por lo que se sitúa la maqueta sobre una plataforma y se hace girar en torno a su eje vertical para reproducir el movimiento aparente del sol alrededor de la maqueta en el día correspondiente a la declinación que señala la posición del foco. Esto se coloca a la luz del sol o a la suficiente distancia de un foco incandescente único y se mueve de tal forma que la sombra de la punta del estilite se proyecte en la ubicación correspondiente del día y la hora deseados. En esta posición se analizarán sobre las sombras reales tal y como aparecerán en ese día y a esa hora. Las sombras pueden ser de diversa índole: construcciones próximas, masas de vegetación, cadenas montañosas etc.

La grafica cilíndrica: Representa en el eje de las abscisas corresponderá a los azimuth, y el de las ordenadas, a las alturas, las líneas puntuadas son las horas y las líneas más oscuras son los meses por ejemplo: los meses de junio y mayo que se encuentran en la fig 8 en la parte izquierda significan que el sol en estos meses se encuentra siempre localizado al Norte.

— 1.3.2- Proyección cilíndrica.

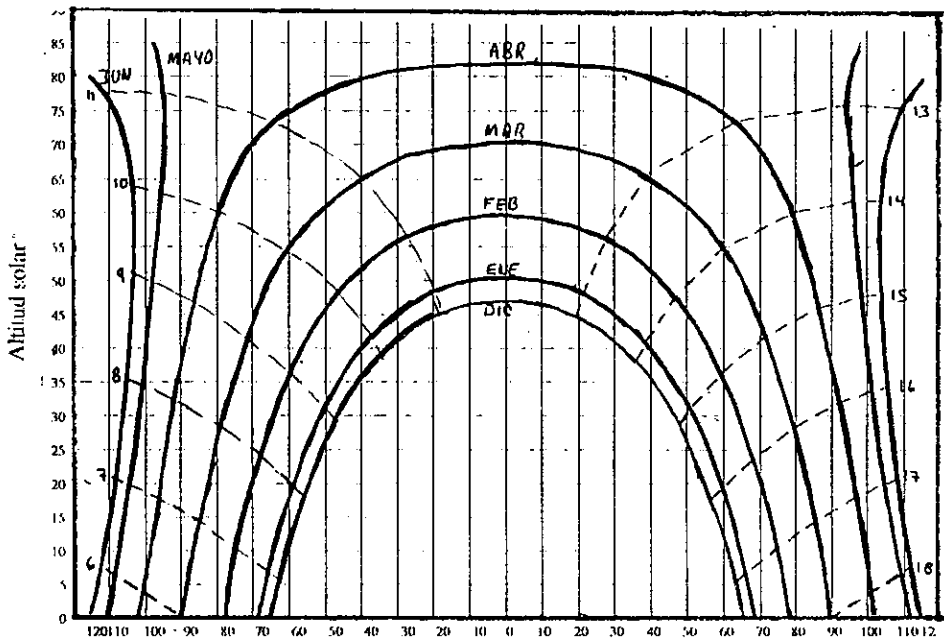


Figura 8. Grafica solar cilíndrica. Azimuth solar

□ 1.4 DIRECCIÓN DE LOS RAYOS SOLARES

Calcular el ángulo de incidencia de los rayos solares, teniendo los siguientes parámetros que a continuación se indica:

- *delta: declinación es la posición del sol al mediodía con respecto al ecuador, y norte
- *beta: pendiente es el ángulo entre el plano de la superficie y la horizontal.
- *gama: ángulo de superficie de azimuth es la desviación de la proyección sobre el plano horizontal y de la normal de la superficie desde el meridiano local con cero hacia el sur, este negativo, y oeste positivo,
- *phi: latitud es el ángulo localizado al norte o al sur de el ecuador, norte positivo.
- *omega: ángulo horario es el desplazamiento angular del sol hacia el este y oeste del meridiano local debido a rotación de la tierra sobre el eje a 15 grados por hora, en las mañanas negativos, por lo cual en las tardes positivos.
- *theta: ángulo de incidencia, el ángulo entre el rayo sobre una superficie y la normal a la superficie.

$$\begin{array}{llll} \text{Año} := 97 & \text{Mes} := 11 & \text{Día} := 21 & \text{día juliano } j := 325 \\ q := 2 \cdot \frac{\pi}{365} & i := 1..3 & \text{deg} := \frac{\pi}{180} & \text{hora local} := 7.30 \text{ am} \end{array}$$

$$\delta := 23.45 \cdot \sin(q \cdot (284 + j)) \cdot \text{deg} \quad \text{Fórmula de Cooper para la declinación.}$$

$$\delta = -20.442 \cdot \text{deg}$$

$$\beta := 30 \cdot \text{deg} \quad \phi := 19 \cdot \text{deg}$$

$$\gamma := 15 \cdot \text{deg} \quad \omega := -22.5 \cdot \text{deg}$$

$$\begin{aligned} \cos\theta := & \sin(\delta) \cdot \sin(\phi) \cdot \cos(\beta) - \sin(\delta) \cdot \cos(\phi) \cdot \sin(\beta) \cdot \cos(\gamma) + \cos(\delta) \cdot \cos(\phi) \cdot \cos(\beta) \cdot \cos(\omega) \dots \\ & + \cos(\delta) \cdot \sin(\phi) \cdot \sin(\beta) \cdot \cos(\gamma) \cdot \cos(\omega) + \cos(\delta) \cdot \sin(\beta) \cdot \sin(\gamma) \cdot \sin(\omega) \end{aligned}$$

Esta ecuación relaciona los ángulos de incidencia de la radiación directa sobre una superficie.

$$\cos\theta = 0.86$$

$$\theta := \text{acos}(\cos\theta) \quad \frac{\theta}{\text{deg}} = 30.728$$

Por lo que este ángulo de 30.72 es el que va a tener a las 7.30 de la mañana con respecto de la horizontal, para que luego en el transcurso del día, la posición del sol se encuentre en el zenith, es decir vertical sobre la horizontal.

□ 1.5 INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN.

El propósito de los instrumentos es el de poder medir la energía asociada a la radiación solar incidente sobre un plano con cierta orientación, por ejemplo: Radiación directa, difusa, y global.

Los instrumentos en general, están diseñados para que conviertan la energía de la radiación incidente en otra forma de energía convencional fácil de medir, estos instrumentos para medir la Radiación Solar son de dos tipos: Piranómetros y Pirheliómetros.

El Piranómetro mide la insolación mientras que el Pirheliómetro mide la componente directa de la insolación. El parámetro físico que miden los pirheliómetros es la intensidad de radiación directa solar y esta dada generalmente en $[W/m^2]$.

El instrumento con el que se mide la radiación global es el llamado Piranómetro, el parámetro que mide es el flujo de la radiación global y las unidades generalmente usadas son el $[W/m^2]$, el sensor consta de una superficie plana colocada horizontalmente, de tal manera que puede recibir radiación de todas direcciones, procurando que su campo de «visión» este orientado al hemisferio celeste, evitando en lo posible tener obstáculos en el horizonte a su alrededor.

— 1.5.1 Escalas de Referencia.

La súbita aceptación de la finitud de los recursos energéticos tradicionales, han llevado a la seria consideración de la implementación de otros tipos de energía, entre ellas la Solar. De tal manera que desde que se decretó la era solar van aumentando las necesidades de mantenimiento de un sistema de medidas.

En la actualidad cualquier tipo de solarímetro como Pirheliómetro, Piranómetro, Difusómetro, Esteropiranómetro, Piranómetro UV, y de acuerdo con la constante de calibración que cada aparato posee, se emplea el principio de compensación eléctrica, la información solarimétrica se obtiene cuando un elemento resistivo laminar calentado por energía eléctrica se iguala al calentamiento producido por la energía solar. El Método de balance Radiativo emplea una sola termopila que a su vez sirve para efectuar e indicar el balance. La energía radiante producida por un microrradiador integrado entre los empalmes fríos o de referencia, es operado con energía eléctrica cuidadosamente dosificada y medida. De esta manera la termopila siempre está dando información solarimétrica.

En el momento de iniciar la condición de Balance Radiativo , se inyecta corriente al microrradiador y de inmediato empieza a disminuir la indicación del milivólmetro; al llegar a cero, implica que el gradiente térmico entre los empalmes de medición y de referencia de la termopila se anulan, es decir, las temperaturas en ambos conjuntos de empalmes se iguala. En este momento se lee la corriente que está tomando el microrradiador y del valor de la resistencia interna y otros factores involucrados , se obtiene una medida solarimétrica de carácter semiabsoluto. Obtenida la información , se desconecta el microrradiador y se restablece el gradiente en la termopila apareciendo de nueva cuenta la información solarimétrica ordinaria.

Las incorporaciones periódicas de instrumentos han sido necesarias para corroborar la estabilidad de los instrumentos y por lo tanto el de las escalas, y han provisto de un medio para transferir la constante de calibración a los diferentes instrumentos de referencia de los centros de radiación solar en el mundo.

1.5.2 Calibración.

En cuanto a cada instrumento tienen características específicas que deberán tomarse en cuenta si se quiere conocer con precisión el fenómeno observado, el estudio completo de estas características que afectan una medición particular es lo que se define como «Calibración del Instrumento».

Ya que en caso de no reunirse se crea una dificultad que hasta la fecha sigue en vías de solución: los instrumentos en uso disperso en el mundo poseían una calibración que estaba referida al Patrón Internacional de Angstrom o al Patrón Internacional Smithsoniana.

En vista de que no se pudieron conciliar los factores técnicos y políticos se decidió negociar un avenamiento instrumental del cual surgió la llamada escala Pirheliométrica Internacional a la que por consenso de 1956, todos los instrumentos en actividad solarimétrica tienen que ser referidos . Desde entonces, cada 5 años se hacen comparaciones internacionales de instrumentos en el Observatorio Físico Meteorológico de Davos, Suiza, con el objeto de afinar el valor de la escala en uso actual.

□ 1.6 CELDAS SOLARES

El efecto fotovoltaico en celdas solares fue descubierto por Becquerel en 1839, pero no fue hasta 1954 cuando se tuvo una celda capaz de convertir la energía solar en energía eléctrica y fue desarrollado por Chapin, Fuller, Pearson y desde entonces las celdas se vienen desarrollando en uso terrestre para suministro de energía a puntos remotos, ya que cuando, la luz del sol incide sobre ciertos materiales llamados semiconductores, Las células solares más comunes utilizan el material semiconductor de silicio, sea en su forma monocristalina o bien multicristalina, No debe olvidarse, sin embargo, que existen otros materiales semiconductores con los que también se construyen células solares. Esencialmente pueden clasificarse como materiales amorfos, materiales policristalinos, como el telurio de cadmio, materiales monocristalinos como el arseniuro de galio.

La tecnología del silicio es la que se utiliza a menudo, en explorar los límites de eficiencia alcanzables, además están en constante inter-relación y, a medida que transcurre el tiempo, se van transfiriendo a la industria muchos de los avances logrados. Sin embargo, las celdas solares que se encuentran en el mercado tienen eficiencias del orden del 15 %.

Proceso típico de fabricación de células de silicio.

Para construir una célula solar a partir de una lámina de silicio es preciso someter esta a diversos tratamientos térmicos y químicos para depositar sobre ella diversos materiales. El proceso típico consta, esencialmente de los siguientes pasos:

- a) Preparación de superficies.
- b) Formación de la unión p-n en la cara frontal.
- c) Creación de una región p+ en la cara posterior.
- d) Formación de los contactos frontal y posterior.
- e) Deposición de una capa antirreflectante.

Los fotones que la constituyen son capaces de transmitir su energía a los electrones de valencia del semiconductor para que rompan el enlace que les mantiene ligados a los átomos respectivos. Por cada enlace roto queda un electrón libre para circular dentro del sólido.

La falta de electrón en el enlace roto, que se llama hueco, también puede desplazarse libremente por el interior del sólido, transfiriéndose de un átomo a otro debido al desplazamiento del resto de los electrones de los enlaces, los huecos se comportan, en muchos aspectos, como partículas con carga positiva igual a la del electrón.

El movimiento de los electrones y huecos en direcciones opuestas genera una corriente eléctrica en el semiconductor capaz de circular por el circuito externo, y liberar en él energía de la cedida por los fotones al crear los pares electrón-hueco. Para separar los electrones de los huecos, e impedir que restablezcan el enlace, se utiliza un campo eléctrico (o la correspondiente diferencia de potencial), que hace que ambos circulen en direcciones opuestas, dando lugar a una corriente en el sentido del campo eléctrico.

— Principio de funcionamiento.

La celda solar, es un dispositivo optoelectrónico en el cuál, al recibir una radiación luminosa aparece una fuerza electromotriz en sus terminales fig 9 para entender a que se debe la aparición de dicha fuerza electromotriz, se aplica a las terminales de la celda solar un voltaje externo (V) variable, con valores negativos y positivos, y analizamos la corriente (I) que fluye através del dispositivo.

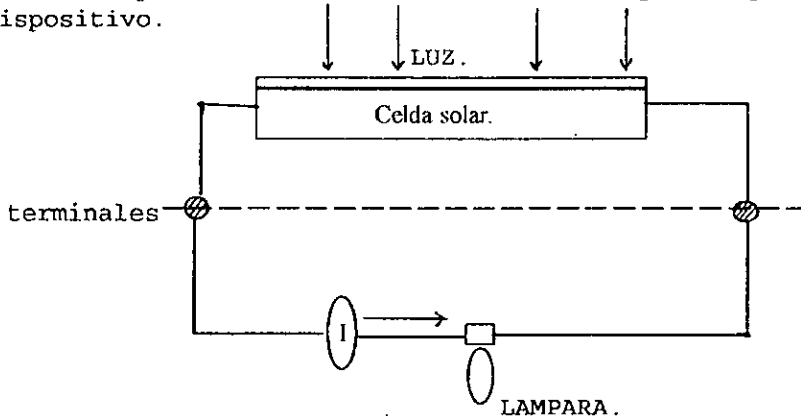


Figura 9. Celda solar generando electricidad.

La grafica I vs V (Fig 10) los resultados indican que la corriente I depende del voltaje V a través de una relacion matemática.

$$I_a = I_o [\exp(eV/kT) - 1]$$

donde:

I_o = Corriente inversa de saturación

e = Carga del electrón.

A = Parámetro que proporciona la calidad de la unión
-de el diodo.

k = Constante de Stefan-Boltzman.

T = Temperatura Absoluta.

La característica rectificadora de la corriente I con el voltaje aplicado V, se consigue mediante la unión entre dos materiales con diferente conductividad eléctrica.

Este tipo de uniones crean dentro de la estructura un campo eléctrico interno (E_i) que es el responsable del comportamiento rectificador. por lo tanto la celda solar es un dispositivo electrónico elaborado por la unión rectificadora entre dos materiales, y que dentro de la celda solar, existe un campo eléctrico interno que es el responsable del comportamiento rectificador.

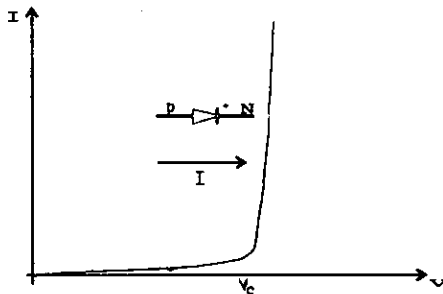


Figura 10. Comportamiento corriente I contra voltaje V de una celda solar.

- a) *Semiconductores tipo n y tipo p (unión P/N).*
- b) *Un metal y un semiconductor (unión tipo Schottky M/S).*
- c) *Un metal, un aislante y un semiconductor (unión tipo M-I-S).*
- d) *Un semiconductor tipo-p, un aislante y un semiconductor tipo-n (unión tipo S-I-S)*

— Construcción de Módulos.

Para construir un módulo, un cierto número de células, usualmente comprendido entre 30 y 36, son interconectadas con cintas metálicas, utilizando soldadura blanda o soldadura ultrasónica. A continuación son encapsuladas para proteger de los agentes atmosféricos y proporcionarle rigidez estructural.

- La cubierta frontal que es un vidrio con bajo contenido en hierro, para minimizar la absorción de la luz.

- El encapsulante necesario para la laminación, se trata de un polímero transparente aislante y termoplástico.

- La células solares y las cintas metálicas que las unen.

- La cubierta posterior, normalmente una película Tedlar u otro vidrio.

□2.1 SISTEMAS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA POR MEDIO DE CELDAS FOTOVOLTAICAS

- a) Un generador fotovoltaico, cuyo funcionamiento y diseño fueron tratados anteriormente.
- b) Un generador auxiliar que complementa al anterior en los momentos de insuficiente radiación. Con mucha frecuencia está constituido por un grupo termoeléctrico alimentado por diesel o gasolina.
- c) Un acumulador de energía que se adapta a los diferentes ritmos de producción y de demanda, almacenando energía en los momentos en que la primera es superior a la segunda, y entregándola en el caso contrario. En la mayoría de los sistemas está constituido por un acumulador electroquímico, o batería, de plomo ácido. Con menor frecuencia se utilizan baterías níquel-Cadmio.
- d) Una Carga que utiliza la energía eléctrica producida por los generadores y que puede adoptar muchas formas: equipos de Corriente directa. (iluminación, televisión, enlaces de telecomunicación, etc.), equipos C.A. (motores eléctricos, iluminación etc.) e incluso la propia Red de distribución de electricidad convencional.
- e) Un conjunto de equipos que actúan de interfaz entre todos los definidos anteriormente y ejercen funciones de protección y control. Genéricamente, se agrupan con el nombre de acondicionamiento de potencia, y quizás, los de uso más frecuente son los reguladores de carga y convertidores CD-CA.

En un sistema particular, alguno de estos elementos pueden no existir. Con excepción del generador fotovoltaico, todos los elementos pertenecen al ámbito de lo que se conoce como tecnología convencional. La experiencia ha puesto de manifiesto que raramente es el generador fotovoltaico, es decir, la parte puramente solar y novedosa, la que causa problemas. Muy al contrario, son las otras partes, en principio más convencionales y experimentadas, las responsables de los fallos de funcionamiento de los sistemas.

— Estructura de soporte.

La utilización de una estructura de soporte adecuada facilita las labores de instalación y mantenimiento, minimiza la longitud de cableado, evita problemas de corrosión y hace agradable la vista del generador en su conjunto, por la que esta debe cumplir con las siguientes condiciones:

- a) Soportar vientos de 100-150 [km/h].
- b) Situar a los módulos a una altura sobre el suelo superior a 1 [m].
- c) Estar constituida por materiales resistentes a la corrosión. Los mejores compromisos calidad-precio se han logrado con acero galvanizado en caliente y con aluminio anodizado.
- d) Emplear para la sujeción de los módulos, tornillería de acero inoxidable.
- e) Estar eléctricamente unida a una toma de tierra que cumpla con las especificaciones del Reglamento de Baja Tensión.
- f) Asegurar un buen contacto eléctrico entre el marco del módulo y la tierra, para permitir la protección de las personas frente a posibles pérdidas de aislamiento en el generador.
- g) Favorecer la integración estética del generador en el medio en el que funciona.

— Cableado.

Un cableado adecuado debe limitar las caídas de tensión aislar eléctricamente a las células y contactos del exterior, para evitar la posibilidad de contactos fortuitos que puedan ser peligrosos con voltajes elevados se debe satisfacer las condiciones siguientes.

a) Disponer de cables incluidos en algunos de estos casos:

1) *Estar aislados de la intemperie por tubo protector.*

2) *Tener funda aislante constituida por algún material cuya temperatura de servicio alcance los 90 °C.*

3) *Estar enterrado sobre un lecho de arena y en una zanja de, al menos, 40 [cm] de profundidad.*

b) Disponer de cables con una sección tal que asegure que la caída de tensión en el conjunto del generador y entre éste y la entrada de la siguiente etapa de la instalación (regulador, inversor, etc.), no supera el 1% de la tensión nominal, en cualquier condición de operación.

— Configuraciones y protecciones.

Las pérdidas de potencia en el cableado de un generador fotovoltaico son proporcionales al producto I^2R , y de ello deriva la idea general de intentar trabajar con corrientes lo más bajas posible, ello supone utilizar tensiones elevadas, lo que, a su vez conlleva a problemas de seguridad.

Por otro lado, conviene tener en cuenta que en general, el generador fotovoltaico implica la existencia de bucles conductores de gran tamaño, por lo que todos los aspectos relativos a sobretensiones y sobrecorrientes inducidas por descargas atmosféricas deben contemplarse con especial cuidado.

A la recomendación de poner a tierra marcos de módulos y estructuras de soporte, hay que añadir el empleo de descargadores de sobretensión (varistores, diodos supresores, etc.) para proteger adecuadamente a los equipos electrónicos que trabajan asociados al generador. La utilización del pararrayos esta, en general, desaconsejada, en la medida en que significan un elemento de atracción para los rayos con el consecuente incremento de los problemas de inducción.

□2.2 POR MEDIO DE ENERGÍA EÓLICA.

El viento es la fuente de energía natural que se genera por la diferencia de temperatura ocasionada por el calentamiento de la superficie terrestre donde el flujo del aire se dirige de las altas a las bajas presiones. Mientras el gradiente de presión (o temperatura) sea mayor, la velocidad del viento será mayor. Estos fenómenos involucran las masas del aire frío en los polos con lo caliente en las zonas ecuatoriales, y son influidos por la rotación de la tierra y la orografía. La potencia generada (P_g), es proporcional al cubo de la velocidad del viento (v) es decir: $P_g = k (v)^3$, donde k es una constante de proporcionalidad, por lo que la velocidad del viento toma un papel relevante en la generación eléctrica.

Los sistemas eólicos, consisten básicamente de hélices conectadas mecánicamente a un alternador o generador eléctrico para la generación de la energía eléctrica, (o de hélices conectadas directamente a un sistema mecánico para bombear directamente el agua).

Las condiciones microclimáticas de varias zonas de la República Mexicana han originado que la energía eólica haya sido usada desde inicios del presente siglo, sobre todo en el altiplano mexicano y en las dos penínsulas: Baja California y Yucatán. Esto se ha aplicado para el bombeo de agua a través de las ofertas por parte de empresas particulares.

Una capacidad de generación eléctrica proveniente del viento es de 2,162 [kW]. Recientemente la regional de CFE inauguró una central eoloeléctrica con 7 unidades de 225 [kW] c/u en la Venta, Estado de Oaxaca a unos 30 kilómetros al noreste de Juchitán (zona de la Ventosa) Las siete máquinas, son de origen Danés con un total de 1575 [kW], montados en torres tubulares de 30 [m] de altura y separados entre si 60 [m].

Por otra parte, se inició el desarrollo de una planta de 2 [MW] en el Estado de Zacatecas con 25 unidades de 80 [KW] c/u, sin embargo, este proyecto se ha estancado por falta de una decisión política (caldera 1995). El potencial eólico total en la República, se estima en 5,000 [MW].

El factor de planta, es la proporción del tiempo promedio durante el año, que puede estar generando la energía. Por ejemplo si en promedio hay vientos durante 12 horas al día, el factor de planta será del 50%.

Así pues los parámetros que definen el régimen de vientos en un punto determinado dependen de:

- a) La situación geográfica.
- b) Las características microclimáticas locales.
- c) La estructura topográfica de la zona.
- d) Las irregularidades del terreno.
- e) La altura sobre el nivel del suelo.

En aquellas regiones en donde existen vientos persistentes y de suficiente magnitud, el aprovechamiento de la energía eólica es una alternativa que ofrece la satisfacción de necesidades de electrificación remota. La integración de sistemas de generación híbrida (eólico-solar), puede ofrecer un sistema complementario orientado a proporcionar una mayor continuidad en el abastecimiento de energía a un menor costo.

Dentro del desarrollo en sistemas de control se tiene una importancia relevante, ya que el funcionamiento de estos es impactar directamente el comportamiento del sistema en cuanto a su confiabilidad, continuidad, eficiencia, seguridad y vida útil.

En el caso de la aplicación de aerogeneradores para electrificación de instalaciones remotas, el problema se acentúa, ya que dadas las características de la fuente primaria (viento), las tasas de carga a que se someten las baterías son muy variables en magnitud e irregulares en el tiempo.

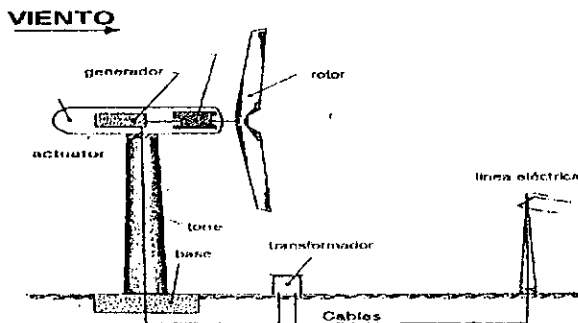


fig 10 a. Generador Eólico típico.

□ 2.3 POR MEDIO DE ENERGÍA MECÁNICA

La Obtención de electricidad es posible con concentradores de canal parabólico mediante la generación directa de vapor. Vapor saturado a 165 [°C] y 6.89 [bars] pueden ser suministrados a un motor de vapor para producir energía mecánica y posteriormente energía eléctrica mediante un generador ,usando el proceso de recirculación para producir vapor.

En los ultimos 20 años la generación térmica solar-electricidad ha sido desarrollada en varias escalas (de algunos KW a varios MW) ,ya que en estos sistemas el calor es transferido mediante aceite orgánico a una temperatura de 300 [°C], o aceite sintético a temperaturas de 400 [°C], siendo este ultimo por supuesto mas caro que el primero.

La conversión de potencia se logra con un subsistema que usa uno o dos intercambiadores de calor para obtener vapor saturado o sobrecalentado.

Este metodo de la generación directa de vapor, permite la eliminación de los aceites y de los intercambiadores de calor, además existe un mayor límite de la temperatura de transferencia de calor (mayor a 400°C) incrementándose la eficiencia del sistema.

Al final la producción de electricidad por medio de la generación directa de vapor puede ser competitiva si se trabaja con turbina de gas en un ciclo combinado lo cual resultaria que el costo de electricidad estará en el rango de 5 a 7 cent/KWh.

□ 2.5 POR MEDIO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

Existen varios métodos para convertir la energía solar en electricidad, uno de ellos es la conversión directa, en la cual se genera un voltaje o corriente eléctrica por medio de la absorción de fotones en un semiconductor de silicio o sulfuro de cadmio. Otro es por la conversión térmica, en la que el calor se convierte en energía eléctrica mediante dispositivos termoeléctricos, o bien por turbinas ordinarias de vapor. Un tercer método puede ser a través de procesos biológicos, ya sea por medio del crecimiento de plantas utilizables de varias maneras o quemándolas en sistemas térmicos. Más del 90% de la energía eléctrica solar en el mundo se produce y operan en el Desierto de Mojave, al sur de California. En conjunto, estas plantas suministran 354 [MW] a la red eléctrica, incluye plantas de ciclo de vapor Rankine accionadas por grandes campos de colectores solares de canal parabólico. En el canal se concentra el calor solar en un tubo receptor, denominado el elemento colector de calor, que contiene aceite en la línea focal del colector, el aceite caliente entrega su calor a un generador de vapor y este es recirculado de regreso al campo solar.

Otro sistema para generar electricidad a altas potencias, del orden de [MW], consiste en un conjunto de helióstatos que reflejan la radiación solar directa hacia una torre central, con un absorbedor colocado en la parte alta de la torre.

En dichos sistemas se logran razones de concentración máximas de 3000* y temperaturas en el intervalo entre 500°C y 2000°C, el arreglo del sistema de torre central evita instalar gran cantidad de tuberías para cubrir grandes distancias de transporte de fluido de trabajo, reduciendo así las pérdidas de calor, el mayor costo de este tipo de instalación se debe a la gran cantidad de helióstatos que siguen al sol ya que el absorbedor debe ser capaz de recibir de 1 a 2 [MW/m²] de flujo de energía solar y transferir el calor con un mínimo de pérdida.

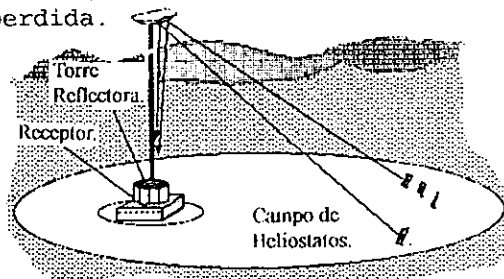


Figura 11 Sistema de torre central.

*Razón de Concentración: Apendice 1.

El sistema de plato parabólico/Stirling; es una tecnología solar para la generación de electricidad que combina colectores solares parabólicos de foco puntual y motores térmicos que emplean el ciclo termodinámico de Stirling.

Las tecnologías termosolares de potencia, tanto las ya existentes como las que están emergiendo, se preparan para proveer una porción importante de la capacidad de generación eléctrica.

Las oportunidades son especialmente favorables en las regiones del mundo en desarrollo donde abunda la luz solar, donde hay electricidad en aumento, y donde se extienda la red central de energía. Por lo cual esta tecnología esta emergiendo como una alternativa interesante y atractiva de generación tanto para las regiones distantes y desconectadas de la red central como para los servicios públicos.

En contraste con los sistemas de receptor central, los sistemas de plato parabólico/Stirling tienen capacidades de generación de potencia mucho menores, generalmente de 5-25 [kW], con estas capacidades es ideal tener uno o mas sistemas independientes para reemplazar generadores diesel en areas rurales para el bombeo de agua, electrificación de comunidades y otros usos productivos.

Se espera que las plantas de plato parabólico Stirling con capacidades de 1-20 [MW]. Sirvan para aplicaciones de mediana escala conectadas a la red principal, se podrían utilizar en pequeños grupos de sistemas de plato parabólico/Stirling en lugar de extender las líneas de los servicios públicos, además pueden ser diseñados para que operen en forma híbrida y puedan seguir funcionando por las noches.

Hay tres componentes principales en un sistema de plato parabólico/Stirling para la generación de energía termosolar; Un concentrador solar parabólico, un receptor de cavidad y un motor térmico de Stirling acoplado a un generador eléctrico o alternador. La figura 12 muestra un sistema de plato parabólico con máquina Stirling y sus tres componentes básicos concentrador, receptor, y motor térmico con generador.

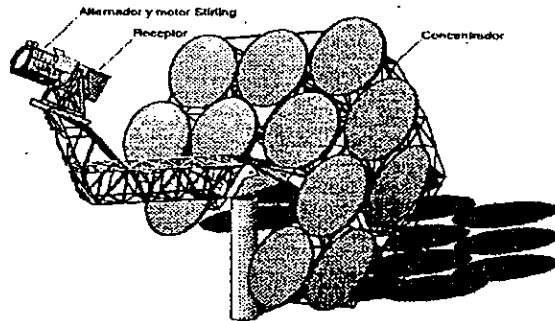


Figura 12. Concentrador Stirling.

La forma parabólica de la superficie reflexiva del plato permite que la luz del sol que incide sobre la cara del plato se refleje y concentre en el receptor de cavidad ubicado en la región focal del plato. El tamaño de los colectores oscila alrededor de 7.5 [m] y producirá 7 [KW], y el de 11[m] aproximadamente [25 KW].

Receptor de cavidad: Este capta la energía solar, absorbiéndola y convirtiéndola de energía electromagnética (radiante).

Los motores térmicos maximizan su potencia funcionando a altas presiones, en el intervalo de 5 a 20 MPa (725 a 2900 psi). Una de las dificultades técnicas resultantes es proveer un sello efectivo para el gas de trabajo; En la figura 13 se observa el motor de pistón libre.

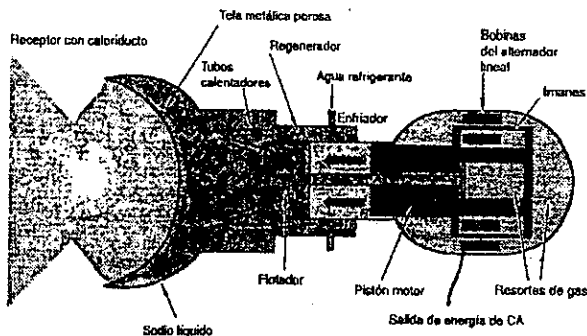


Figura 13. Motor Stirling de pistón libre con alternador lineal y receptor con caloriducto de metal líquido.

En el motor de pistón libre, el pistón motor y el pistón de desplazamiento no están conectados mecánicamente y el pistón de desplazamiento de gas tiene movimiento libre.

El pistón motor, en muchos diseños, se conecta directamente al imán de un alternador lineal, y los dos oscilan entre el espacio que contiene el gas de trabajo y un resorte (generalmente de gas). La generación de electricidad se produce con el movimiento del imán atravesando una bobina estacionaria. La frecuencia y la sincronización de los dos pistones se determina mediante la dinámica del sistema resorte/masa.

Los principales componentes de este sistema se describen a continuación:

Alternador/Motor Stirling: El motor Stirling es un sistema sellado con gas de trabajo que normalmente es hidrógeno. Este gas se recicla constantemente dentro del motor se calienta y enfría en forma alternada, expandiéndose cuando este se calienta y comprimiéndose cuando este está frío, la máquina hace trabajo (produce potencia) porque la expansión del gas al estar caliente produce más trabajo que lo que se gasta al comprimir el gas estando frío. La expansión y compresión dentro del motor produce una presión ascendente y descendente sobre el pistón del motor, lo que se convierte en movimiento mecánico o energía mecánica que es utilizada a su vez por el generador del motor o el alternador para producir electricidad.

Los receptores: Son diseñados para captar y convertir en energía térmica o calor la radiación concentrada proveniente del colector y transferir el calor al gas de trabajo del motor Stirling. El haz de energía solar entra al receptor a través de una apertura que es lo suficientemente grande como para dejar pasar la mayor parte del haz, pero lo suficientemente pequeña para minimizar las pérdidas por radiación, y convección. En la parte posterior de la cavidad hay un absorbedor, que absorbe la energía solar, convirtiéndola en energía térmica. El receptor se monta al colector de modo que el haz de energía esté en su punto más estrecho (su foco) al pasar por la apertura y para que el haz esté algo difuso o esparcido al incidir en el absorbedor.

Debido al potencial del motor Stirling para proporcionar una larga duración, una operación confiable y tener un costo razonable, en el módulo principal de conversión de energía para los sistemas termosolares eléctricos de plato parabólico, y los concentradores que gracias a su buena capacidad para producir temperaturas muy elevadas, son un buen complemento como fuente de calor para los motores Stirling. Los cuales al igual que otros motores térmicos aumentan su eficiencia al aumentar la temperatura de operación, la temperatura típica para estos sistemas es de 650°C a 800°C, las eficiencias a esta temperaturas se encuentran en 30-40 %.

Los gases de trabajo son generalmente hidrógeno o helio, los cuales tienen elevadas propiedades de transferencia de calor; el hidrógeno es termodinámicamente mejor y generalmente contribuirá a la mayor eficiencia del motor.

□ 2.6 PROGRESOS DE LA APLICACIÓN FOTOVOLTAICA EN MÉXICO

Desde que en México se iniciaron las aplicaciones fotovoltaicas en 1967. Las cuales han sido aplicadas en programas de electrificación rural con financiamiento federal.

Actualmente la masiva aplicación de sistemas comerciales en forma de kits en el medio rural se estiman en el rango de 35000-40000, para electrificación doméstica en diferentes regiones del país, debido a la extensa y sofisticada topología que presenta el territorio, alrededor de 5 millones de personas de su población (de un global de 86 millones) aún no tienen acceso a la energía eléctrica, estando la mayoría de estos poblados agrupados en comunidades dispersas en los diferentes estados de la República con menos de 500 habitantes cada una. Sin embargo, el alto grado de dispersión de la población rural, que es en sí mismo uno de los principales factores que motivan el uso de los sistemas fotovoltaicos para su electrificación, es a la vez uno de los elementos que más dificultan el proceso de seguimiento y evaluación de los proyectos y programas. Sumando a esto el gran número de sistemas individuales que se instalan en una determinada región, la tarea de evaluarlos se vuelve lenta, difícil y muy costosa.

Las instalaciones han sido en pequeñas comunidades en donde la red eléctrica no tiene acceso, y con un alto grado de dispersión de la población, ya que ha tenido un incremento importante en donde se incluyen sistemas para iluminación doméstica y entretenimiento (principalmente radio y radiograbadoras), así como otros servicios públicos como: Alumbrado Público, Electrificación de Escuelas, Iglesias, Clínicas Rurales, ha si también como bombas de agua para otras aplicaciones productivas, como se muestra en la tabla 1

Estado	Municipio	Clima	Tipo de Sistema Tecnología								Total	Tamaño (%)
			DOM	SCH	CLI	STO	COH	CHU	OTH			
Chihuahua	Ciudad Juárez	Calor Seco	569	4	1					574	16.4	
	Matamoros	Calor Seco	62	3			1			67	11.9	
	Delicias	Calor Seco	24	2						26	42.3	
	Sierra Mojada	Calor Seco	118	1	1					122	8.2	
Mexico	San Pedro	Calor Seco	75	1	1	1		1		79	45.6	
	Puebla	Templado	105	1						106	17.9	
Hidalgo	Agua Blanca	Templado	769	4						773	19.1	
	Asiatico	Templado	45	2	1					48	47.9	
	Eparititaca	Templado	8	1						9	33.3	
	Huasca	Templado	97	2	1					100	23.0	
	Huachapán	Templado	92	1						93	25.8	
	Huamantla	Calor húmedo	10	1						10	70.0	
	Metzquitlan	Templado	117	2						119	44.5	
	Tulantepec	Templado	1							1	100.0	
	Guerrero	Calor Seco	75							75	12.0	
	Nayarit	Mayaz	Calor Seco	177				1		180	33.3	
Sinaloa	Huapicora	Calor Seco	93					2		94	27.7	
	Badajoz	Templado	62	2		1				66	22.7	
Zacatecas	Nieva	Calor Seco	12					4		16	18.8	
Total			2515	26	5	3	2	2	8	2581	21.45	

DOM: kits para
iluminación doméstica.
SCH: Escuela.
CLI: Clínica.
CHU: Iglesia.
OTH: Otros.
COH: Casa comunal.
STO: Tienda comunal.

Tabla 1. Sistemas fotovoltaicos en diferentes regiones de estudio en el país

En la tabla I se da la información sobre los sistemas fotovoltaicos donde se incluyen el número total de sistemas instalados por municipio y tomados de los diferentes tipos de clima para cada sitio de la República.

Para este tipo de sistemas se desarrollaron especificaciones técnicas, incluyendo la implementación de sistemas de televisión rural con propósitos educativos, pequeños sistemas de telecomunicación y sistemas de bombeo de agua en zonas rurales.

La utilización de las especificaciones han mostrado su eficacia, pues se tienen evidencias que muestra que los programas de electrificación han sido más eficientes. A partir del uso de las especificaciones técnicas, la confiabilidad, calidad y disponibilidad de los sistemas han ido en aumento.

Durante los próximos años, los sistemas FV interconectados a la red serán una opción viable para ser utilizados como sistemas de respaldo y otras aplicaciones dentro del propio sistema eléctrico. Lo anterior hace necesario la preparación de especificaciones técnicas para este tipo de sistemas mediante el conocimiento a fondo de su interacción con la red convencional de suministro de energía eléctrica.

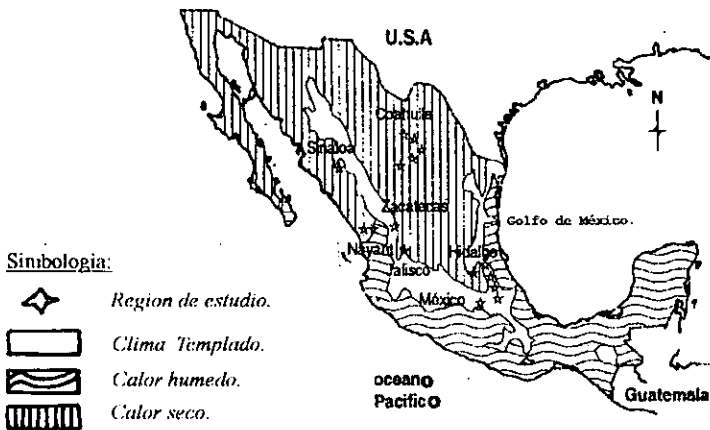


Figura 14. Regiones cubiertas para diferentes tipos de clima.

La figura 14 cubre el área geográfica de aproximadamente 21000 km² del territorio nacional.

Dimensionar un sistema fotovoltaico para que opere adecuadamente en un determinado lugar es una tarea que puede ser compleja o sencilla dependiendo de la cantidad de información con la que se cuente, del costo y magnitud del sistema a instalar, y de la confiabilidad que se deseé ya que la energía solar.

1.-Es una fuente inagotable de energía y por lo tanto gratuita.

2.-La generación de potencia utilizando la energía solar se lleva a cabo sin producir contaminantes ya que afectan al medio ambiente..

3.-La energía solar puede convertirse directamente en energía eléctrica sin recurrir a ningún proceso intermedio. Esto trae como consecuencia que su mantenimiento sea simple y prácticamente nulo, tales características lo hacen fundamental para su uso en satélites, sistemas remotos o sistemas solos y en localidades desérticas.

4.-Utilizando los generadores fotovoltaicos la electricidad puede ser generada en las cantidades que se requiera y en donde se necesite sin utilizar líneas de transmisión. Lo anterior es debido a que la potencia con que nos llega la energía solar y la razón en que se transforma mediante las celdas solares constante pudiendo producir pequeñas cantidades (para el uso de relojes y calculadoras), medianas (para casa habitación, y hasta grandes cantidades de [Kw].

5.-Los dispositivos fotovoltaicos o celdas solares tienen una vida promedio de 20 años por lo cual pueden ser considerados como dispositivos de larga duración.

Introducción.

El área de distribución que tiene la densidad de carga mas baja, es la distribución rural, por ello requiere soluciones especiales. Las grandes distancias y las cargas tan pequeñas representan un costo por [Kw-h] muy elevado, ya que son aplicados en zonas remotas en los cuales, por razones técnicas y económicas de la red de distribución eléctrica no tiene acceso, por lo que en muchas zonas es preferible, generar la energía localmente cuando menos al inicio de las redes. La electrificación de instalaciones remotas por medio de fuentes no convencionales de energía, como lo son la solar y eólica. Actualmente se instalan sistemas fotovoltaicos para energización eléctrica en lugares remotos (ejemplo: aislados de las líneas de distribución de energía eléctrica convencional).

Decenas de miles de hogares en México y de otros países están siendo ya electrificados con sistemas fotovoltaicos, en regiones apartadas donde el suministro eléctrico convencional puede ser técnicamente difícil o muy costoso. Característica particular de tales regiones es el alto grado de dispersión de la población lo que hace más atractivo el uso de los sistemas fotovoltaicos.

□ 3.1 TIPOS DE SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN

- a) Estructura radial: Aérea.
- b) Estructura en anillo: Abierto, cerrado.

La red aérea: Se adapta su uso principalmente para zonas urbanas carga residencial, comercial, industria baja, y en zonas rurales con carga doméstica, y pequeñas

industrias.

La configuración mas sencilla para los alimentadores primarios es del tipo arbolar; consiste en conductores de calibre grueso en la troncal y de menor calibre en las derivaciones o ramales, por lo que sus elementos principales son; transformadores, cuchillas, cables etc.

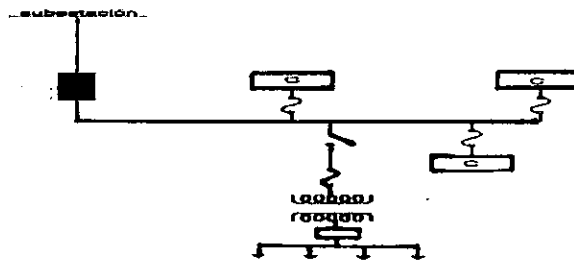


Figura 15. Red radial sirviendo cargas en mediana y baja tensión.

— La estructura en Anillo Abierto:

Es aquella que se constituye a base de bucles (Loops) de igual sección, derivados de la subestaciones fuente. Las redes en anillo operan abiertas en un punto que por lo general es el punto medio. por lo que es recomendable en zonas con densidades de carga entre 5 y 15 [MVA /km²], como ejemplo de estos casos se tiene la electrificación a conjuntos habitacionales.

— La estructura en anillo cerrado:

Es idéntica a la anterior la única diferencia es que no existe un punto normalmente abierto, se desarrolla en cable subterráneo por la facilidad que se tiene de incrementar la capacidad instalada paulatinamente sin afectar la estructura fundamental de la red. por lo cual existe otras ventajas como un factor de utilización mayor del 60% y un mejor control del nivel de cortocircuito.

ESTRUCTURAS EN BAJA TENSIÓN.

Las estructuras de redes secundarias en el sistema de distribución son.

- 1.- Red Radial sin Amarres.
 red subterránea.
 red aérea.
- 2.- Red radial con amarres.

— La red subterránea:

Este tipo de red , cables de sección apropiada de acuerdo con la carga que alimentarán , parten en diferentes direcciones, desde el lugar donde se encuentran instalado el transformador constituyendo los alimentadores secundarios. En esta red una falla en el transformador o en alguno de los cables dejará sin servicio a todos los consumidores que alimentan la instalación. el cable de B.T. se protege a la salida de los transformadores por medio de fusibles, y se instala directamente enterrado.

La figura 16 (a,b) representan una red radial de baja tensión sin amarres; esta estructura por lo general se presenta en redes subterráneas residenciales.

— La red aérea.

Los circuitos secundarios conectan al secundario de cada transformador de distribución a los servicios que alimenta ese transformador siguiendo también una disposición radial, aunque algunos casos se interconecten los secundarios de transformadores adyacentes.

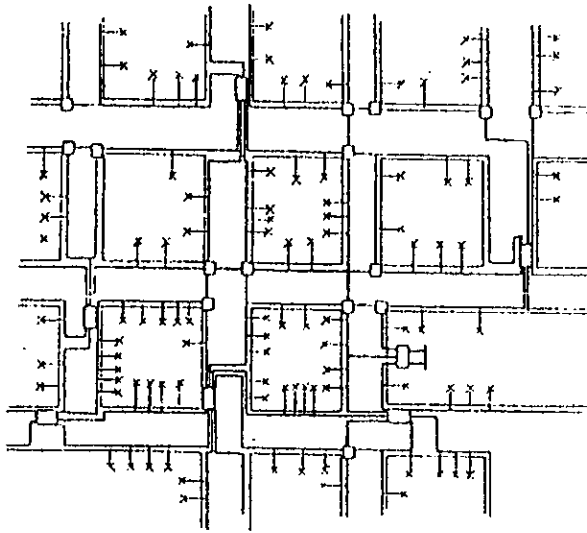


Fig. 16a Red Radial de baja tensión con amarres.

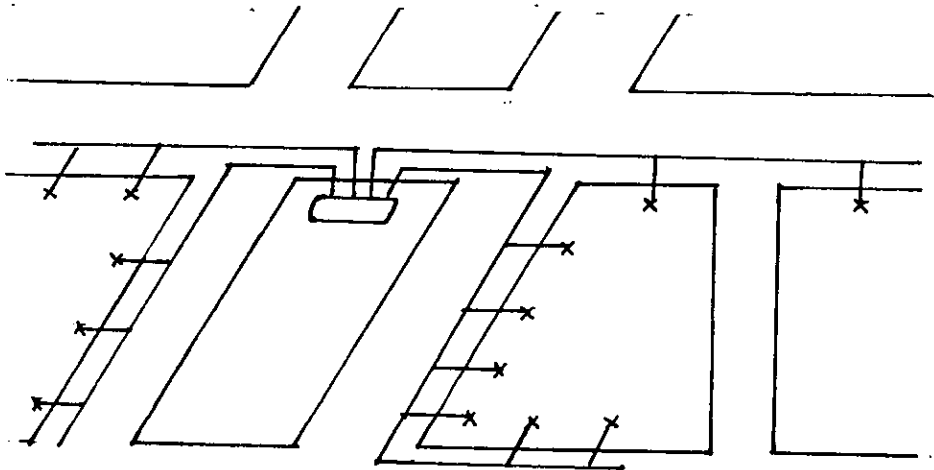


Fig 16b Red Radial subterránea sin amarres.

□ 3.2 FORMAS DE INSTALACIÓN.

Los factores principales para una forma de instalación puede ser aérea o subterránea, por lo que las redes subterráneas se han visto favorecidas por su expansión en las zonas urbanas de alta densidad de carga debido a las ventajas que presentan ante las redes aéreas, las principales son la confiabilidad de servicio y la limpieza que estas instalaciones proporcionan al medio, naturalmente al aumento en la confiabilidad y en lo estético forma parte del incremento de las instalaciones.

□ 3.3 APLICACIONES DE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN.

Los sistemas interconectados a la red serán una opción viable para ser utilizados como sistemas de respaldo y otras aplicaciones dentro del propio sistema eléctrico.

Las configuraciones posibles de interfase para sistemas residenciales y estaciones centrales; las principales implicaciones de la interconexión como lo son, la distorsión armónica, factor de potencia, aislamiento de generadores, fluctuación de voltaje y respuesta a situaciones de falla; y su impacto en la operación del sistema de potencia.

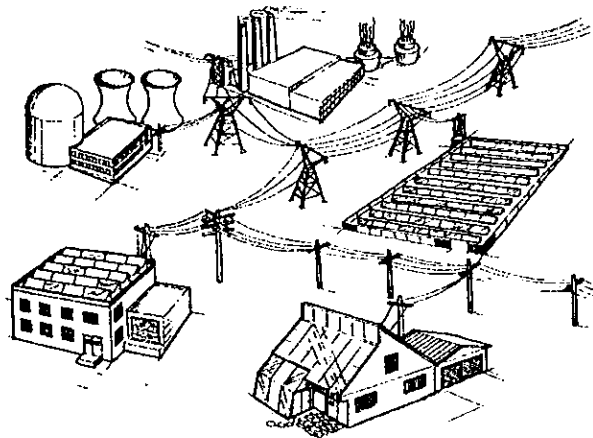


Figura 17 a. Sistema fotovoltaico conectado a la Red.

Sistemas Distribuidos

Los sistemas distribuidos de pequeña capacidad generalmente cuentan con acondicionamiento de potencia centralizado porque es más económico y eficiente. El concepto modular en este caso implica el uso de un inversor por cada módulo fotovoltaico, ya que estos sistemas son los que más convienen en aplicaciones reales.

Las ventajas de los sistemas modulares son: reducción de costos de ingeniería e instalación, se evita cableado y equipo de CD, cada módulo opera en su punto de máxima potencia, flexibilidad de operación posibilidad de expansión modular desde 100 [W] hasta varios [kW] y la posibilidad de beneficiarse con las economías de volumen.

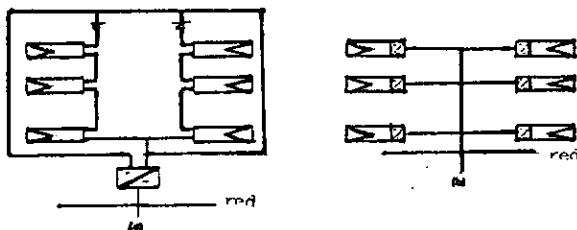


Figura 17 Configuración de Sistemas Interconectados;
a) Centralizado b) Modular.

A pesar de sus bondades, las desventajas de los sistemas modulares de pequeña capacidad tiene un peso determinante: su costo es mayor y su eficiencia global es menor.

Almacenamiento.

No es común en sistemas conectados, su uso tiene beneficios potenciales importantes para la compañía suministradora y el usuario, como la eliminación de picos de demanda y el manejo de carga; pero la inversión inicial y el costo de mantenimiento son elevados.

Protecciones convencionales.

Las protecciones para sistemas residenciales interconectados son las siguientes.

- . Protecciones por desviación de voltaje y frecuencia.
- . Protecciones contra aislamiento
- . Protecciones contra sobrevoltajes en CD y en CA.
- . Protecciones contra inyección de CD en la red. La forma usual es el uso de transformadores.
- . Interruptor de desconexión manual accesible a la compañía suministradora, localizado entre el sistema de acondicionamiento de potencia y la acometida

Puesta a Tierra.

Para la puesta a tierra de los generadores fotovoltaicos, se aterriza sólidamente uno de los polos de CD.

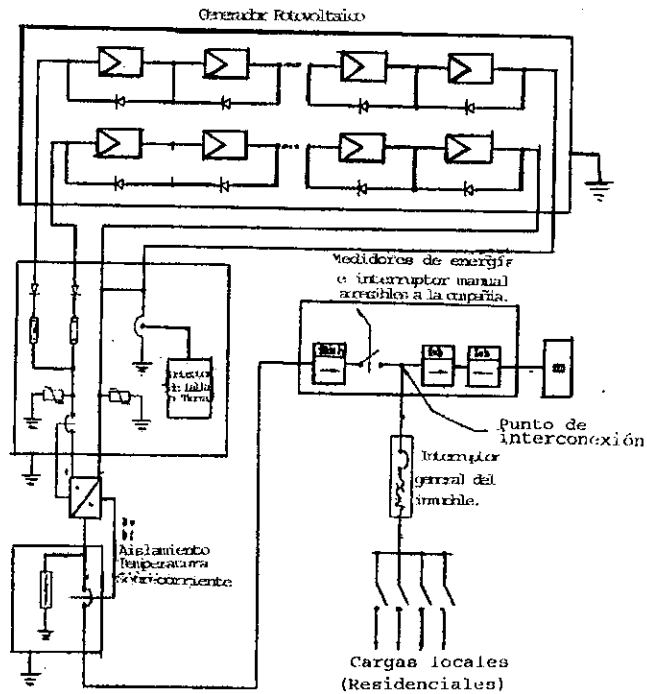


Figura 17.b Sistema residencial con acondicionamiento de potencia centralizado y generador aterrizado.

— **Estaciones Centrales.**

La configuración en estaciones centrales también puede ser modular o centralizada, en este caso el concepto modular implica un inversor por cada subarreglo, todos los subarreglos y su acondicionador de potencia son idénticos y cada uno opera como un generador independiente, confiriéndole a la planta ventajas similares a las de los sistemas distribuidos modulares, la diferencia estriba en que si se elige correctamente el tamaño del subarreglo. la eficiencia no se ve afectada sensiblemente y se pueden abatir costos por estandarización y economías de volumen.

— **Puesta a Tierra.**

Aterrizar el sistema eléctrico en el punto medio tiene la ventaja de dividir el voltaje de arreglo reduciéndolo el voltaje a cada módulo con respecto a tierra.

— **Protecciones convencionales.**

Difieren de los sistemas distribuidos puesto que las estaciones centrales forman parte del sistemas de generación de la compañía suministradora y por lo tanto son operadas por los sistemas de control de energía, las protecciones contra sobrevoltajes y contra inyección de CD son aplicables en este caso.

El factor de potencia no representa dificultad alguna en inversores autoconmutados por líneas de compensación de la corriente reactiva se realiza por medio de bancos de capacitores con incrementos discretos.

— Fluctuación de voltaje.

La naturaleza variable del recurso solar produce variaciones en la potencia generada por sistemas fotovoltaicos. Una preocupación de los ingenieros de potencia es que un nivel adecuado de penetración fotovoltaica en un alimentador, puede producir variaciones instantáneas de carga que se traducirán en fluctuaciones de voltaje

— Respuesta a situaciones de falla.

1) las corrientes inyectadas en la red por generadores distribuidos no deben corromper la lógica de operación de los sistemas de protección de la red.

2) la interfaz debe ser capaz de detectar fallas en el lado de CA, y en el de CD, y realizar su desconexión de la red.

La única falla potencialmente difícil de detectar por las protecciones de la red y del inversor es un corto circuito a través de la impedancia pero la aportación a la corriente de falla de los generadores es limitada porque son inherentemente fuentes de corriente.

Los sistemas de protección incluidos en el inversor deben ser capaces de discernir entre fallas en el sistema y condiciones transitorias como picos de voltaje y caídas debidas al arranque de motores grandes. Si el inversor no detecta una falla en la red y no interfiere en las protecciones, entonces las protecciones contra aislamiento realizarán la desconexión una vez que la falla haya sido eliminada por las protecciones del sistema de distribución.

Aislamiento de Generadores Distribuidos.

La fig 19 es el diagrama de un alimentador con generación distribuida, en el, la potencia fluye de los generadores distribuidos hacia la carga y de la red hacia la carga. Al aumentar el porcentaje de generación distribuida la producción de los generadores puede igualar la demanda de potencia de la carga; si esto sucede, el flujo de potencia proveniente de la red es nulo y la apertura del interruptor (CB) no tiene efectos notables en el sistema.

En el momento de la apertura de CB, el voltaje de la red es substituido por el voltaje de la carga, que a su vez es producido por la corriente que los generadores distribuidos le suministran. Si la carga total del alimentador es igual o muy cercana a la potencia entregada por los generadores en watts y vars, el voltaje y la frecuencia se mantendrán estables dentro de los límites de operación normal por un tiempo prolongado. Esto provoca que las protecciones del inversor que monitorean estos parámetros no detecten la pérdida de la red. Entonces es necesaria una protección adicional contra aislamiento.

Si existe desbalance en la potencia real o reactiva demandadas y generadas en el alimentador en el momento de la desconexión, se producirán fluctuaciones de voltaje y/o frecuencia que son fácilmente detectables por las protecciones correspondientes. Por esta razón se denominan protecciones convencionales contra aislamiento.

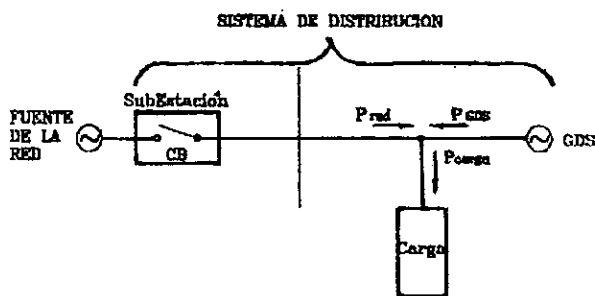


Figura 19. Alimentador con generación local.

4.1 OPERACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.

El dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos autónomos, es decir, donde toda la electricidad proviene solo del generador fotovoltaico de baja capacidad de potencia, puede hacerse en forma un poco más directa y sencilla, aunque se requiere contar con un mínimo de información, como el valor de la insolación promedio en el mes con mínima radiación, la latitud del lugar, las características de módulos y baterías disponibles localmente, así como de un método normalizado de cálculo que permita dar un mínimo aceptable de confiabilidad al sistema.

Las necesidades básicas de electricidad en una casa rural, son iluminación y telecomunicación (radio, TV). Por lo que esto conduce a sistemas fotovoltaicos cuya potencia pueden variar de 50 a 500 [Wp], el cual debe de contar con los siguientes elementos:

Un inversor de 12 (Vcd) para iluminación con 127 (Vca) para aparatos electrodomésticos como se muestra en la fig 20, Porque con el consumo de (c.a.) obliga a dimensionar el inversor para atender a la máxima potencia que pueda existir en la carga.

Una batería (acumulador de energía eléctrica) y un controlador de carga/descarga de la batería. El sistema trabaja normalmente a 12 V de corriente directa (c.d), y solo excepcionalmente se usa inversores para corriente alterna (c.a.) de 12 (Vcd) - 220 V(ca).

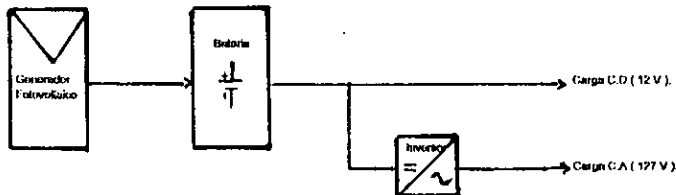


Figura 20. Sistema Fotovoltaico típico

Estos sistemas incluyen un Módulo fotovoltaico de 48-51 [Watts] de potencia nominal, un controlador de carga electrónico, capaz de manejar corrientes arriba de 20 (A) y con carga y descarga de corriente, la carga total es de 90[Watts], la cual puede estar representada por cinco lámparas fluorescentes de 18 [Watts], o bien con mas de 7 lámparas de 9[Watts] de Alta eficiencia y compactas, en caso de televisor blanco y negro de 35[Watts] se tiene que substituir por el numero correspondiente de lámparas horas, guardando la carga total, con la batería de capacidad de 50-150 [A-h]. la batería esta generalmente colocada en un cuarto ventilado.

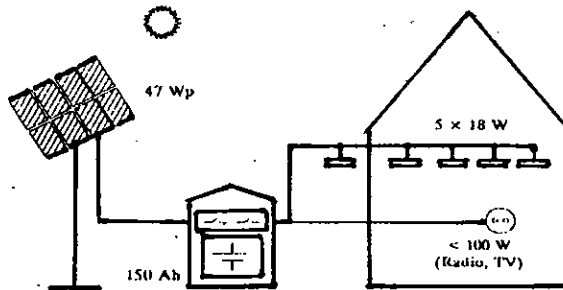


Figura 21. Esquema de un sistema fotovoltaico autónomo.

1) 4.2 LA BATERÍA FOTOVOLTAICA

√ Se denomina capacidad nominal de una batería C_n , a la cantidad de corriente (Ah) que es posible extraer de ella cuando esta totalmente cargada, hasta que la tensión de sus bornes, V_n , alcanza un cierto valor final V_{br} .

√ Se llama estado de carga de una batería, SOC, a la relación entre la capacidad de una batería, en general parcialmente cargada, y su capacidad nominal. Obviamente $0 < SOC < 1$; $SOC=1$ indica que la batería esta totalmente cargada y $SOC=0$ que esta totalmente descargada.

√ Al valor complementario de SOC, se llama profundidad de descarga de la batería, $PD=1-SOC$.

√ Se denomina régimen de carga (o descarga) a la relación entre la capacidad nominal de una batería y el valor de la corriente a la que realiza una carga (o descarga). Este parámetro se expresa, normalmente, en horas. Por ejemplo, si se descarga con una corriente de 5 [A] una batería de 100 [Ah], se dice que el régimen de descarga es de 20 horas y el valor de la corriente se expresa como I_{20} .

La naturaleza de la radiación solar es intrínsecamente variable en el tiempo ya que, por un lado, esta sometida al ciclo diario de los días y las noches; por otro, al ciclo anual de las estaciones, y por último, a la variación aleatoria del estado de la atmósfera, como consecuencia de ello, son mucho los momentos en los que la potencia eléctrica que puede entregar un generador fotovoltaico difiere, por exceso o por defecto, de que la demanda una determinada aplicación. El correcto abastecimiento energético de la aplicación exige, por tanto, poder almacenar energía cuando la producción fotovoltaica excede a la demanda, para utilizarla en la situación contraria. El que se encarga de realizar esta función es el acumulador, la mayoría de los acumuladores utilizados en los sistemas fotovoltaicos son baterías recargables de plomo-acido. Esta situación es previsible que se mantenga durante los próximos años.

El caso concreto de una instalación autónoma, es decir, la que esta constituida únicamente por un generador fotovoltaico y una batería, como se vera a continuación.

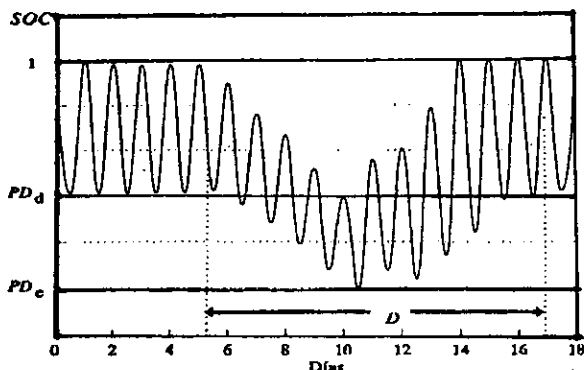


Figura 22. Evolución del estado de carga de una batería en una instalación fotovoltaica típica.

La figura 22 representa la evolución del estado de carga de la batería a lo largo de una serie de 16 días en los que la irradiación solar que alcanza al generador se distribuye de tal forma que durante los 5 primeros la generación diaria de energía es igual o superior al consumo; durante los 5 siguientes, debido a un empeoramiento del tiempo, la generación es inferior al consumo; durante los 6 últimos, debido a que el tiempo mejora de nuevo, la generación supera al consumo hasta el punto de que la batería se recarga totalmente.

Dos fenómenos, de ocurrencia general, merecen ser destacados en este ejemplo:

a) La existencia de un ciclado diario debido a la existencia de un consumo de energía durante la noche. La profundidad de descarga asociado a este ciclado, PD_d , sólo depende de la relación entre este consumo y la capacidad de la batería. En particular, es independiente del tamaño del generador y de la climatología del lugar.

$$PD_d = L_n / C_B$$

donde L_n es la energía consumida diariamente durante la noche.

b) La existencia de un ciclado estacional asociado a los períodos de baja radiación, cuyas características de profundidad, PD_c , y duración, D , dependen del consumo diario (diurno y nocturno), del tamaño del generador y de la climatología del lugar. A pesar de lo que se que su denominación pudiera sugerir, la ocurrencia de estos ciclos no coincide, en general, con las estaciones del año. Ocurren cada vez que hay algún día cuya radiación está por debajo del valor medio considerado en el diseño y, naturalmente, son más

frecuentes en invierno que en verano. Para evitar la pérdida excesiva de material activo en la batería, las instalaciones suelen incorporar algún elemento de control que limita el valor de PD_u a un cierto máximo de PD_{MAX} , interrumpiendo la alimentación a la carga cuando se llega a él. La capacidad disponible o utilizable de la batería es, entonces, menor que su capacidad nominal e igual al producto $C_b PD_{MAX}$. La relación costo-confiabilidad en las instalaciones fotovoltaicas más características, conduce a baterías con una capacidad utilizable en el rango de 3 a 8 veces la energía diariamente consumida por la carga.

La utilización de generadores pequeños y baterías grandes conlleva a valores pequeños de PD_u y valores grandes de D . Los primeros resultan beneficiosos para la vida de la batería, mientras que los segundos resultan perjudiciales. Por otro lado, la tendencia a la estratificación está, en general, poco compensada por la pequeña capacidad de sobrecarga inherente a un generador pequeño. Esto resulta negativo para la vida de la batería, aunque no impone la necesidad de un mantenimiento riguroso.

Por el contrario, generadores grandes y baterías pequeñas conducen a valores de D y PD_u pequeños y relativamente grandes, respectivamente. La estratificación se compensa con frecuentes sobrecargas que, debidamente controladas, benefician la vida de la batería, aunque exigen cuidar su mantenimiento.

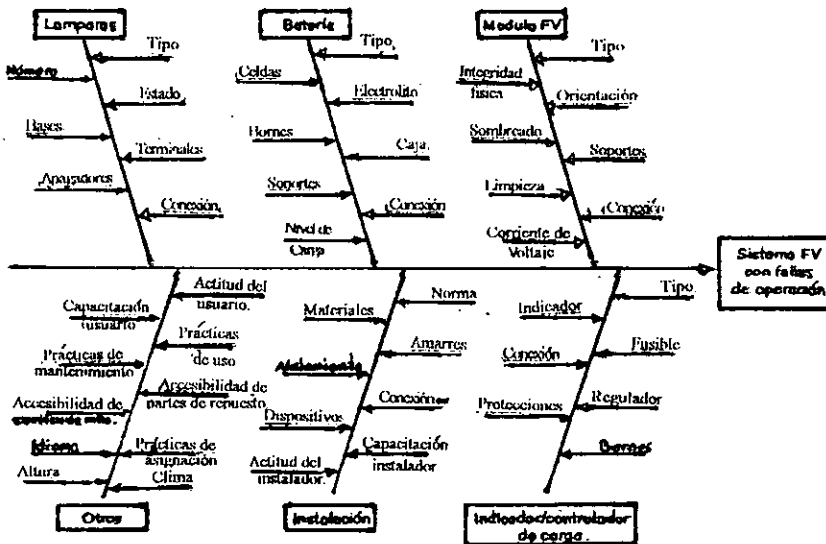


Figura 20. Principales causas de posibles fallos en los sistemas FV de iluminación.

Los sistemas fotovoltaicos de iluminación rural pueden fallar en respuesta a una variedad de causas, tanto técnicas como de otra índole. El diagrama causa-efecto de la fig 23. muestra algunos de los principales elementos donde pueden originarse las fallas de operación del sistema.

Además de los principales componentes del sistema fotovoltaico se incluyen el proceso de instalación y otros elementos no técnicos.

— Baterías Estacionarias.

La familia de baterías estacionarias, generalmente diseñadas para sistemas de alimentación ininterrumpida (SAIs), es muy amplia: tipo Planté, sin mantenimiento, herméticas, etc. A la hora de utilizarlas en aplicaciones fotovoltaicas y como norma general, conviene evitar aquellas que contienen calcio en las rejillas. A pesar del poco mantenimiento que requieren, la experiencia ha demostrado ampliamente que el empleo de esta aleación en instalaciones fotovoltaicas conlleva poca confiabilidad.

— Baterías Solares.

Con este nombre se ofrece hoy en el mercado un conjunto de baterías, realmente o supuestamente adaptadas a los requerimientos de un sistema Fotovoltaico. Generalmente se trata de baterías que por su geometría y materiales usados buscan hacer un compromiso entre costo, vida útil (número de ciclos de carga/descarga) y libre de mantenimiento. Pueden ser selladas o abiertas.

— Baterías Plomo Ácido.

Estas baterías con menos de 2% de antimonio y con una porción menor de selenio en la aleación tiene una construcción con planchas blindadas (tubulares) y cuestan 3-6 veces más que las baterías de arranque comunes. Tienen una autodescarga menos de 3% una eficiencia de 95-98% y, una vida hasta 14-18 años, permitiendo 1300-1500 ciclos de 80% de carga/descarga, o 4500 ciclos de 30%. son usadas en instalaciones grandes.

— Baterías de Arranque.

Las baterías más usadas son las de tipo arranque mejorado que tienen placas más gruesas, más electrólito etc. No son selladas y requieren un mantenimiento bajo de más o menos 1-2 veces por año.

La elección final va a depender de las circunstancias, precios de módulos fotovoltaicos y de las baterías, facilidad de acceso, confiabilidad, seguridad, costo etc. puede ser la confiabilidad o el libre mantenimiento de la batería (p.ej. en telecomunicaciones), en aplicaciones rurales el factor más importante es el costo de inversión inicial y, sobre todo, el costo anualizado de la batería.

En otras palabras; siempre y cuando uno no descargue una batería por debajo de un valor máximo característico de la batería, la carga total que se puede almacenar en la batería durante toda su vida será aproximadamente constante: Se puede usar una batería que permita descargas completas, con una capacidad total de 50 [Ah], descargándola diariamente 12-18 [Ah], equivalente al 24-36(%) de su carga total, descargándola eventualmente por completo. Alternativamente se puede usar, por ejemplo una batería de una capacidad de 150 [Ah] que permita descargas de 33% descargándola diariamente 8-12(%). De estas dos alternativas se escogerá la que sea más barata para un Sistema fotovoltaico domiciliario en un país de desarrollo.

Precauciones de uso

La utilización de baterías en instalaciones fotovoltaicas no requiere precauciones específicas y, en principio, es suficiente con seguir las normas generales de mantenimiento que aconsejan los fabricantes. Algunos fenómenos como la pérdida de material, la estratificación, la pérdida de electrólito, etc. No se producen de forma homogénea sino que afectan más a unos elementos que a otros. En consecuencia, resultaría con daño la vida de la batería porque hace que algunos elementos soporten más fatiga que otros y, por lo tanto, su vida de uso empieza a fallar.

Los fenómenos de dispersión están asociados fundamentalmente a los procesos de descarga y de permanencia en descarga, por lo que en las instalaciones fotovoltaicas alcanzan su apogeo al final de las estaciones de mal tiempo, es decir, del invierno (o de la época de lluvias en las proximidades del Ecuador).

Para una larga vida de la batería es importante que el regulador sea de buena calidad para evitar sobrecargas y descargas completas.

□ 4.3 CONVERTIDORES CD-CA

Los generadores fotovoltaicos proporcionan CD. Sin embargo, aplicaciones como el accionamiento de motores o la conexión a la Red eléctrica convencional, exigen la utilización de CA y de ahí la necesidades de disponer de convertidores CD-CA, también conocidos como inversores.

Están constituidos por un sintetizador que, accionando un conjunto de interruptores, genera una onda de impulsos a partir de la tensión CD, y un filtro que elimina los armónicos indeseados de dicha onda.

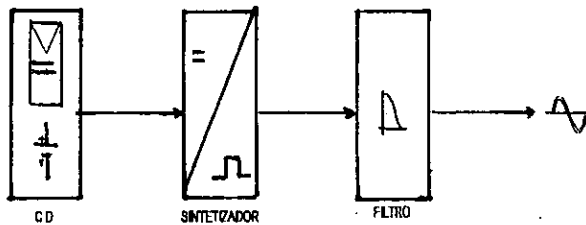


Figura 24 Estructura de un convertidor CD-CA o inversor.

El diseño de un inversor para aplicaciones fotovoltaicas debe tener en cuenta que la energía producida por el generador tiene un precio muy elevado y por ello, no se debe desperdiciar. Como consecuencia, estos inversores han de exhibir, como características fundamentales, una gran confiabilidad y una alta eficiencia en todas las condiciones de trabajo.

Especialmente en sistemas aislados (electrificación rural, etc.), estas características representan un grado de exigencia muy notable. Por un lado, la potencia que demanda la carga se distribuye en un margen muy amplio de valores, lo que fuerza al inversor a ser eficiente en todo el rango de potencias inferiores a la nominal. Por otro, las exigencias muy elevadas aunque de carácter puntual (arranque de motores, cortocircuitos en la instalación, etc.) son frecuentes y el inversor ha de sufrirlas sin daño.

Se analiza un inversor basado en un sintetizador de onda cuadrada como se muestra en la fig 25 (a,b).

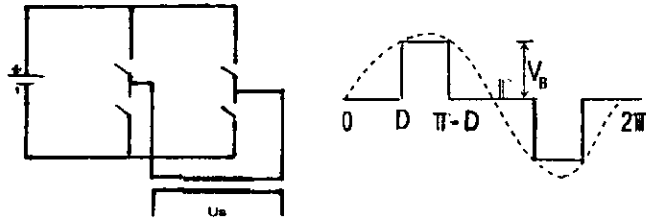


Figura 25.(A) Configuración posible de un inversor

B) Onda cuadrada.

Se observa un elevado contenido de armónicos cercanos 3,5,7 principalmente y un aumento de éstos conforme disminuye la potencia de salida. El filtro encargado de su eliminación se construye en base a ramas resonantes con los armónicos de menor orden. Estos filtros consumen una elevada potencia que, lógicamente, incide negativamente en el rendimiento del inversor y, además, son muy pesados y voluminosos lo que se traduce en un equipo caro e incómodo de manejar.

Los interruptores más populares en el pasado han sido los transistores bipolares, para potencias bajas y medias, y los tiristores para potencias más elevadas. Los transistores soportan mal las sobrecorrientes, lo que ha dado origen a numerosos problemas de confiabilidad, y los tiristores presentan elevadas pérdidas de conmutación que inciden negativamente en el rendimiento de los inversores.

4.4. REGULADORES DE CARGA

Para preservar la vida de las baterías, hay que evitar las situaciones de sobrecarga y de sobredescarga. En el caso de baterías de plomo ácido, el voltaje y el estado de carga están directamente relacionados, por lo que la medida de aquél proporciona una buena indicación sobre si la batería está o no, trabajando en un régimen adecuado.

La situación de sobrecarga corresponde a un voltaje excesivamente elevado. Para evitarla se puede, o bien introducir un elemento electrónico que disipe el exceso de potencia generando por los módulos, o bien desconectar la batería del generador.

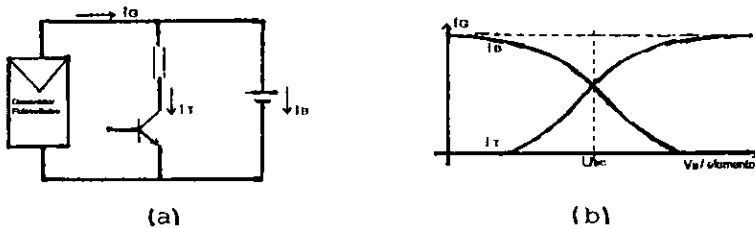


Figura 26 Principio de funcionamiento de un regulador paralelo.

El procedimiento más común para implementar la primera solución consiste en poner un transistor en paralelo con el generador fotovoltaico, como muestra la figura 26(a). El control del transistor debe conseguir que éste conduzca o no, según que el voltaje de la batería sea superior o inferior a , cierto valor umbral, U_{sc} . La figura 26(b) representa esta situación para la eventualidad de una corriente de carga constante.

Con este tipo de reguladores conviene adoptar la precaución de instalar un diodo de bloqueo entre el transistor y la batería, que evite la descarga de esta última en la eventualidad de mal funcionamiento de aquél. En el empleo de este diodo se traduce en una disminución de la corriente de carga, si a ello unimos las dificultades que plantea la disipación de potencia en el transistor, se entenderá por qué la utilización de reguladores en paralelo, se restringe a generadores fotovoltaicos de pequeña potencia ($I_{carga} < 10 \text{ A}$).

Para potencias mayores, es más cómodo recurrir a desconectar la batería del generador, mediante un interruptor accionado según el ciclo de histéresis representado en la figura 27. Los dispositivos basados en este principio se denominan reguladores serie.

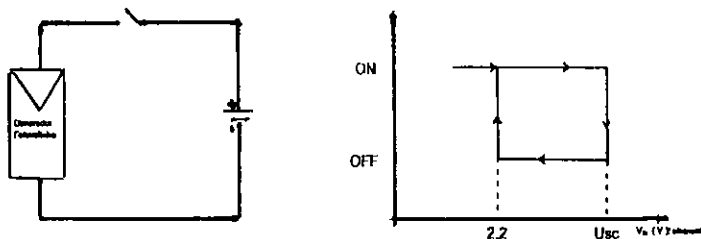


Figura 27 Principio de funcionamiento de un regulador serie.

El interruptor puede ser un dispositivo electromecánico (relé, contactor, etc) o estático (transistor bipolar Mosfet, etc). Los primeros ofrecen la ventaja de no introducir caídas de tensión entre el generador fotovoltaico y la batería, pero la necesidad de mantener limpios los contactos plantea problemas de confiabilidad en ambientes donde el polvo y la arena son frecuentes. En ambos casos, el diseño debe minimizar el consumo del interruptor en ON. Si se utiliza un dispositivo electromecánico, conviene, para ello que tal situación corresponda a una posición de reposo. Si se utiliza un dispositivo estático conviene elegir un transistor bipolar de alta ganancia de corriente o, mejor aún, un mosfet.

Interesa resaltar que el control del interruptor puede incorporar la función de evitar la posible descarga nocturna de las baterías a través de los paneles.

Para proteger la batería de las sobredescargas se recurre a desconectarla de la carga cuando su voltaje se hace menor que un cierto valor umbral, U_{su} . Para ello se intercala un interruptor entre la batería y la carga accionando según el ciclo de histéresis que muestra la figura 28.

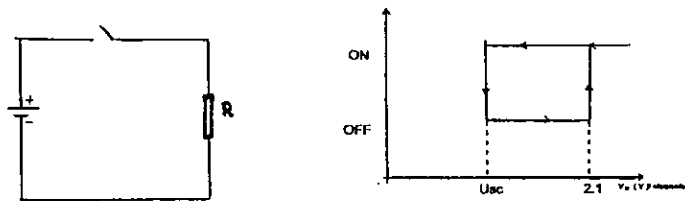


Figura 28 Principio de funcionamiento de un limitador de sobrecarga.

Por la inconveniencia de asociar baterías en paralelo, si por alguna razón, hubiese que recurrir a tal práctica, conviene evitar que las baterías se interfieran mutuamente, utilizando generadores y reguladores independiente para cada batería y desacoplando la carga con diodos, tal y como indica la figura 29.

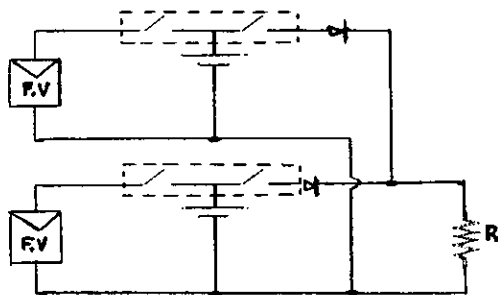


Figura 29. Montaje recomendable para baterías en paralelo.

En otro orden de cosas, siempre conviene intercalar, entre el regulador y la batería, un fusible, o similar, que proteja a esta última frente a corrientes de descarga excesivas, de esta forma, se evitan los problemas derivados de un cortocircuito en el circuito de la carga y en el del generador. En el terreno, interesa mencionar que esta última eventualidad es frecuente en el caso de mencionadas, debe estar siempre presente en cualquier sistema fotovoltaico que utilice una batería.

4.5 CARGA INSTALADA

TIPO RESIDENCIAL.

tipo	carga	N.usuario	Kw	F.C 0.4
bomba	2.88	1	2.88	1.152
lavadora	1.008	10	10.08	4.032
aspiradora	0.3	10	3	1.2
televisor	0.12	10	1.2	0.48
tostadora	1.104	10	11.04	4.416
microondas	0.6	10	6	2.4
5 lamparas	0.12	10	1.2	0.48
2 Lamp.inc.	0.1004	10	1.004	0.4016
extra	5	1	5	2
			41.404	16.5616

tiempo	consumo	serv.diario	serv.sem	cons.Kw
0-1	3	1	7	21
1-2	3	1	7	21
2-3	3	1	7	21
3-4	3	1	7	21
4-5	3	1	7	21
5-6	6	1	7	42
6-7	7.5	1	7	52.5
7-8	9	1	7	63
8-9	11	1	7	77
9-10	13	1	7	91
10-11	14.5	1	7	101.5
11-12	16	1	7	112
12-13	13	1	7	91
13-14	15	1	7	105
14-15	12	1	7	84
15-16	14.8	1	7	103.6
16-17	14.4	1	7	100.8
17-18	15	1	7	105
18-19	15.8	1	7	110.6
19-20	16.56	1	7	115.92
20-21	15.6	1	7	109.2
21-22	13.7	1	7	95.9
22-23	10	1	7	70
23-24	5	1	7	35

T
I
P
O

R
U
R
A
L

Tipo de Carga	Carga [W]	No. de Usuario	[KW]	Carga total	Total de Carga
					F.C=0.9
Farmacia	35.99	3	0.10797		0.097173
Pasillo interior.	9.02	1	0.00902		0.008118
Cuarto Electrico.	12.95	1	0.01295		0.011655
Contactos	1199.9	1	1.1999		1.07991
Alumbrado ext.	299.97	1	0.29997		0.269973
Bomba de agua.	746	1	0.746		0.6714
Ventilador	13.97	2	0.02794		0.025146
T.V. color 20"	89.99	2	0.17998		0.161982
Observacion.	78.012	1	0.078012		0.0702108
Curaciones.	156.024	1	0.156024		0.1404216
Consultorio.	104.016	3	0.312048		0.2808432
Recamara Med.	104.016	1	0.104016		0.0936144
Baño recamara.	18	4	0.072		0.0648
Sala de espera.	104.016	1	0.104016		0.0936144
Baño publico.	9.996	3	0.029988		0.0269892
Area de lavado.	18	1	0.018		0.0162
Patio trasero	9.996	2	0.019992		0.0179928
Puerta de ent.	12.996	2	0.025992		0.0233928
Refrigerador.	21.6	2	0.0432		0.03888
Lamp.de halog.	50.004	1	0.050004		0.0450036
Radio-transmisor.	24	1	0.024		0.0216
Radiograbadora	9.96	1	0.00996		0.008964
			3.630982		3.2678838

Tiempo	Consumo [KW]	Ciclo de Serv. diario.	Ciclo de Serv. Semanal.	Consumo del Sist.Semanal [KW]
0-1	2.56	1	7	17.92
1-2	2.56	1	7	17.92
2-3	2.56	1	7	17.92
3-4	2.1	1	7	14.7
4-5	2	1	7	14
5-6	2	1	7	14
6-7	1.89	1	7	13.23
7-8	1.9	1	7	13.3
8-9	1.6	1	7	11.2
9-10	1.65	1	7	11.55
10-11	1.8	1	7	12.6
11-12	1.9	1	7	13.3
12-13	2.1	1	7	14.7
13-14	2.6	1	7	18.2
14-15	2.9	1	7	20.3
15-16	2.9	1	7	20.3
16-17	3	1	7	21
17-18	3.6	1	7	25.2
18-19	3.5	1	7	24.5
19-20	3.6309	1	7	25.4163
20-21	3.48	1	7	24.36
21-22	3.48	1	7	24.36
22-23	3.17	1	7	22.19
23-24	2.89	1	7	20.23
				432.3963

4.6 MÉTODO PARA CALCULAR EL SISTEMA NECESARIO.

HOJA DE CALCULOS #1 CALCULO DE CARGAS DE APARATOS ELECTRICOS

1	2	3	4	5A	5B	6	7	7 días por semana	8	D	9	10			
													Descripción de la carga	C A N T.	Corriente de la carga (A)
	c.a.	X	X	=	=	X	X	+ 7 +		+		=			
	c.c.		X	=	=	X	X	+ 7 +		+		=			
	c.a.	X	X	=	=	X	X	+ 7 +		+		=			
	c.c.		X	=	=	X	X	+ 7 +		+		=			
	c.a.	X	X	=	=	X	X	+ 7 +		+		=			
	c.c.		X	=	=	X	X	+ 7 +		+		=			
	c.a.	X	X	=	=	X	X	+ 7 +		+		=			
	c.c.		X	=	=	X	X	+ 7 +		+		=			
	c.a.	X	X	=	=	X	X	+ 7 +		+		=			
	c.c.		X	=	=	X	X	+ 7 +		+		=			
11 POTENCIA TOTAL DE CARGA DE C.A. Y DE C.C. (W)				1A	11B				12 CARGA TOTAL EN AMP-HORAS (Ah/día)						
13 Potencia total de la carga de c.a. (W)		14 Potencia total de la carga de c.c. (W)		15 Tensión nominal del sistema (V)		16 Drenaje máximo de corriente (A)		17 Carga total en amp-horas (Ah/día)		18 Factor de rendimiento de conductores (decimal)		19 Factor de rendimiento de batería (decimal)		20 Carga corregida en amp-horas (Ah/día)	
11A		11B		9		12		12		18		19		20	

NOTA: Las cargas que varían según el mes o la estación del año dan como resultado soluciones separadas para la carga total en amp-horas (vea la casilla 12). Las cargas corregidas en amp-horas (casilla 20) se ingresan respectivamente por mes en la hoja de cálculos #2.

HOJA DE CALCULOS #2 DETERMINACION DE CORRIENTE Y ANGULO DE INCLINACION DEL CONJUNTO

21A Ubicación del sistema		Ubicación de la insolation		Latitud	Longitud	
				Latitud	Longitud	
Inclinación a latitud -15°		Inclinación a latitud			Inclinación a latitud +15°	
M	22A Carga corregida en amp-horas (Ah/día)	23A Sol máximo (h/día)	24A Corriente del proyecto (A)	22B Carga corregida en amp-horas (Ah/día)	23B Sol máximo (h/día)	24B Corriente del proyecto (A)
E	20C			20C		
S						
E						
F						
M						
A						
M						
J						
J						
A						
S						
O						
N						
D						
Elija de cada latitud la corriente máxima del proyecto y el sol máximo correspondiente e ingrese los valores abajo.						
Latitud -15°		Latitud		Latitud +15°		
25A Sol máximo (h/día)	26A Corriente del proyecto (A)	25B Sol máximo (h/día)	26B Corriente del proyecto (A)	25C Sol máximo (h/día)	26C Corriente del proyecto (A)	
Ahora elija la corriente mínima del proyecto y el sol máximo correspondiente.						

HOJA DE CALCULOS #3 CALCULO DE CAPACIDAD DE LA BATERIA DEL SISTEMA

28	29	D 30	D 31	D 32	33	34
Carga corregida en amp-horas 20(Ah/día)	Días de almacenamiento (días)	Factor de profundidad máxima de descarga (decimal)	Factor de corrección de temperatura (decimal)	Capacidad corregida de la batería (Ah)	Capacidad de régimen de la batería (Ah)	Baterías en paralelo
	X	+	+	=	+	=

NOTA: Casilla 34. En caso de diseño crítico del sistema, redondee al entero mayor el número de baterías. En caso contrario, redondee el número al entero menor.

35	36	37	38	39
Tensión nominal del sistema (V)	Tensión nominal de la batería (V)	Baterías en serie	Baterías en paralelo	Total de baterías
9			34	
	+	=	X	=

INFORMACIÓN DE BATERIA	
Marca	
Modelo	
Tipo	
Tensión (V)	
Capacidad (Ah)	

40	41	42	D 43	44
Baterías en paralelo	Capacidad de régimen de la batería (Ah)	Capacidad de la batería del sistema (Ah)	Factor de profundidad de descarga estacional (decimal)	Descarga estacional (Ah)
34	33			
	X	=	X	=

NOTA: Para la casilla de Información de batería use las especificaciones de fábrica.

NOTAS DEL PROYECTO:

El Metodo que se utilizo para poder determinar la cantidad de Módulos Fotovoltaicos , y el banco de baterías asi como el numero de controladores de carga, como primer lugar tenemos que determinar la cantidad de aparatos o de carga que se van a utilizar, conocer la corriente de carga de cada aparato asi como la tensión en el que opera de ahí hacemos el producto voltaje con corriente y determinamos su potencia ya sea en corriente continua o directa en funcion de la operación de los aparatos, y así sucesivamente seguimos la secuencia que nos indica en la parte superior izquierda de cada columna tiene un numero los llenamos de acuerdo al avance que se tiene , y así sucesivamente con la hoja #2. La cual ubicamos el sistema asi como la latitud y longitud, un punto muy importante conocer las horas de insolacion para los diferentes meses ya que al final de cuentas ahí es donde vamos a poder conocer con exactitud que tan eficiente fue el diseño de cualquier dispositivo solar si al final cumple con nuestros requisitos de aprovechamiento eléctrico en armonia con la naturaleza, demostrando con esto ,nuevas formas de produccion limpias y de acuerdo con cada region.

□ 4.7 PROYECTO DE RESPALDO.

En aquellas regiones del país donde existen vientos persistentes y de suficiente magnitud, el aprovechamiento de la energía eólica es una alternativa que ofrece la satisfacción de cubrir las necesidades de electrificación remota, la integración de sistemas de generación híbrida: eólico-solar, puede ofrecer un sistema complementario orientado a proporcionar una mayor continuidad en el suministro de energía a un menor costo. El desarrollo de los sistemas de control necesarios, tiene una importancia relevante, ya que el funcionamiento de estos impacta directamente en el comportamiento del sistema en cuanto a su confiabilidad, continuidad, eficiencia, seguridad y vida útil.

Fundamentalmente, los pequeños sistemas para electrificación de instalaciones remotas, se integran por: un sistema conversor primario (ejemplo aerogeneradores, paneles fotovoltaicos o un arreglo híbrido de estos), el sistema de control, el medio de almacenamiento de energía (baterías) y la carga. Administrar la producción y el consumo de energía, permitiendo así la mayor captación de la energía producida por el sistema conversor primario y la mejor satisfacción de la demanda energética del usuario, asegurar que la operación del sistema se lleve a cabo en un ambiente de seguridad, confiabilidad y comodidad para el usuario.

En el caso de la aplicación de aerogeneradores para electrificación de instalaciones remotas,

a) Los sistemas de control deben tener la característica de un bajo consumo de energía propio, de tal manera que éste no impacte o afecte la satisfacción de la demanda del usuario.

b) Asimismo, debe ser altamente confiables, ya que su falla implicaría la deshabilitación total del sistema.

c) Adicionalmente, su operación debe ser totalmente automatizada debido principalmente, a su aplicación en el medio rural.

Finalmente, su costo debe ser compatible con el costo y finalidad del sistema de generación, es decir, no debe ser tan caro como para impactar considerablemente en el costo del sistema, ni tan barato como para que no sea efectivo y confiable o bien que opere inadecuadamente de acuerdo a la problemática mencionada. Un ahorro mal entendido, provocará que en poco tiempo los costos de mantenimiento

correctivo excedan el monto del supuesto ahorro, impactando directamente la economía del usuario, propiciando el mal uso de la tecnología y la pérdida de confianza en su efectividad.

Por lo que se puede recurrir al uso de generadores Diesel para abastecer de electricidad a través de una red local de distribución. Sin embargo, por el alto costo que significa la operación del generador y el difícil acceso al combustible en una zona rural, el servicio eléctrico siempre estaría limitado por el combustible. Por lo cual se puede diseñar un sistema híbrido de suministro eléctrico que consta de generadores fotovoltaico aerogeneradores banco de baterías y por un generador Diesel.

Estas instalaciones son más complejas que los pequeños sistemas Fotovoltaicos dispersos, no solo por su mayor potencia eléctrica, sino por el número y la variedad de tecnologías empleadas para generar electricidad.

Para controlar el proceso y para entregar corriente alterna de 127 [V], cuando los usuarios ligados a la mini-red de distribución lo demandan. Por lo que las instalaciones son más complejas.

Comparada con la alternativa de extender la red eléctrica convencional, la electrificación en base a pequeños sistemas fotovoltaicos es típicamente de 4 a 10 veces más barata. Además mientras que la extensión de la red requiere de permisos, acuerdos, etc. la instalación de sistemas fotovoltaicos está dentro de las decisiones particulares de cada familia.

Un sistema híbrido consta de un subsistema de generación, almacenamiento, y otro de acondicionamiento de potencia.

— Subsistema de generación.

Está compuesto por aerogeneradores, sistemas fotovoltaicos y por un generador Diesel. Los aerogeneradores están conectados a un bus para cargar el banco de baterías, el generador Diesel como respaldo.

— Subsistema de almacenamiento.

Lo forman baterías plomo-ácido de ciclo profundo agrupadas en bancos en paralelo.

— Subsistema de acondicionamiento de potencia.

Los clásicos inversores son característicos de las grandes potencias, se construyen a base de tiristores, su ventaja es el bajo costo, y la desventaja la pobre calidad de la energía que inyectan en la red, debido al alto contenido de armónicos de corriente, así como su bajo factor de potencia. Para solucionar estos problemas se recurre al empleo adicional de filtros y circuitos correctores para mejorar el factor de potencia. Por lo que esto trae consigo un aumento de precios y de la complejidad del sistema.

— Cargas.

Las cargas que alimenta son muy variadas e incluyen; Alumbrado Público y doméstico, aparatos electro-domésticos, refrigeración comercial, equipos como bombas y compresores. Los electrodomésticos (radio-grabadoras, televisiones a color y B/N negro, videocaseteras, ventiladores, planchas, cafeteras, máquinas de coser, y pequeñas herramientas eléctricas. A través de todos estos datos se levantan los censos de carga, y se investigan el grado de satisfacción de los usuarios y los esquemas desarrollados por la comunidad para hacer sustentables estos proyectos.

— Generación eólica.

La generación eólica diaria varía no sólo de acuerdo a la velocidad y dirección del viento, sino también en función del estado de carga del banco de baterías y de la demanda que esté conectada.

— Generación fotovoltaica.

Es evidente que el desempeño del generador fotovoltaico es más uniforme que el de los eólicos para los períodos con datos ya que continuamente la radiación es cierta localidad dependiendo del lugar de la República se va a contar con excelente radiación para un día típico.

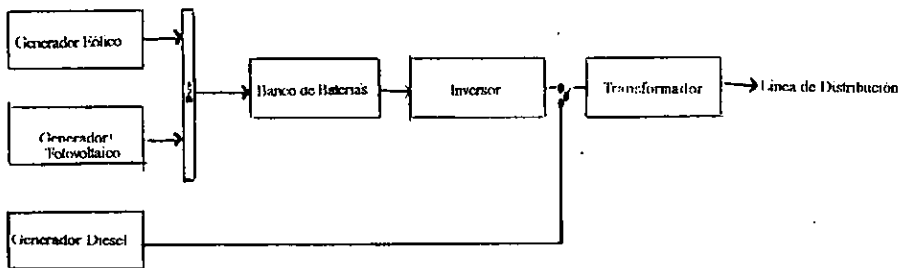


Figura 30. Diagrama esquemático de un sistema híbrido.

El arreglo Solar con un generador Eólico están conectados en combinación con un inversor para generar energía en un lugar remoto donde no se cuente con dicha energía eléctrica. Esta fuente alternativa alimenta un banco de baterías a través de un controlador de carga, la energía C.D (corriente directa) es almacenada en las baterías y luego convertida a 120 VCA, en donde dicho sistema puede operar en una casa estándar (Iluminación, aparatos electrodomésticos mas otras cargas). Las baterías pueden estar cargadas a través del inversor de 110 Amp. controlados por el sistema del arreglo fotovoltaico, El uso del sub-panel fotovoltaico permite la separación de las cargas para el uso de un motor-generador.

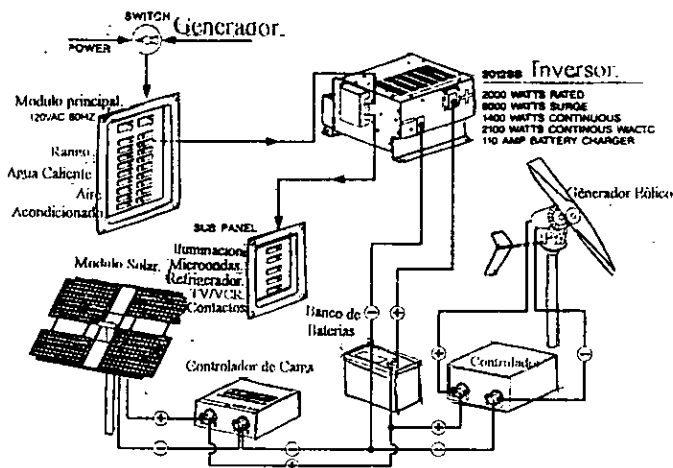


Figura 30.a. Diagrama de un sistema híbrido Solar y Eólico.

Generalmente la Energía Solar se requiere en áreas rurales hasta las que es difícil llevar la energía eléctrica por cable.

Es muy importante hacer notar que, hasta la fecha, debido al costo de los módulos solares, no es redituable reemplazar la energía eléctrica de la red pública (si está disponible), por energía solar.

· Sin embargo en lugares apartados, en áreas rurales o de difícil acceso la energía solar es la solución ideal.

Se calcularon dos sistemas uno principalmente para el área rural, y el otro para un sistema residencial para hacer las comparaciones necesarias en cada caso.

Tipo Rural:

Descripción de la carga (c.a., c.d)	Cant.	Comenta de la carga (A)	Tensión de la carga (V)	Potencia c.a. (W)	Potencia de la carga c.d. (W)	Ciclo de serv. diario (h/día)	Ciclo de servicio semanal (días/seman)	7 días por semana	Factor de rendim. por conversión de potencia (decimal)	Tensión nominal del sistema (V)	Carga en (Ah/día)
Farmacia	1	0.2834	127	35.99		2	7	7	0.65	12	7.06
Pasillo inferior	1	0.071	127	9.02		3	7	7	0.65	12	2.65
Cuarto eléctrico	1	0.102	127	12.95		1	7	7	0.85	12	1.27
Contactos	8	1.181	127	1199.90		6	7	7	0.65	12	705.82
Alumbrado ext.	2	1.161	127	299.97		7	7	7	0.85	12	175.44
Bomba de agua	1	5.874	127	746.00		1	7	7	0.85	12	73.14
Ventilador	1	0.11	127	13.97		5	7	7	0.85	12	6.85
T.V. color 20"	1	0.7086	127	89.99		3	7	7	0.85	12	26.47
Observaciones	3	2.167	12		78.012	3	7	7	1	12	19.50
Curaciones	6	2.167	12		156.024	3	7	7	1	12	39.01
Consultorio	4	2.167	12		104.016	5	7	7	1	12	43.34
Récamara Médico	4	2.167	12		104.016	4	7	7	1	12	34.87
Baño de récamara	1	1.5	12		16	1	7	7	1	12	1.50
Sala de espera	4	2.167	12		104.016	3	7	7	1	12	26.00
Baño público	1	1.5	12		9.996	1.5	7	7	1	12	1.25
Alto trasero	1	0.833	12		16	1	7	7	1	12	1.50
Puerta de entrada	1	1.083	12		9.996	1	7	7	1	12	0.83
Refrigerador	1	1.6	12		12.996	3	7	7	1	12	3.25
Lámpara de halógeno	1	4.167	12		21.6	4	7	7	1	12	7.20
Radio Transmisor	1	2	12		50.004	3	7	7	1	12	12.50
Refrigeradores	1	0.83	12		74	5	7	7	1	12	10.00
					9.96	5	7	7	1	12	4.15
					710.676						1200.27
					2303.6308						

Potencia de la carga c.a. (W)	Potencia de la carga c.d. (W)	Tensión nominal del sistema (V)	Drenaje máximo de corriente (A)	Carga total en am-hora (Ah/día)	Factor de rendimiento (decimal)	Factor de rendim. de batería (decim. am-hora)	Baterías en paralelo
2303.63	710.68	12.00	251.21	1200.27	0.96	0.90	1360.85

Mes	Carga corregida (Ah)	Sol máx. h/día	Comienzo del proyecto (A)	Carga corregida (Ah/día)	Días de almacenamiento (días)	Tensión nominal del sistema (V)	Baterías en serie	Factor de conversión de la batería (Ah)	Capacidad corr. de régimen batería (Ah)	Baterías en paralelo	Factor de profund. de la batería (Ah)	Capacidad de la batería del sistema (Ah)	Factor de profund. estacional (decim.)	Baterías en paralelo
Enero	1360.85	6.6	206.19	1360.85	6	12	1	1026.35	1200.00	8.51	0.25	2551.59	8.51	
Febrero	1360.85	8.5	190.10	1360.85	6	12	1	1026.35	1200.00	8.51	0.25	2551.59	8.51	
Marzo	1360.85	8.6	158.24	1360.85	6	12	1	1026.35	1200.00	8.51	0.25	2551.59	8.51	
Abril	1360.85	7.5	181.45	1360.85	6	12	1	1026.35	1200.00	8.51	0.25	2551.59	8.51	
Mayo	1360.85	7.4	183.90	1360.85	6	12	1	1026.35	1200.00	8.51	0.25	2551.59	8.51	
Junio	1360.85	5	272.17	1360.85	6	12	1	1026.35	1200.00	8.51	0.25	2551.59	8.51	
Julio	1360.85	5.9	230.65	1360.85	6	12	1	1026.35	1200.00	8.51	0.25	2551.59	8.51	
Agosto	1360.85	5.7	238.75	1360.85	6	12	1	1026.35	1200.00	8.51	0.25	2551.59	8.51	
Septiembre	1360.85	3.4	400.25	1360.85	6	12	1	1026.35	1200.00	8.51	0.25	2551.59	8.51	
Octubre	1360.85	6.4	212.63	1360.85	6	12	1	1026.35	1200.00	8.51	0.25	2551.59	8.51	
Noviembre	1360.85	8.1	196.01	1360.85	6	12	1	1026.35	1200.00	8.51	0.25	2551.59	8.51	
Diciembre	1360.85	8.6	156.24	1360.85	6	12	1	1026.35	1200.00	8.51	0.25	2551.59	8.51	

Tipo Rural:

CALCULOS:

La Clinica rural será electrificada por Módulos Fotovoltaicos, los cuales deberan cubrir las siguientes necesidades, para lo cual se debe especificar lo siguiente:

- a) Numero de Módulos Fotovoltaicos.
- b) Capacidad del banco de baterías.
- c) Capacidad y modelo del controlador de carga.
- d) Capacidad y modelo del Inversor.

Solucion.

Corriente maxima I_{max}

$$I_{max} := 3.15 \text{ [Amp]}$$

Horas de Insolacion H_i

$$H_i := 8.5 \text{ [hrs]}$$

Carga total C_{gargat}

$$C_{gargat} := 1200.27 \text{ [Ah/dia]}$$

$$\text{ModFV} := \frac{C_{gargat}}{I_{max} \cdot H_i} \quad \text{ModFV} = 44.828$$

Por lo cual se requieren de 45 Modulos fotovoltaicos.

b) Para calcular este inciso viene ya detallado en pág 69 se necesitan 8.51 baterías por lo cual se requieren de 9 baterías conectadas en paralelo

c) El numero de controladores de Carga se van a calcular de la manera siguiente.

$$\text{potencia total } p_t \quad p_t := 3014.5068 \text{ [Watts]}$$

$$\text{voltaje nominal } v_n \quad v_n := 12 \text{ [Volts]}$$

$$\text{corriente } i \quad i := 30 \text{ [Amp]}$$

$$\text{CCA} := \frac{p_t}{v_n \cdot i} \quad \text{CCA} = 8.374$$

9 controladores de carga se conectan en paralelo con las baterías para evitar que se tengan descargas profundas o se sobrecarguen, y también para asegurar que el voltaje de las baterías no exceda el permitido a los equipos conectados.

Tipo SCI MAR/III/30 Especificaciones: 30 Amp de Corriente de Carga, Voltaje nominal 12 V, proteccion contra sobrecorriente.

d) Se tiene que la potencia total es de 3013 Watts pero a un factor de potencia de 0.82 se tiene que son 2470 Watts, por lo que el inversor TRACE 2512 nos proporciona 2500 Watts en forma continua, por lo cual solamente se instala un inversor de tales características.

Tipo Residencial:

Descripción de la carga (c.a., c.c.)	Cant.	Potencia de la carga (A)	Tensión de la carga (V)	Potencia de la carga c.c. (W)	Ciclo de serv. diario (hrs)	Ciclo de servicio semanal (Días/semana)	7 días por semana	Factor de rendimiento por conversión de potencias (decimal)	Tensión nominal del sistema (V)	Carga total en (ANdS)
Bomba de agua (c.a.)	1	12	240	2880	1	1	7	0.85	12	40.34
Lavadora (c.a.)	1	8.4	120	1008	0.7	7	7	0.85	12	69.18
Aspiradora (c.a.)	1	2.5	120	300	0.25	7	7	0.85	12	7.35
Teléfono (c.a.)	1	1	120	120	1	7	7	0.85	12	11.79
Tostadora (c.a.)	1	9.2	120	1104	0.15	7	7	0.85	12	18.24
Horno de microondas (c.a.)	1	5	120	600	0.2	7	7	0.85	12	11.79
Lámparas de c.c. (c.c.)	8	1	12	96	4	7	7	1	12	20.00
Lámparas incandes. (c.c.)	2	2.1	12	6012	1	7	7	1	12	4.20
				110.4						180.63

Mes	Potencia de la carga c.c. (W)	Tensión nominal del sistema (V)	Carga máxima (ANdS)	Factor de rendimiento de baterías (decimal)	Factor de rendimiento de baterías (decimal)	Carga total en amperos (ANdS)	Factor de conversión de T. (decimal)	Capacidad con. de la batería (Ah)	Capacidad de régimen de baterías (Ah)	Baterías en paralelo	Factor de profundidad de la descarga de la batería del sistema (Ah)	Capacidad de la batería del sistema (Ah)	Factor de profundidad de la descarga de la batería del sistema (Ah)	Descarga de la batería del sistema (Ah)	Total de baterías	Descarga de la batería del sistema (Ah)
Ene o Febrero	8.6	31.06	265.02	0.86	0.80	180.63	0.86	203.02	203.02	2	788.84	350.00	4.39	350.00	2	192.21
Marzo	8.5	24.12	205.02	0.85	0.80	180.63	0.85	203.02	203.02	2	788.84	350.00	4.39	350.00	2	192.21
Abril	8.6	22.84	205.02	0.86	0.80	180.63	0.86	203.02	203.02	2	788.84	350.00	4.39	350.00	2	192.21
Mayo	7.5	27.34	205.02	0.75	0.80	180.63	0.75	203.02	203.02	2	788.84	350.00	4.39	350.00	2	192.21
Junio	7.4	27.71	205.02	7.4	0.80	180.63	7.4	203.02	203.02	2	788.84	350.00	4.39	350.00	2	192.21
Julio	5	41.00	205.02	5	0.80	180.63	5	203.02	203.02	2	788.84	350.00	4.39	350.00	2	192.21
Agosto	5.9	34.75	205.02	5.9	0.80	180.63	5.9	203.02	203.02	2	788.84	350.00	4.39	350.00	2	192.21
Septiembre	5.7	35.97	205.02	5.7	0.80	180.63	5.7	203.02	203.02	2	788.84	350.00	4.39	350.00	2	192.21
Octubre	4.4	66.30	205.02	4.4	0.80	180.63	4.4	203.02	203.02	2	788.84	350.00	4.39	350.00	2	192.21
Noviembre	4.4	32.03	205.02	4.4	0.80	180.63	4.4	203.02	203.02	2	788.84	350.00	4.39	350.00	2	192.21
Diciembre	8.1	25.31	205.02	8.1	0.80	180.63	8.1	203.02	203.02	2	788.84	350.00	4.39	350.00	2	192.21
	8.6	23.84	205.02	8.6	0.80	180.63	8.6	203.02	203.02	2	788.84	350.00	4.39	350.00	2	192.21

Tipo Residencial:

Para un departamento que será electrificado por módulos fotovoltaicos, los cuales deberán cubrir las siguientes necesidades para lo cual se debe especificar lo siguiente.

- Número de Módulos Fotovoltaicos.
- Capacidad del banco de Baterías.
- Capacidad y modelo del Controlador de Carga.
- Capacidad y modelo del inversor.

Solucion.

CALCULOS:

Corriente maxima I_{max}

$$I_{max} := 3.15 \text{ [Amp]}$$

Horas de Insolacion H_i

$$H_i := 5 \text{ [hrs]}$$

Carga total C_{gargat}

$$C_{gargat} := 180.83 \text{ [Ah/dia]}$$

$$\text{ModFV} := \frac{C_{gargat}}{I_{max} \cdot H_i} \quad \text{ModFV} = 11.481$$

Por lo cual se requieren de 12 Modulos fotovoltaicos.

b) Para calcular este inciso viene ya detallado en pág 71 se necesitan 4.39 baterías por lo cual se requieren de 5 baterías conectadas en paralelo

c) El numero de controladores de Carga se van a calcular de la manera siguiente.

$$\text{potencia total } p_t \quad p_t := 6122.4 \quad \text{[Watts]}$$

$$\text{voltaje nominal } v_n \quad v_n := 12 \quad \text{[Volts]}$$

$$\text{corriente } i \quad i := 30 \quad \text{[Amp]}$$

$$\text{CCA} := \frac{p_t}{v_n \cdot i} \quad \text{CCA} = 17.007$$

17 controladores de carga se conectan en paralelo con las baterías para evitar que se tengan descargas profundas o se sobrecarguen, y también para asegurar que el voltaje de las baterías no exceda el permitido a los equipos conectados.

Tipo SCI MAR/III/30 Especificaciones: 30 Amp de Corriente de Carga, Voltaje nominal 12 V, protección contra sobrecorriente.

d) Se tiene que la potencia total es de 6122 Watts pero a un factor de potencia de 0.82 se tiene que son 5020 Watts, por lo que el inversor TRACE 2512 nos proporciona 2500 Watts en forma continua, por lo cual solamente se instala 2 inversor de tales características.

DURACION DE LA INSOLACION

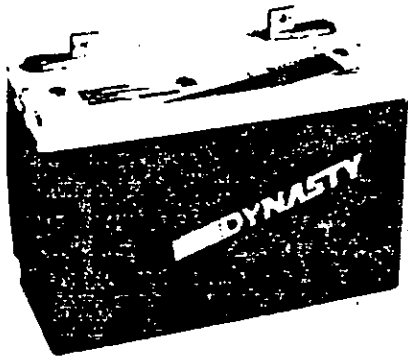
													[HORAS]					
													TOTALES DIARIOS					
													<i>Ciudad Universitaria, México, D.F. 1993</i>					
Días	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic						
1	8.5	8.0	9.5	9.2	10.0	11.7	5.4	7.1	0.0	2.9	8.4	10.0						
2	7.1	5.2	10.0	8.7	7.9	11.6	4.6	8.5	5.2	4.7	5.1	7.8						
3	8.0	6.6	10.2	5.9	8.7	12.0	0.8	7.0	4.2	3.5	9.7	9.2						
4	7.1	8.5	9.8	7.0	8.1	11.3	2.5	5.9	4.6	3.2	8.5	7.0						
5	7.3	5.6	10.2	6.6	7.1	10.2	3.9	3.5	5.8	4.8	7.9	8.5						
6	4.5	2.5	8.2	10.3	5.8	10.5	0.0	5.8	4.5	7.2	7.5	9.4						
7	8.3	6.2	4.1	9.6	4.4	9.4	0.0	9.2	3.0	8.8	6.3	8.7						
8	9.9	8.7	2.2	10.3	7.2	5.4	0.0	6.6	5.7	9.6	8.3	9.5						
9	9.2	10.0	6.4	7.8	6.1	7.2	4.6	8.9	5.5	8.9	9.6	9.6						
10	9.0	10.0	8.8	8.1	7.4	3.2	6.5	6.7	3.4	8.6	3.8	9.6						
11	8.6	10.3	8.0	7.0	10.6	1.3	5.4	6.1	4.1	8.0	8.3	7.0						
12	8.5	9.3	10.5	9.4	2.9	4.6	6.9	4.9	8.4	10.0	8.0	8.7						
13	2.4	9.7	7.8	8.0	5.3	5.1	6.7	5.5	—	8.0	9.4	8.6						
14	6.5	10.4	9.9	7.6	6.2	5.6	8.6	4.3	—	9.9	9.2	8.9						
15	9.1	10.1	10.7	8.8	7.1	0.7	7.2	5.3	4.1	7.1	8.4	8.0						
16	8.2	9.9	9.6	10.0	9.0	2.4	3.3	6.2	3.6	9.5	6.5	9.6						
17	8.6	8.5	10.3	8.9	7.0	5.9	6.5	1.8	4.7	9.4	4.9	8.3						
18	8.5	9.7	10.0	8.1	7.1	6.1	7.2	4.8	5.6	10.0	8.8	7.9						
19	8.9	9.1	8.7	4.6	7.1	6.7	6.7	—	4.8	7.8	10.0	9.2						
20	8.5	8.4	5.7	4.5	7.4	0.8	4.0	—	0.0	5.3	9.9	9.8						
21	3.5	9.5	5.7	1.7	5.2	0.9	5.6	—	0.2	4.4	9.5	8.4						
22	0.0	9.0	5.7	5.6	9.4	0.2	9.4	6.0	0.7	2.7	8.2	9.3						
23	2.2	8.0	8.9	11.1	11.1	0.9	9.9	3.7	4.1	4.9	7.7	9.4						
24	6.6	10.2	8.0	8.8	7.2	0.0	8.8	5.9	4.2	4.2	9.4	8.9						
25	5.2	10.4	9.3	6.0	7.0	6.7	10.6	8.5	3.4	5.4	9.5	6.8						
26	0.7	10.2	9.4	5.8	6.5	5.1	9.3	6.3	4.3	6.1	—	7.0						
27	3.6	6.6	10.2	6.1	4.3	2.0	7.7	7.5	0.0	0.7	—	9.2						
28	9.5	7.6	9.1	6.0	—	0.7	4.7	6.6	0.1	4.8	7.5	9.2						
29	8.6	—	10.2	5.7	8.1	1.0	6.6	3.9	0.8	5.6	9.2	8.8						
30	3.7	—	9.8	6.8	8.2	0.6	7.9	2.3	0.0	—	9.4	8.9						
31	4.0	—	8.8	—	11.4	—	10.3	1.5	—	5.0	—	4.5						
PROMEDIO	6.6	8.5	8.6	7.5	7.4	5.0	5.9	5.7	3.4	6.4	8.1	8.6						
S.D.	2.7	1.9	2.0	2.0	1.9	4.0	3.0	2.0	2.2	2.5	1.6	1.1						

Hoja Técnica:

Módulo Solar Eléctrico (Siemens).

Parámetros Eléctricos		SM55	SM50
		12V	12V
Potencia Máxima.	Pmax [Watts]	55	50
Potencia Mínima.	Pmin [Watts]	50	45
Corriente en el punto máx	I _{mp} [Amps]	3.15	3.05
Voltaje en el punto máximo	V _{mp} [Volts]	17.4	16.6
Corriente de corto circuito	I _{sc} [Amps]	3.45	3.4
Voltaje de circuito abierto.	V _{oc} [Volts]	21.7	21.4
Parámetros Térmicos.			
Temperatura de la Celda para la tensión Nominal.	[°C]	45	
Carga de I _{sc} con temperatura. α		+1.2mA/°C (+0.04%/°K)	
Carga de V _{oc} con temperatura. β		-0.077 Volts/°C (-0.34%/°K)	
Parámetros de pruebas de Calidad			
Rango de ciclo de temperatura.	[°C]	-40 to +85	
Humedad, Nieve, Calor condiciones climatológicas.	[% RH]	85	
Sistema Máximo de Voltaje.	[Volts]	1000 per ISPR (EC), 600 per UL 1703	
Viento de carga o presión de superf	[N/m ²] (PSF)	2400 (50)	
Distorsion máxima.	[degrees]	1.2	
Hailstone impact withstand (diámetro @ velocidad)	[mm @ m/s] [in @ MPH]	25 @ 23 (1.0 @ 52)	
Parámetros Físicos.			
Numero de celdas en serie.		36	
Longitud.	[mm] (in)	1293 (50.9)	
Ancho.	[mm] (in)	329 (13.0)	
Profundidad.	[mm] (in)	34 (1.3)	
Peso	[kg] (lbs)	5.5 (12.0)	
Garantía.			
Potenc >= 90% de minima potencia.	[Años]	10	
Potenc >= 80% de minima potencia.	[Años]	25	

BATERIA.

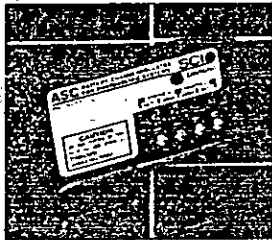


GC12V100B

Voltaje Nominal.	12 Volts
Peso.	68 lbs.
Resistencia Interna del Cargador de Baterias.	Approx. 5.0 Milliohms
Rango de operacion de Temperatura Descargada.	-76° to +140°F
Cargada.	-4° to +122°F
Material.	Polypropylene
Ventilacion con presion de alivio.	
Terminales.	Accept 1/4" Bolt
Terminales de Torque.	50 Inch Pounds
Material de la rejilla.	Lead Calcium
Construccion con tecnologia exclusiva en electrolito.	

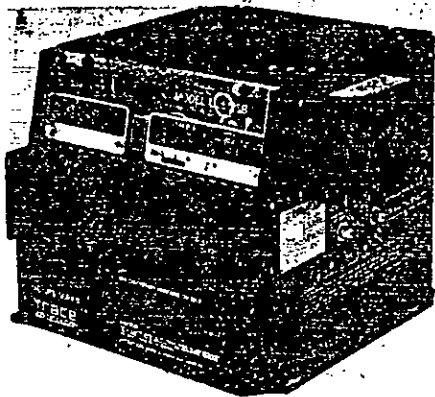
Hutton Communications 1- 800-442-3811

REGULADOR DE CARGA.



Modelo	Voltaje Nominal	Corriente Nominal	Opciones.
ASC	6	1.	A - Compensacion de Temperatura Ajuste. E - LVD Relcador.
	12	4	
	24	8	
		12 16	

Trace 2512 Inverter



Inversor TRACE 2512 proporciona 2500 Watts de potencia continua a 120VCA, Y 12 VCD. en corriente directa. Esta version esta equipada con una multietapa en el cargador de baterias para mejorar la eficiencia, se tiene eficiencias altas del orden de 70%, sus controles ajustables permiten manejar el ciclo de carga que se necesita En el banco de baterias, sus medidas son 24.76H*29.21W*34.03D[cm].

Estudio de Costos.

El estudio económico comparativo resultó que a mediano y largo plazo la solución adecuada es el uso de generadores fotovoltaicos ,la siguiente tabla da un resumen del estudio realizado.

Costos de la clinica rural.

Cantidad	Precio *Unidad	Total	Vida Util	Tipo de Cambio N\$9.85
45 Módulos fotovoltaicos	440	19800	20 años	34215-9.85 = 3.37*10 ⁵
9 Baterías	190	1710	5 años	
9 Controladores de carga.	105	945	5 años	
1 Inversor TRACE 2512	1292	1292	10 años	
Estructura	3500	3500		
Equipo adicional	2800	2800		
Mantenimiento	1000	1000		
Instalación	3168	3168		
	total	\$ 34215		

Sistema de Emergencia.

Equipo	Mantenimiento	Combustible Diesel.	Instalación	Otros	Total
N\$8100	N\$157000	N\$168000	N\$15000	N\$40000	388000

Analizando es estudio técnico económico realizado se observa que el sistema fotovoltaico comparado al de emergencia o motor generador, es más económico y el que menos se necesita mantenimiento,La recuperación de la inversión,inicialmente es cara en el sistema fotovoltaico pero hay que tener en cuenta que son zonas alejadas de la Red Eléctrica.

Como conclusion para el sistema rural y residencial , se tomo para el primer caso una insolación de 8.5 hrs. para que se aprovechara toda la Radiacion Solar y 6 dias de almacenamiento por lo que este lugar se puede decir que tiene buen clima.Los Estados de Chihuahua,Sonora, y la parte oriente de Baja California son consideradas las zomas mas ricas en cuanto a la captación de energía solar. Para el sistema residencial las horas de insolacion promedio anual son 5 horas por ejemplo para la Ciudad de México, lo cual sale mas cara la inversion por módulos fotovoltaicos y estaríamos muy restringidos con la carga , ya que sale mas barato estar conectados en la Red Eléctrica.

6.1 RECURSOS DE ENERGÍA SOLAR EN MÉXICO.

Introducción

Además de ser uno de los países productores y exportadores mas importantes de hidrocarburos a nivel mundial, los energéticos ocupan un lugar relevante en el país. En un futuro predecible, los hidrocarburos continuarán siendo la fuente principal proveedora de energía. Actualmente el petróleo proporciona la mayor parte de la energía comercial aproximadamente el 84% de la energía primaria, y el 65% de la eléctrica, por lo que el incremento de energía eléctrica, crece con mayor rapidez entre los energéticos, es decir, el uso de la electricidad se incrementa a mayor razón con el crecimiento socio-económico. Por lo cual debemos de obtener otras formas de electricidad en el futuro, evitando el uso masivo de los combustibles fósiles ya que estos afectan seriamente el equilibrio ecológico.

Independientemente de la ruta de conversión, el proceso de transformación de la energía solar a otras formas de energía involucra una serie de pasos lógicos entre los que se cuenta, la captación, la conversión, la concentración, el almacenamiento y cualquier otra transformación secundaria, (calor, electricidad, energía mecánica, etc); y en consecuencia en principio es posible satisfacer las necesidades energéticas que se presentan en los distintos sectores de la población.

Es importante señalar que aunque se implican altas inversiones iniciales, la mayoría de los sistemas solares tienen bajo costo de operación, bastantes mas bajos que los equipos que utilizan combustibles fósiles, en los cuales la operación representa una parte considerable de los costos totales.

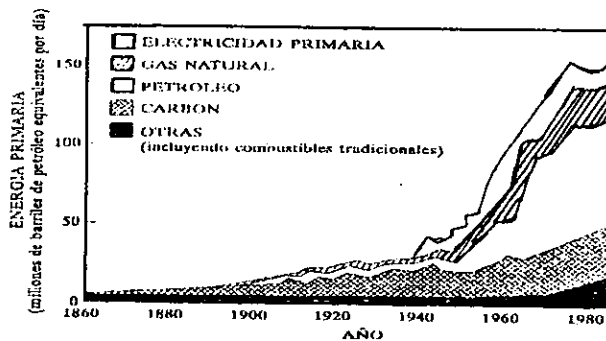


Figura 31. Consumo mundial de energía primaria y contribución de las diferentes fuentes durante el período industrial.

La figura 31 muestra la evolución junto con la participación de las diversas fuentes de energía.

— Aplicaciones de la Energía Solar.

Las actividades de investigación y desarrollo incluyen análisis de sistemas, desarrollo de criterios de diseño y metodología de ingeniería, estudios de factibilidad, trabajo experimental sobre áreas básicas como: Energía Solar Activa y Pasiva.

Algunas aplicaciones fundamentales de la energía solar se llevan a cabo en el medio rural :

- a) Calentamiento de agua por medio de colectores.
- b) Calentar aire para secar granos, madera, chile etc.
- c) Refrigeración solar para conservar alimentos.
- d) Cocinas solares para cocer alimentos.
- e) Irrigación y bombeo de agua de pozos para alimentar a pequeñas comunidades, mediante bombas solares.
- f) Desalación de agua de mar, o salobre, existente en el subsuelo.

— Colectores solares

Las tecnologías de captación existentes son básicamente de tres tipos: colectores planos que cubren el intervalo entre los 25°C a 100°C. En el país, su aprovechamiento data de los años 50's con industrias artesanales para el calentamiento de agua de uso doméstico. En la actualidad se cuentan con mas instituciones y empresas que fabrican y experimentan diferentes tipos de colectores solares planos para el calentamiento de agua, así como la refrigeración, secado de granos, cocinas solares, climatización de edificios, Almacenaje térmico con sistemas de aire, etc. En 1992, se contaba con la instalación de más de 172500 m² de calentadores solares planos para el calentamiento de agua.

Los concentradores son dispositivos que se obtiene alta densidad de energía (radiación-concentrada) sobre un absorbedor, suficiente para lograr temperaturas mayores de 200°C, pudiendo llegar a 3800°C. Para lograr altas concentraciones (arriba de 100)* se requieren mecanismos muy precisos para seguir el movimiento del sol.

— Concentradores parabólicos compuestos (CPC).

Los concentradores estacionarios CPC se caracterizan por su concentración mayor de 1 y menor de 10*, y no requieren un seguimiento preciso sino solo un ajuste ocasional a lo largo del año. En cambio los concentradores con razón de concentración dentro del intervalo de 10-3000* necesitan que sus curvatura geométricas sean muy precisas, al igual que sus mecanismos con seguidor solar.

Los ángulos de aceptación de los CPC, son amplios y ofrecen varias ventajas, entre ellas el permitir la operación del concentrador en períodos largos de tiempo sin necesidad de ajuste en su orientación, o permitir el empleo de superficies reflejantes no muy precisas.

— Canal Parabólico.

Una necesidad y oportunidad hacen de México un candidato principal para la próxima instalación del sistema eléctrico solar de canal parabólico. México tiene una alta tasa de crecimiento de

*Razón de Concentración: Apéndice 3

demanda eléctrica, excelente radiación solar en regiones donde hay gas natural y líneas de transmisión.

La misma tecnología de ciclo combinado de turbina de gas que ha disminuido apreciablemente los costos nivelados de energía, es también el mayor aliado de las tecnologías termosolares de canal parabólico para el futuro.

Para el diseño se integra en forma óptima la fuente de calor solar de recuperación de calor del ciclo combinado. El proceso de integración se ha diseñado de manera que el sistema opere eficientemente aunque varíe la intensidad de la energía solar, de acuerdo al tiempo y la hora del día.

Los resultados muestran que las configuraciones preferidas de una planta de ^ΔISCCS ofrecen excelentes características de rendimiento, atractivas reducciones de emisiones y una integración correcta de un campo solar con un ciclo combinado.

También pone de relieve el hecho de que los costos inferiores de mano de obra, así como la favorable deducción inmediata de la inversión serán factores significativos para bajar los costos de capital de una planta solar en México.

La justificación para continuar el esfuerzo de lograr una comercialización sostenible con esta tecnología, se basa en la convergencia de la madurez tecnológica de sistemas termosolares de canal parabólico y la oportunidad para una integración sinérgica única con tecnología de ciclo combinado.

— Biomasa.

La biomasa es toda la materia orgánica que está formada por los arbustos, árboles, pastos, cultivos, residuos y desechos orgánicos tanto forestales como industriales y urbanos. Las plantas captan la radiación solar y por medio de la fotosíntesis, transforman el CO₂ en carbohidrato que se pueden usar posteriormente para producir energía. Durante 1992, la biomasa representó el 10 % del consumo final nacional de energía, básicamente proveniente de la leña y el bagazo de caña.

Las potencialidades del uso de la biomasa, no se quedan únicamente en las leñas y el bagazo, sino se encuentran en el procesamiento de los residuos y desechos orgánicos tales como los desechos agrícolas, la basura, los estiércoles animales, los desechos agroindustriales y los procesos químicos, pero son aún incipientes para ser considerados en el consumo nacional.

^Δ ISCCS "Sistema de Ciclo Combinado Solar Integrado"

— Destiladores.

En México hay lugares alejados de las ciudades que carecen de agua potable, pero por lo regular cuentan con aguas saladas, las cuales no se pueden consumir a no ser que sean sometidas al proceso de desalación. Además, en la evaporación solar, El sol representa prácticamente el único requerimiento del sistema de desalación.

— Cocción.

La cocción de alimentos representó en 1980 el 65% del consumo residencial mientras que para 1990, este se había reducido a 57%. En el campo mexicano la leña representa el energético más importante para la cocción de alimentos. De acuerdo con los Censos de 1980 y 1990 alrededor del 73% de las viviendas utilizaban la leña como energético principal para este uso.

El subsector urbano tiene características muy distintas al rural. En 1990 tan sólo el 5% de las viviendas utilizaba leña para la cocción cerca del 85% lo hacían con gas LP y alrededor del 5% con ambos combustibles. En cambio 70 % de la energía utilizada en el área rural proviene principalmente de la leña que se usa para la cocción de los alimentos. Se estima que anualmente 17 millones de toneladas se consumen en el medio rural (Energía Rural en México 1988).

De ahí nace el interés por las estufas solares con la intención de reducir el ritmo de deforestación en zonas rurales y de presentar alternativas para cocinar alimentos, en áreas donde los recursos forestales no existen o casi han desaparecido, los intentos de utilizar estos equipos no han tenido gran éxito. Un inconveniente para su uso cotidiano es que algunos diseños no pueden ser utilizados en días nublados, ni fuera de ciertos horarios.

— Estanques solares.

Estos sistemas aprovechan la diferencia de temperatura que se obtiene del calentamiento en la parte superior de los estanques con respecto a su fondo por medio de fluidos de diferentes densidades. En Tuzandepetl, Veracruz, está un estanque piloto de 3000 m², acoplado a una máquina de ciclo Rankine orgánico de 10 [kW] de capacidad. Hasta la fecha, el estanque salino ha alcanzado una temperatura máxima de 68 [°C]. El objetivo del estanque, es demostrar la factibilidad técnica para proporcionar la energía eléctrica necesaria para el bombeo del petróleo.

-- **Fotovoltaica:**

Aplicaciones de Módulos Fotovoltaicos.

Electrificación Rural.

- Fuentes de poder para edificaciones remotas (farmacias, escuelas, iglesias).
- Casas rurales (alejadas del sistema de distribución).

Bombas Solares y sistemas tratados.

- Bombas para irrigación
- Producción de hielo.
- Purificador para el agua.
- Sistemas de desalinación para agua con sal.

Unidades de Salud.

- Refrigeración de vacunas.
- Esterilizar.
- Almacenamiento para refrigerar la sangre.
- Clínicas rurales.

Agricultura.

- Irrigación por medio de bombas solares.
- Cercas electrificadas para ganado.
- Bombas de irrigación.

Sistemas conectados a la red.

- Estaciones de potencia fotovoltaica.
- Aplicación en sistemas domiciliarios.

Transportes.

- Señalización de caminos.
- Boyas de navegación.
- Luces preventivas.
- Cruceros de ferrocarril.
- Neblina.

Sistemas de Seguridad.

- Seguridad con luz.
- Sistema de alarma remota.

Comunicaciones.

- Repetidoras de radio.
- Receptor de radio y T.V. remoto.
- Mediciones del clima.
- Radios móviles.
- Telefonos de emergencia.

Potencia Eléctrica para Satélites.

- Telecomunicaciones.
- Observación de la tierra.
- Misión científica.



Miscelaneos.

- Sistemas de Ventilación.
- Calculadoras.
- Lámparas.
- Baterías de vehiculos.
- etc.

Celdas fotovoltaicas en satélites



Protección de sistemas contra corrosión.

- Protección catodica para puentes.
- Protección de estructuras de acero.

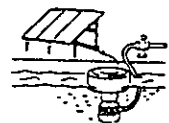
Ventilador.



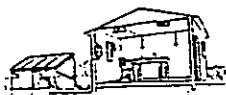
Alumbrado Público.



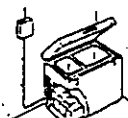
Boyas para navegación



Bomba de potencia solar.



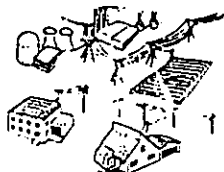
Sistema fotovoltaico para una comunidad rural.



Refrigerador para almac. de vacunas.



Sistema Radio-telefono



Aplicacion conectadas a la red.

□ 6.2 MEDIO AMBIENTE.

El deterioro ambiental en nuestro planeta se manifiesta en fenómenos tales como: el calentamiento global o «efecto invernadero» la reducción y destrucción de la capa protectora de ozono en la estratosfera producción de lluvia ácida, formación de «smog», contaminación en los océanos, ríos, lagos, contaminación debida a desechos sólidos (basura), contaminación lumínica y por ruido, contaminación intramuros, etc.

En México, el daño al medio ambiente es uno de los mas graves del planeta. A consecuencia del deterioro ambiental. México ha perdido el 95% de sus selvas húmedas, mas del 50% de sus selvas bajas y mas del 65% de sus bosques mixtos, mas de una tercera parte del país se ha convertido en desierto inservible. La mayor parte de nuestros ríos, lagos y lagunas presentan un alto índice de contaminación. Esta situación tiene un efecto desfavorable en la salud de las personas y en su calidad de vida, así como en otras actividades productivas, que limitan el crecimiento económico y desarrollo del país.

Es evidente que en el medio ambiente se ha construido, en múltiples actividades humanas para generar fuerza motriz, propiciar confort y movilización, están caracterizadas por el uso inadecuado de los energéticos fósiles convencionales (carbón, petróleo, gas etc). Lo cual provoca alteraciones climáticas, cuyos efectos ponen en peligro la existencia misma de diferentes formas de vida en la Tierra.

Debido a la excesiva emisión de gases a la atmósfera, producto de la quema de los combustibles fósiles (carbón e hidrocarburos). En la industria, para producir energía, el parque vehicular, las necesidades hogareñas, etc; el contenido de bióxido de carbono en la atmósfera, por ejemplo, se ha incrementado 25% en los últimos 150 años.

El fenómeno de invernadero se intensifica, cada día mas, por lo cual la superficie terrestre se calienta con rapidez vertiginosa, mas allá de los niveles normales que establecen el equilibrio ecológico en el planeta.

La mayoría de los diferentes edificios contemporáneos en México, consumen grandes cantidades de energía fósil no renovable para calentar, enfriar, ventilar, e iluminar sus diversos espacios y para el calentamiento de agua.

Todos estos requerimientos pueden ser satisfechos en gran medida, a partir del uso adecuado de las energías naturales renovables (energía solar, eólica, etc), con lo cual se reduciría significativamente la alta dependencia y la excesiva emisión de contaminantes en el medio ambiente, situación que provoca un severo daño en el entorno natural, afectando la salud y calidad de vida de las personas.

Y esto coadyuvaría a lograr, además de beneficios ambientales, condiciones adecuadas de confort ambiental y salud en los espacios de trabajo, evitando con ello el ausentismo y la falta de eficiencia y productividad.

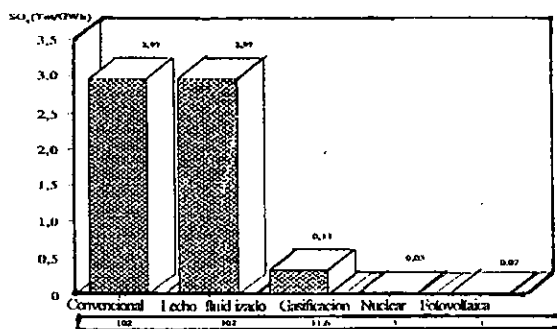


Figura 32 Emisiones de óxido de azufre.

La fig 32 muestra los estudios realizados entre cinco tecnologías de producción de electricidad.

Esta situación, que se manifiesta en diversas actividades laborales, representa un factor que incide negativamente en la economía, tanto familiar como nacional.

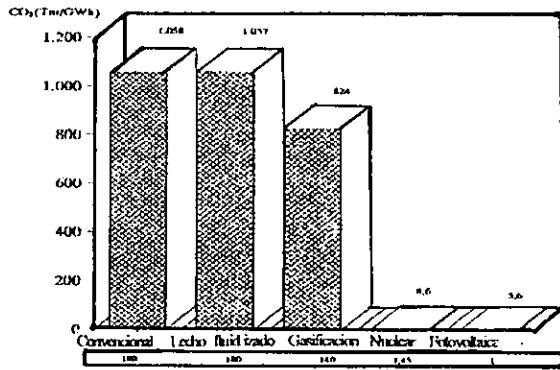


Figura 33 Emisiones de dióxido de carbono, para varias tecnologías de generación de electricidad.

En la figura 33 se muestra las emisiones de contaminación para varias tecnologías de generación de electricidad. La última fila indica la comparación con la tecnología fotovoltaica.

11.6.3 AHORRO Y USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA

En la búsqueda de nuevas fuentes de abasto de energía, principalmente renovables y limpias es imprescindible, la energía proveniente del Sol ya que cumple ampliamente con tales requisitos, es una fuente abundante, su empleo es muy limpio. La tecnología para su uso es muy simple, y de estas vertientes. El empleo de la energía solar se puede considerar como una forma de ahorro de energía, o simplemente como otra alternativa de generación de energía eléctrica o térmica. La energía solar se puede considerar desde el punto de vista técnico como una fuente continua y renovable, y su utilización no produce contaminantes, y en el caso del ahorro de energía se le puede comparar con la energía solar pasiva, ya que juega un papel crucial sobre el diseño de las edificaciones. Como el cálculo del confort térmico, lo cual implica que se logre la comodidad de los ocupantes con el mínimo consumo de energía. Mas otras aportaciones de la energía solar activa, por lo que se estaría ahorrando gran cantidad de energía.

Esto se debe principalmente que por lo pronto resulta mas conveniente instalar pequeñas unidades descentralizadas, ya que la construcción de grandes centrales no ofrece un rendimiento atractivo desde el punto de vista económico.

El desarrollo del uso eficiente de la energía en México es reciente y escaso, el éxito de los programas de ahorro de energía en los países desarrollados se ha debido a una combinación de factores de diversa índole, como son la toma de conciencia de la sociedad. Acerca del futuro incierto en cuanto a las posibilidades reales de abasto de hidrocarburos y en general de cualquier fuente energética no renovable.

El proceso de industrialización en nuestro país, se inició en algunas ramas desde finales del siglo pasado, como lo son la industria textil, azucarera, minera, por lo que es cierto que el ritmo de crecimiento económico en México ha sido muy acelerado desde 1950. Lo cual ha implicado que estas ramas industriales se sigan expandiendo, también es una realidad que muchas de las plantas mas antiguas sigan funcionando, en nuestro país no es raro encontrar, en un mismo sector industrial, la coexistencia de tecnología ya que cuentan estas con una gran variedad de edades, como es el caso de los ingenios azucareros en los cuales se les da mantenimiento a las maquinas que bien podrían ser exhibidas en museos, esto debido a que los inversionistas de esta industria en particular, no demuestran su preocupación ante tal problema, y simultáneamente otras.

Al ser el país rico en recursos energéticos y mano de obra barata se propició que muchas plantas febriles que aquí se han instalado pudieran permitirse el lujo de ser ineficientes en el uso de estos recursos.

Para que se formule un programa definido de uso racional de los energéticos en actividades en la industria, se tiene que hacer una administración efectiva de energía, con todas las acciones que se realizan para conocer, planear, evaluar, organizar, supervisar, o dirigir, integrar y controlar los consumos y usos de los energéticos en una empresa son:

- 1) Cambiar el equipo existente por otro mas eficiente.
- 2) Transformar el equipo existente convirtiéndolo en mas eficiente.
- 3) Eliminar los consumos de energía excesivos y de desperdicio.
- 4) Cambiar los sistemas de control de procesos.
- 5) Cambiar las etapas altamente consumidoras de energía.

Así los beneficios potenciales que puedan resultar de los procesos para el ahorro y conservación de la energía son entre otros:

- a) El ahorro de combustible y electricidad.
- b) Reducción de tamaño y en consecuencia del costo capital mas bajo, del equipo de calefacción\enfriamiento.
- c) Reducción de los costos de mantenimiento.
- d) Reducción del costo de mano de obra de producción.
- e) Disminución de la degradación ambiental.
- f) Mejor calidad del producto.
- g) Incremento de la competitividad.
- h) Mejoramiento de la calidad de vida.

Limitaciones al ahorro de energía.

1) La aplicación de medidas de conservación o de programas de uso racional de la energía se ha hecho de manera aleatoria, generalmente por personas no directamente ligadas al uso de la energía, o como funciones adicionales a las ya asignadas, la cual ha traído aparejado malos resultados y escasa continuidad en los esfuerzos.

- 2) No existe cultura energética suficiente a nivel nacional.
- 3) No se dispone de suficiente personal capacitado.

La iluminación representa un porcentaje del 4% en el uso de la energía residencial mexicano. Todavía en 1990 el 40% de las viviendas del subsector rural, y 3% del urbano seguían utilizando petróleo diáfano, leña y en algunos casos gas LP para cubrir sus necesidades de iluminación.

ya que estas deben contar con las condiciones actuales de iluminación, como son:

- a) Tipo de lámpara.
- b) Potencia de cada equipo.
- c) Distribución de los equipos de iluminación de la planta.
- d) Considerar los tiempos de encendido.

El potencial nacional de ahorro de energía es muy importante, sin embargo, la falta de conocimientos profunda en muchos aspectos del consumo, fuentes y usos finales es un problema que hay que solucionar.

□ 6.4 PERSPECTIVAS.

La Energía Solar, se aprovecha para resolver un sin número de requerimientos sociales, que impulsan la productividad y elevan la calidad y nivel de vida. Las formas más comunes se mencionaron anteriormente, las aplicaciones del uso final de estas son muchas, pero sus ventajas y desventajas, dependen del uso final de ellas, para aprovecharse como sustitutos de los energéticos tradicionales.

Aunque es una realidad la tecnología Solar es poca en nuestro país, debido a que no ha existido una adecuada planeación y selección de los sistemas solares, y en un futuro tendremos la necesidad de aprovechar todas las formas útiles haciendo una cuidadosa selección de los medios de energía solar, para aplicarlo en lugares donde lo ameriten y que los sistemas cumplan con los propósitos encomendados para satisfacer las necesidades energéticas de la población, para explotar el potencial de energía solar aun no aprovechado.

Las perspectivas de la tecnología solar, en un futuro próximo en el país, donde se espera que el precio del mercado fotovoltaico siga bajando el [Wp], ya que su uso es cada día crece más, como se muestra en la fig 34, aunque este proceso es todavía lento y continuo, ya que son los Sistemas Fotovoltaicos, los que tienen y tendrán un mayor potencial comparado con la generación eléctrica mediante aerogeneradores y sistemas térmicos.

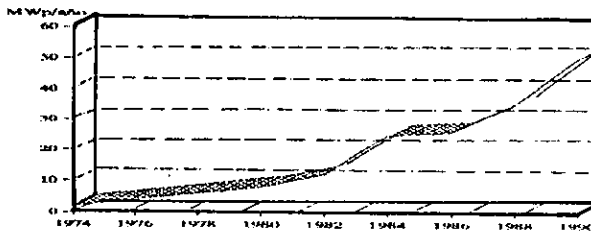


Figura 34 Evolución histórica del mercado fotovoltaico

Con lo que respecta al aprovechamiento térmico de la energía solar, se cree que las estufas solares, el secado de granos, la destilación de agua y la desalación de la misma, calentamiento de agua, mediante el uso de la energía solar son las tecnologías que presentan un mayor potencial, en comparación con los estanques solares.

También el acondicionamiento de casas y edificios, empleando la energía solar pasiva, calentamiento y confort térmico e iluminación son los que tienen mayor potencial en el presente y futuro.

□ 6.5 CONCLUSIÓN

A pesar del éxito y enormes perspectivas de los sistemas solares han demostrado a nivel internacional, en México no se ha establecido un programa serio y la infraestructura creada hasta ahora no basta para promover por sí sola un fuerte desarrollo solar en un futuro inmediato. Aunque la aportación de energía solar sea marginal en el balance energético nacional no se han tomado medidas que apoyen el uso de la energía solar o la fabricación masivas de dispositivos solares. Es recomendable seguir promoviendo y que se le brinde el apoyo necesario para que se instalen mas prototipos, con el fin de dar a conocer su potencialidad y facilidad de manejo.

Se necesita urgentemente un programa total a nivel nacional sobre energía solar, para consolidar grupos de investigación solar, tanto en lo material como en lo económico. Incrementando y mejorando a la vez los recursos humanos, si es que la energía solar ha de desempeñar un papel significativo en el futuro económico del país. Ya que en nuestro país el uso de la tecnología que ha crecido paulatinamente son: Los Sistemas Fotovoltaicos, colectores solares, que por su funcionalidad y ahorro de combustible lo hacen un candidato ideal para su venta y comercialización en el futuro. Pero se siguen dejando en el olvido el empleo de los concentradores parabólicos compuestos como alternativa viable para el mejor desempeño funcional de estos dispositivos.

En el pasado han existido proyectos gubernamentales que involucraron el uso de la energía solar. Por lo cual no se realizó una adecuada planeación para su mantenimiento, ya que actualmente están desmantelados y abandonados. Aún cuando los sistemas solares requieren de poco mantenimiento en comparación a otros equipos convencionales, los descuidos y la mala administración arruina a equipos útiles. Esto trae como consecuencia un impacto negativo para el usuario ya que no aceptan fácilmente los equipos que se les ofrece debido a los cambios que esto implica en los estilos de vida, y en los patrones de conducta.

No solo es factible, técnica y económicamente el establecer acciones para ahorro y uso eficiente de la energía y aplicación de las tecnologías alternativas sino el tomar conciencia sobre el medio ambiente, social y económico, tanto a nivel urbano como rural, ya que la contaminación nos afecta a todos por igual, por lo cual debería ser compartida por todos.

Por lo que el gran reto de los profesionistas en el país, en el futuro va a ser la implementación de una industria solar sana y

competitiva a nivel nacional, para que con las grandes aportaciones económicas se logren los beneficios social, ambiental y productivos buscados.

Para que la población pueda acceder a tecnologías mas eficientes, económicas, confiables, y que no contaminen.

Bibliografía.

- Reinhard Hass (1995)
The Value of photovoltaic electricity for society.
Solar Energy Vol 54 No 1 pp 25-31.
- Jorge M. Huacuz, Roberto Flores (1995)
Field performance of Lead-Acid batteries in photovoltaic rural electrification kits.
Solar Energy Vol 55 No 4 pp 287-299.
- H.N. Post, M.G. Thomas (1988)
Photovoltaic system for current and future applications
Solar Energy Vol 41 No 5 pp 465-473.
- Ivan Chambouleyron (1986)
A Third World view of the photovoltaic Market.
Solar Energy Vol 36 No 5 pp 381-386.
- E. Munguía, J. Agredano, J. Huacuz.
Comportamiento del sistema híbrido fotovoltaico-eólico-diesel de X-CALAK, Quintana Roo.
Asociación Nacional de Energía Solar. pp 375-377.
- Jorge M. Huacuz, Jaime Agredano (1994).
Actividades del IIE en sistemas fotovoltaicos.
Asociación Nacional de Energía Solar. pp 370-373.
- Manzini Poli Fabio, Rodríguez Viqueira Luis (1994).
CET de tecnologías para generar calor en proceso.
Asociación Nacional de Energía Solar. pp 256-260.
- F. Villaseñor, M. Pérez (1994).
ESFER: programa de computadora para evaluar sistemas fotovoltaicos de electrificación rural.
Asociación Nacional de Energía Solar. pp 381-385.
- Eberhard Wolff Krautter (1994).
Nuevos aspectos para el diseño de sistemas fotovoltaicos de iluminación básica.
Asociación Nacional de Energía Solar. pp 375-377.
- M.A. Borja, R. González G (1994).
Sistemas de control aplicables a aerogeneradores de pequeña capacidad.
Asociación Nacional de Energía Solar. pp 139-143.
- Y. Matsumoto, J.A. Urbano (1994).
Progresos de la Aplicación fotovoltaica en México.
Asociación Nacional de Energía Solar. pp 366-369.
- Manfred Horn (1995).
Que baterías usar en sistemas fotovoltaicos domiciliarios.
Asociación Nacional de Energía Solar. pp 479-481.
- Ahmed Zekkour Z., N. González A. (1995).
Diseño de un sistema fotovoltaico para la alimentación de una clínica Rural.
Asociación Nacional de Energía Solar. pp 67-71.

- *John W. Strachan, Richard B. Diver (1995).*
Sistemas de plato parabólico/Stirling: panorama de una tecnología comercial termosolar emergente para la generación de electricidad.
Asociación Nacional de Energía Solar. pp 203-209.

- *Byron Washom, Raymond Dracker, David Kearney (1995).*
Instalaciones de canal parabólico del ISCCS para México-un estudio de prefactibilidad.
Asociación Nacional de Energía Solar. pp 199-202.

- *Oscar E. Arteaga. (1996).*
Aspectos técnicos de la Interconexión de generadores fotovoltaicos con la Red.
Asociación Nacional de Energía Solar.

- *Sistemas de Distribución*
Espinosa Lara Roberto.
Limusa
1990.

- *Ingeniería Solar de Energía Solar.*
Rafael Almanza S.
Instituto de Ingeniería.
Colegio de México.

- *Ecodiseño*
Fernando Tudela.
Colección ensayos 1982, U.A.M.

- *Boletín de Datos*
Radiación Solar y Meteorología
C.U. México 1993.
Agustín Muhlia V. Instituto de Geofísica.

- *Notas del Curso de Actualización en Energía Solar (1996)*
Universidad Nacional Autónoma de México.

- *Electricidad Solar*
Eduardo Lorenzo
Edit. Progensa 1994

- *La energía Eólica tecnología e historia.*
Cádiz pp 27-32.

- *Solar Engineering of thermal processes*
John A. Duffie.
John Wiley and Sons. Inc
Second edition 1991.

- *European Directory of Renewable Energy*
James & James Publishers Ltd 1994.

- *Carlson J.B. "Lodestone Compass: Chinese or Olmec Primacy*
Science, 189, (4205) 753-760 (1975)

Concentrador.

Razón de concentración :se define como el cociente entre el área de apertura que es el área que intercepta la radiación solar, y el área del absorbedor que es el área que recibe la radiación concentrada.

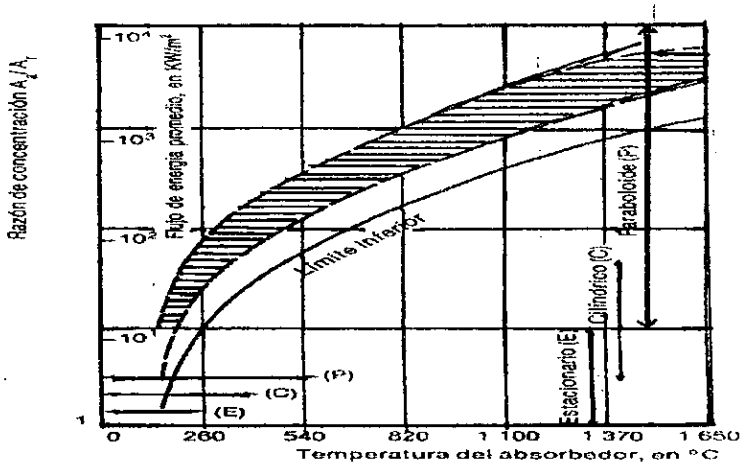
Ventajas del empleo de concentradores.

a) Las pérdidas de calor se reducen al utilizar un absorbedor de menor área y no sólo se mejoran las eficiencias térmicas sino que también se reducen efectos transitorios, ya que la masa térmica es mucho más pequeña que en colectores planos.

b) La cantidad de energía colectada sobre la superficie de absorción por unidad de área se aumenta, con la cual se pueden alcanzar altas temperaturas aprovechables en algún ciclo termodinámico.

En concentradores al aumentar la razón de concentración, A_p/A_r , manteniendo A_p constante, las pérdidas térmicas se reducen, permitiendo alcanzar altas temperaturas. Sin embargo, las pérdidas por reflexión, factor de forma y la no concentración de radiación difusa en los concentradores, reducen la energía absorbida comparada con la que capta un colector plano.

Cuanto más alta es la temperatura a la cual la energía va a ser entregada en un concentrador, mayor deberá ser la razón de concentración; para lograr esto, la geometría del concentrador necesita ser la más precisa posible, así como del sistema que permite seguir al Sol; en la figura se muestran los valores de razón de concentración y tipos de concentradores con los que se puede entregar energía a diferentes temperaturas sobre un absorbedor.



Razón de concentración de la temperatura de operación del absorbedor.