

CAPITULO 2

2. ENERGIA SOLAR

2.1. CONCEPTO

Energía Solar es la energía radiante producida por el Sol, fuente de vida y origen de las demás formas de energía que el hombre ha utilizado desde los albores de la historia, que puede satisfacer todas nuestras necesidades, si aprendemos cómo aprovechar de forma racional la luz que continuamente derrama sobre el planeta. Ha brillado en el cielo desde hace unos cinco millones de años, y se calcula que todavía no ha llegado ni a la mitad de su existencia.

La energía solar llega a la Tierra a través del espacio en cuantos de energía llamados fotones.

Durante el presente año, el Sol arrojará sobre la tierra cuatro mil veces más energía que la que vamos a consumir.

Ecuador, que por su privilegiada situación y climatología, se ve particularmente favorecida respecto al resto de los países, ya que sobre cada metro cuadrado de su suelo inciden al año unos 1.500 kilovatios-hora de energía. Esta energía puede aprovecharse directamente, o bien ser convertida en otras formas útiles como, por ejemplo, en electricidad.

La recogida natural de energía solar se produce en la atmósfera, los océanos y las plantas de la Tierra. Las interacciones de la energía del Sol y los océanos y la atmósfera producen vientos, utilizados durante siglos para hacer girar los molinos. Los sistemas modernos de energía eólica utilizan hélices fuertes, ligeras, resistentes a la intemperie y con diseño aerodinámico que, cuando se unen a generadores, producen electricidad para usos locales y especializados o para alimentar la red eléctrica de una región o comunidad.

Casi el 30% de la energía solar que alcanza el borde exterior de la atmósfera se consume en el ciclo del agua, que produce la lluvia y la energía potencial de las corrientes de montaña y de los ríos. La energía que generan estas aguas en movimiento al pasar por las turbinas modernas se llama energía hidroeléctrica.

La energía solar contribuye al crecimiento de la vida vegetal (biomasa), que, junto con la madera y los combustibles fósiles que derivan de plantas antiguas, punto de vista geológico, pueden ser utilizados como combustibles. También pueden extraerse de la biomasa combustibles como el alcohol y el metano.

Los océanos representan un tipo natural de recogida de energía solar. Como resultado de su absorción (océanos y corrientes oceánicas), se producen gradientes de temperatura. En algunos lugares, estas variaciones verticales alcanzan 20°C en distancias de algunos cientos de metros. Cuando hay grandes masas a distintas temperaturas, los principios termodinámicos predicen que se puede crear un ciclo generador de energía que extrae energía de la masa con mayor temperatura y transfieren una cantidad a la masa con temperatura menor. La diferencia entre estas energías se manifiesta como energía mecánica (mover una turbina), que puede conectarse a un generador, para producir electricidad.

Estos sistemas, llamados sistemas de conversión de energía térmica oceánica (CETO), requieren enormes intercambiadores de energía y otros aparatos en el océano para producir potencias del orden de megavatios.

2.2. CALIDAD TERMODINAMICA DE LA RADIACIÓN SOLAR

La radiación solar posee una elevada calidad termodinámica al ser el resultado de procesos que tienen lugar en la superficie del sol a una temperatura equivalente de cuerpo negro visto desde la tierra de 5.777K.

En las aplicaciones solares que utilizan la potencia incidente de la irradiancia solar para su conversión a trabajo útil, como es el caso de las CET, resulta fundamental la medida de la calidad de esa energía incidente, expresada en términos de exergía, magnitud que como es sabido se utiliza para designar la parte de la energía que puede convertirse en trabajo mecánico en un proceso perfectamente reversible. Si se designa como G_s la radiación solar incidente y como W^* el trabajo máximo que puede obtenerse (es decir, en condiciones de reversibilidad perfecta), se puede definir un rendimiento exergético, η^* tal como se refleja en la ecuación 1:

$$\eta^* = \frac{W^*}{G_S} = \frac{\int_0^{\infty} W_{\lambda}^* d\lambda}{\int_0^{\infty} G_{\lambda} d\lambda} = 1 - \frac{T_a}{T_S} \quad \text{Ecuación 1}$$

$$\eta^* = 1 - \frac{4T_a}{3T_S} (1 - 0,28 \log f) \quad \text{Ecuación 2}$$

Planck propuso, tras un análisis teórico que involucraba cilindros y pistones radiadores perfectos, el factor de Carnot asociado a las temperaturas de cuerpo negro (T_S) y ambiente (T_a), como límite exergético de la energía radiante. Particularizando pues la ecuación propuesta por Planck a una temperatura ambiente de 300 K y al Sol como radiador, a unos 5.777 K, adquiere un valor de 0,948. Otras ecuaciones han sido propuestas para tener en cuenta la distribución espectral de la radiación solar y, de esta forma, han evaluado el potencial exergético asociado a cada diferencial de longitud de onda, resultando de mayor calidad las ondas más cortas. Teniendo además en cuenta el hecho de que el receptor también emite radiación, adquiere un valor en las condiciones propuestas, 300 K y 5.777 K, de 0,93. Adicionalmente, se puede tener en cuenta el factor de dilución de la radiación solar tal y como llega a un receptor solar (Ecuación 2).

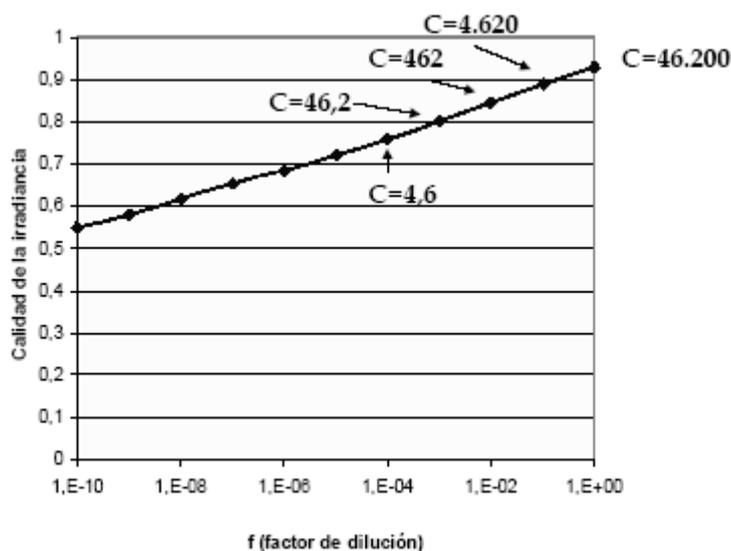


Figura 2.1 Variación en la calidad termodinámica de la irradiación con el factor de dilución.

El valor máximo de 0,93 se alcanza para un $f=1$ que se correspondería con una concentración óptica de 46.200

Esta nueva aproximación puede bajar el rendimiento exergético hasta valores de 0,55 para factores de dilución f muy reducidos, tales como 10^{-10} . El valor de “ f ” viene determinado por la geometría del sistema Sol-Tierra y el tamaño del Sol, existiendo una clara relación entre el factor de dilución y la concentración óptica de la radiación solar incidente.

Esta relación se recoge en la ecuación 3, siendo n el índice de refracción del material y el ángulo θ es el formado por los dos rayos

más divergentes del haz de irradiancia incidente. La potencia emisiva del Sol es $E_s=63,2 \text{ MW.m}^{-2}$ que se corresponde con un valor de $f=1$, mientras que el valor de la constante solar extraterrestre $G_s=1.367\pm 0,1 \text{ W.m}^{-2}$ se obtiene para un $f=2,165\cdot 10^{-5}$.

$$f = \frac{C}{46.200} \frac{1}{n^2 \sin^2 \theta} \quad \text{Ecuación 3}$$

El factor de dilución solar "f" expresa la relación de mezcla entre la radiación solar que procede directamente de la superficie del Sol y la de albedo. Dado que la temperatura TS es mucho mayor que la del ambiente, la mezcla puede contemplarse como la dilución de radiación "caliente" procedente del Sol, con radiación "fría" del ambiente, de calidades termodinámicas muy diferentes.

2.3. TIPOS DE RADIACIÓN

Las radiaciones que provienen del Sol y llegan a los diferentes puntos de la superficie de la Tierra son más complejas de lo que el sentido común dicta. Su naturaleza no se puede reducir simplemente a luz y calor, es mucho más diversa. No toda la radiación solar es luz (o es visible) ni toda es calor ni toda participa en la fotosíntesis.

No toda la radiación es nociva para los seres vivos, la ultravioleta (la cual no es visible ni puede ser percibida por los sentidos) sí.

Debe admitirse entonces que las radiaciones que provienen del Sol tienen efectos específicos que dependen de la naturaleza de la interacción de cada componente energético con los diferentes materiales con los cuales entran en contacto, es decir, de la naturaleza espectral de cada tipo de interacción.

La generación fotovoltaica de electricidad o el aprovechamiento del calor o del componente térmico de la radiación electromagnética, que aunque limitadas a escala mundial deben remarcarse como formas nobles de utilización de la radiación solar, en realidad aprovechan una región relativamente estrecha del espectro electromagnético.

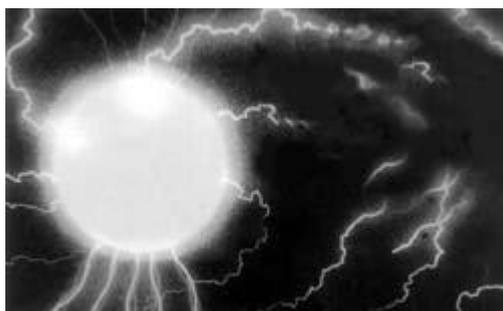


Figura 2.2 Espectro electromagnético de la Energía Solar

Tanto la cantidad de energía como la composición espectral de la radiación electromagnética varían de un punto a otro de la superficie

de la Tierra, dependiendo de la latitud y la altura sobre el nivel del mar, de la estación del año, etc.

La intensidad de la radiación no es la misma en el Ecuador que en los hemisferios. Ni es la misma a nivel del mar que en altitud (digamos en el altiplano). El cielo se ve mas azul en altitud, lo que significa que la composición en radiación de longitud de onda corta (ultravioleta) es más elevada.

Más lejos del Ecuador los rayos del Sol llegan cada vez menos verticales a la superficie de la Tierra, de tal manera que en los polos es prácticamente rasante. Eso hace que la intensidad se vea disminuida por efecto de la no verticalidad de incidencia de la radiación, y porque al atravesar la atmósfera en forma oblicua (y no radial) se sigue un trayecto más grande, lo que implica que los rayos han sido más expuestos a la atenuación o dispersión con las moléculas de la atmósfera.

Esto explica parcialmente por qué la temperatura de la superficie en la Tierra es más elevada en el Ecuador y disminuye paulatinamente hacia los polos.

La atenuación de la radiación solar es selectiva, en virtud de que sus diferentes longitudes de onda tienen diferentes probabilidades de

interaccionar con los componentes del aire y la atmósfera. Por eso conviene caracterizar las interacciones de la radiación electromagnética de origen solar en función de su longitud de onda, es decir de manera espectral.

La intensidad de la radiación solar depende de los siguientes factores: Altura solar (latitud, fecha, y hora del día), ubicación del panel (azimut e inclinación), condición atmosférica (humedad, nubosidad y polución) y altura sobre el nivel del mar. La intensidad de la radiación solar incidente (o global) es la suma de la radiación solar directa, difusa y reflejada.

No toda la radiación solar incidente en el límite de la atmósfera llega a la superficie terrestre; esto se debe a que la capa gaseosa actúa sobre ella produciendo distintos fenómenos:

Absorción:

El flujo de radiación penetra en la atmósfera y transformada en energía térmica, aumenta su temperatura y la hace irradiar calor hacia la Tierra y el espacio interplanetario. Las radiaciones térmicas de la atmósfera que alcanzan la superficie terrestre atenúan el enfriamiento de la misma, especialmente durante la noche; este fenómeno se conoce como amparo térmico de la atmósfera.

Reflexión:

Se produce cuando parte de la radiación solar al incidir sobre un cuerpo es desviada o devuelta, sin modificar sus caracteres: la atmósfera refleja la radiación que incide sobre gases y partículas sólidas en suspensión; la que llega a la superficie de la tierra en parte se absorbe y en parte se refleja.

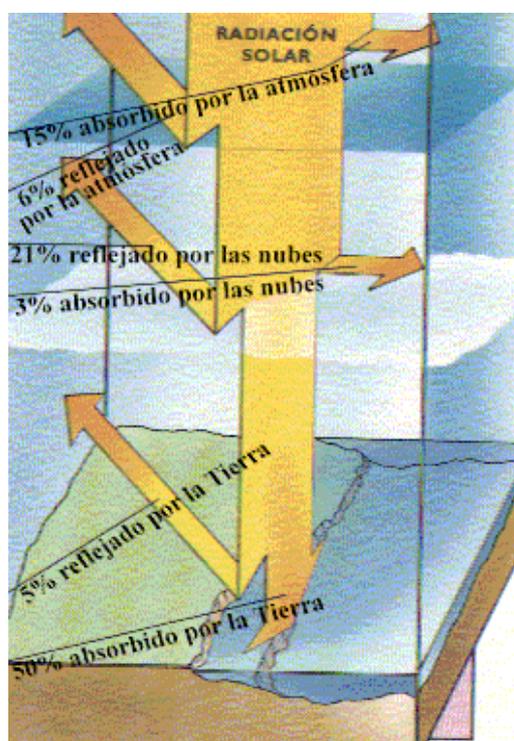


Figura 2.3 Fenómenos de la Radiación Solar

Dispersión:

Fenómeno similar a la reflexión, pero la radiación modifica sus caracteres al ser devuelta o desviada.

En la alta atmósfera la radiación solar es dispersada por las moléculas de los gases del aire: los rayos luminosos de onda más corta (violeta y azul) son más fácilmente dispersados, dando el color azulado al cielo. Los demás, (rojo, anaranjado, amarillo), llegan casi directamente al suelo, sin dispersarse; se dispersan cuando atraviesan capas atmosféricas de espesor considerable, como ocurre en los crepúsculos: en estos casos el cielo presenta un color que va del amarillo al rojo intenso.

2.3.1. Radiación Solar Directa

Es la radiación que corresponde al ángulo sólido limitado por el disco solar sin tener en cuenta la dispersión atmosférica.

El aparato destinado a medir la radiación solar directa se le denomina Pirheliómetro y se utiliza para hacer estudios e investigaciones. El Piranómetro o Actinómetro se destinan a medir en un plano determinado la radiación Global recibida en un periodo de tiempo, estos van conectados a un registro que nos muestra la distribución de la radiación solar a lo largo de los periodos de tiempo deseados y acoplado además a un integrador que nos da la energía total captada en los períodos.

2.3.2. Radiación Solar Difusa

Corresponde a la radiación solar dispersada por los diferentes componentes de la atmósfera que resulta del conjunto de interacciones entre la radiación y la atmósfera o proviene de toda la atmósfera con excepción del disco solar

A pesar de su importancia, la radiación difusa es relativamente poco estudiada. Mediciones espectrales en permanente (un espectro cada hora durante las horas de luz del día) han permitido poner en evidencia, entre otras cosas, que la composición de radiación ultravioleta en la radiación difusa anual es superior a la de la radiación directa. Eso significa que la radiación solar en un día de nublado medio es superior a la de un día completamente soleado.

Parte de la radiación solar dispersada al penetrar en la atmósfera incide sobre la superficie en forma de radiación difusa de onda corta procedente de todas partes de cielo. Hay que diferenciar claramente la radiación difusa de onda corta de la irradiación de onda larga (infrarrojo lejano) que intercambia la tierra con la bóveda celeste emitida por sólidos y gases a temperatura ambiente.

La naturaleza espectral de las radiaciones directa y difusa difiere en densidad de energía y en composición, debido a que la radiación difusa es resultado del ensamble de dispersiones de los fotones primarios con las moléculas de la atmósfera, entre las cuales existe una transferencia de energía y por consecuencia de longitud de onda.

2.4. TIPOS DE COLECTORES SOLARES

2.4.1. COLECTORES DE PLACA PLANA

En los procesos térmicos los colectores de placa plana interceptan la radiación solar en una placa de absorción por la que pasa el llamado fluido portador. Éste, en estado líquido o gaseoso, se calienta al atravesar los canales por transferencia de calor desde la placa de absorción. La energía transferida por el fluido portador, dividida entre la energía solar que incide sobre el colector y expresada en porcentaje, se llama eficiencia instantánea del colector.

Los colectores de placa plana tienen, en general, una o más placas cobertoras transparentes para intentar minimizar las pérdidas de calor de la placa de absorción en un esfuerzo para maximizar la eficiencia.

Los colectores de placa plana se han usado de forma eficaz para calentar agua y para calefacción. Los sistemas típicos para casa-habitación emplean colectores fijos, montados sobre el tejado. En el hemisferio norte se orientan hacia el Sur y en el hemisferio sur hacia el Norte.

Además de los colectores de placa plana, los sistemas típicos de agua caliente y calefacción están constituidos por bombas de circulación, sensores de temperatura, controladores automáticos para activar el bombeo y un dispositivo de almacenamiento. El fluido puede ser tanto el aire como un líquido, mientras que un lecho de roca o un tanque aislado sirven como medio de almacenamiento de energía.

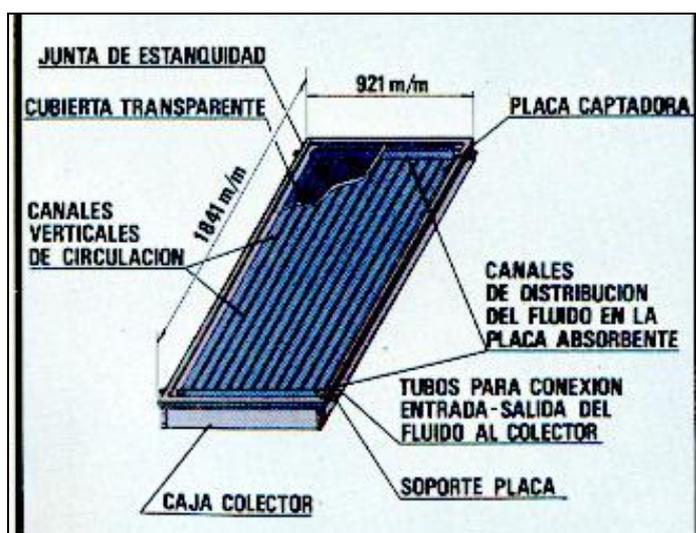


Figura 2.4 Colector de Placa Plana

2.4.2. COLECTORES DE CONCENTRACIÓN

Para aplicaciones como el aire acondicionado y la generación central de energía y de calor para cubrir las grandes necesidades industriales, los colectores de placa plana no suministran, en términos generales, fluidos con temperaturas bastante elevadas como para ser eficaces. Se pueden usar en una primera fase, y después el fluido se trata con medios convencionales de calentamiento.

Como alternativa, se pueden utilizar colectores de concentración más complejos y costosos. Son dispositivos que reflejan y concentran la energía solar incidente sobre una zona receptora pequeña. Como resultado de esta concentración, la intensidad de la energía solar se incrementa y las temperaturas del receptor pueden acercarse a varios cientos, o incluso miles, de grados Celsius. Los concentradores deben moverse para seguir al Sol si se quiere que actúen con eficacia; los dispositivos utilizados para ello se llaman helióstatos, se utilizan para instalaciones que trabajan a media temperatura, estos colectores concentran la radiación solar que recibe la superficie captadora en un elemento receptor de superficie muy reducida (un punto, una línea).

Al ser el receptor más pequeño que en los colectores planos puede estar fabricado a partir de materiales más sofisticados y caros que permiten una mejor absorción de la energía solar. Por otro lado, al recibir la radiación solar de manera concentrada, los colectores de concentración son capaces de proporcionar temperaturas de hasta 300°C con buenos rendimientos.

Las centrales de colectores de concentración se utilizan para generar vapor a alta temperatura con destino a procesos industriales, para producir energía eléctrica, etc. Hay colectores de concentración de varios tipos. Pero todos ellos tienen en común que exigen estar dotados, para ser eficientes, de un sistema de seguimiento que les permita permanecer constantemente situados en la mejor posición para recibir los rayos del sol a lo largo del día.

Los sistemas de seguimiento del sol de estos colectores son de varios tipos. El colector de concentración cilíndrico-parabólico (uno de los más difundidos) suele utilizar un reloj o sensor óptico. Este último combinado con un servomotor, hace girar al colector siguiendo la dirección del sol.

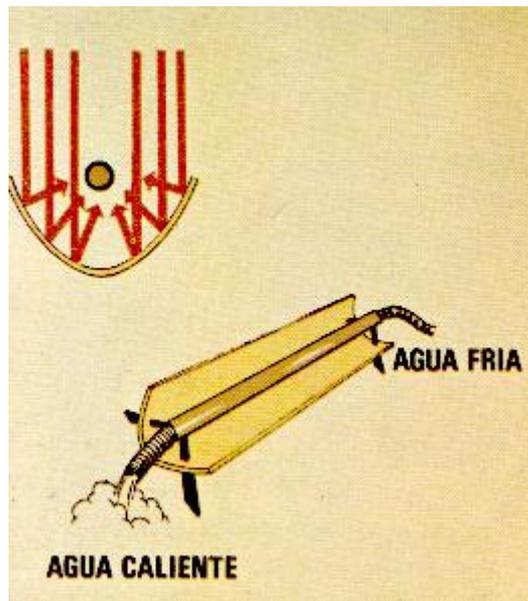


Figura 2.5 Esquema de un Colector Solar Parabólico

Uno de los inconvenientes de la mayoría de los colectores de concentración (y entre ellos, del cilíndrico parabólico) es que sólo aprovechan la radiación directa del Sol, es decir, que sólo aprovechan los rayos solares que realmente inciden sobre su superficie. No son capaces, por el contrario, de captar la radiación solar difusa. Por ello, no resultan convenientes en zonas climáticas que, aunque reciben una aceptable cantidad de radiación solar, son relativamente nubosas.

Sólo resultan realmente eficaces en zonas auténticamente soleadas.

2.5. Definición de la Constante Solar.

La constante solar (G_{sc}), es el flujo de energía proveniente del Sol, que incide sobre una superficie perpendicular a la dirección de propagación de la radiación solar, ubicada a la distancia media de la tierra al Sol, fuera de toda atmósfera. Esta energía corresponde a una radiación electromagnética formada por distintas longitudes de onda (espectro solar) agrupadas en tres bandas: ultravioleta (UV), visible e infrarrojo (IR). Cada banda transporta una cantidad de energía determinada, siendo a este respecto las más importantes el visible y el IR.

Se deben aclarar algunos puntos acerca de esta definición:

Primero, es un flujo de energía, es decir, la constante solar se refiere a una cantidad de energía que incide, instantáneamente, sobre una superficie de área unitaria.

Segundo, esta superficie hipotética es perpendicular o normal a la dirección de propagación de la luz, ya que es obvio que una superficie en posición oblicua respecto de la dirección del Sol recibiría un menor flujo de energía.

Tercero, esta superficie hipotética se encuentra situada a la distancia media de la tierra al Sol. Esta consideración debe hacerse debido a que se sabe que la distancia desde la fuente de radiación hasta el plano en cuestión influye fuertemente en el flujo de energía, y como la órbita que describe la tierra alrededor del Sol no es circular, la distancia Tierra-Sol no es constante, y por lo tanto se debe considerar un valor promedio, para poder establecer una constante solar.

Por último, esta superficie hipotética debe estar colocada fuera de la atmósfera, para evitar la atenuación de la radiación causada por la diversidad de fenómenos físicos y químicos que se verifican en la atmósfera.

El valor comúnmente aceptado para la G_{sc} ha variado en los últimos años según las técnicas de medición que se han empleado, lo cual no indica que haya variado en sí la magnitud de la energía que se recibe del Sol. El valor más comúnmente utilizado para G_{sc} es:

$$G_{sc} = 1353 \text{ [Wm}^2\text{]}$$

que en otras unidades equivale a:

$$G_{sc} = 1.940 \text{ [cal/cm}^2 \text{ min]} = 4871 \text{ [MJ/m}^2 \text{ hr]}$$

2.6. Estimación de la radiación solar recibida en Guayaquil.

Energía solar, energía radiante producida en el Sol como resultado de reacciones nucleares de fusión. Llega a la Tierra a través del espacio en cuantos de energía llamados fotones que interactúan con la atmósfera y la superficie terrestres.

La intensidad de la radiación solar en el borde exterior de la atmósfera, si se considera que la Tierra está a su distancia promedio del Sol, se llama constante solar, y su valor medio es $1,37 \times 10^6$ erg/s/cm², o unas 2 cal/min/cm².

Sin embargo, esta cantidad no es constante, ya que parece ser que varía un 0,2% en un periodo de 30 años. La intensidad de energía real disponible en la superficie terrestre es menor que la constante solar debido a la absorción y a la dispersión de la radiación que origina la interacción de los fotones con la atmósfera.

La intensidad de energía solar disponible en un punto determinado de la tierra depende, de forma complicada pero predecible, del día del año, de la hora y de la latitud. Además, la cantidad de energía solar que puede recogerse depende de la orientación del dispositivo receptor.

La radiación solar recibida en Guayaquil varía durante el año, debido a que la posición del sol varía, aunque no de manera muy significativa como en otros países pero igual existe una variación la cual se analizará más adelante.

2.7. IMPACTO AMBIENTAL DE LA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

La energía solar fotovoltaica, al igual que otras energías renovables, constituye, frente a los combustibles fósiles, una fuente inagotable, contribuye al autoabastecimiento energético nacional y es menos perjudicial para el medio ambiente, evitando los efectos de su uso directo (contaminación atmosférica, residuos, etc) y los derivados de su generación (excavaciones, minas, canteras, etc).

Los efectos de la energía solar fotovoltaica sobre los principales factores ambientales son los siguientes:

Clima.

La generación de energía eléctrica directamente a partir de la luz solar no requiere ningún tipo de combustión, por lo que no se produce polución térmica ni emisiones de CO₂ que favorezcan el efecto invernadero.

Geología.

Las células fotovoltaicas se fabrican con silicio, elemento obtenido de la arena, muy abundante en la naturaleza y del que no se requieren cantidades significativas. Por lo tanto, en la fabricación de los paneles fotovoltaicos no se producen alteraciones en las características litológicas, topográficas o estructurales del terreno.

Suelo.

Al no producirse ni contaminantes, ni vertidos, ni movimientos de tierra, la incidencia sobre las características físico-químicas del suelo o su erosionabilidad es nula.

Aguas superficiales y subterráneas.

No se produce alteración de los acuíferos o de las aguas superficiales ni por consumo, ni por contaminación por residuos o vertidos.

Flora y fauna.

La repercusión sobre la vegetación es nula, y, al eliminarse los tendidos eléctricos, se evitan los posibles efectos perjudiciales para las aves.

Paisaje.

Los paneles solares tienen distintas posibilidades de integración, lo que hace que sean un elemento fácil de integrar y armonizar en diferentes tipos de estructuras, minimizando su impacto visual. Además, al tratarse de sistemas autónomos, no se altera el paisaje con postes y líneas eléctricas.

Ruidos.

El sistema fotovoltaico es absolutamente silencioso, lo que representa una clara ventaja frente a los generadores de motor en viviendas aisladas.

Medio social.

El suelo necesario para instalar un sistema fotovoltaico de dimensión media, no representa una cantidad significativa como para producir un grave impacto. Además, en gran parte de los casos, se pueden integrar en los techos de las viviendas. Por otra parte, la energía solar fotovoltaica representa la mejor solución para aquellos lugares a los que se quiere dotar de energía eléctrica preservando las condiciones del entorno; como es el caso por ejemplo de los Espacios Naturales Protegidos.

2.8. COMPONENTES DE UN PANEL FOTOVOLTAICO

Un panel fotovoltaico está formado por un conjunto de células solares conectadas eléctricamente entre sí en serie y paralelo hasta conseguir el voltaje adecuado para su utilización.

Corte transversal de un panel fotovoltaico

Este conjunto de células está envuelto por unos elementos que le confieren protección frente a los agentes externos y rigidez para acoplarse a las estructuras que los soportan. Los elementos son los siguientes:

Encapsulante

Constituido por un material que debe presentar una buena transmisión a la radiación y una degradabilidad baja a la acción de los rayos solares.

Cubierta exterior de vidrio templado.

Aparte de facilitar al máximo la transmisión luminosa, debe resistir las condiciones climatológicas más adversas y soportar cambios bruscos de temperatura.

Cubierta posterior.

Constituida normalmente por varias capas opacas que reflejan la luz que ha pasado entre los intersticios de las células, haciendo que vuelvan a incidir otra vez sobre éstas.

Marco de metal.

Normalmente de aluminio, que asegura rigidez y estanqueidad al conjunto, y que lleva los elementos necesarios para el montaje del panel sobre la estructura soporte.

Caja de terminales.

Incorpora los bornes para la conexión del módulo.

Diodo de protección.

Impiden daños por sombras parciales en la superficie del panel.

La conversión de la radiación solar en una corriente eléctrica tiene lugar en la célula fotovoltaica.

La célula fotovoltaica es un dispositivo formado por una delgada lámina de un material semi-conductor, frecuentemente de silicio.

Generalmente, una célula fotovoltaica tiene un grosor que varía entre los 0,25 y los 0,35 mm y una forma generalmente cuadrada, con una superficie aproximadamente igual a 100 cm².

Para la realización de las células, el material actualmente más utilizado es el mismo silicio utilizado por la industria electrónica, cuyo proceso de fabricación presenta costes muy altos, no justificados por el grado de pureza requerido para la fotovoltaica, que son inferiores a los necesarios en electrónica.

Otros materiales para la realización de las células solares son:

- © Silicio Mono-cristalino: de rendimiento energético hasta 15-17 %;
- © Silicio Poli-cristalino: de rendimiento energético hasta 12-14 %;
- © Silicio Amorfo: con rendimiento energético menor del 10 %;
- © Otros materiales: Arseniuro de galio, diseleniuro de indio y cobre, telurio de cadmio;

Actualmente, el material más utilizado es el silicio mono-cristalino que presenta prestaciones y duración en el tiempo superiores a cualquier otro material utilizado para el mismo fin.

Las células solares constituyen un producto intermedio de la industria fotovoltaica: proporcionan valores de tensión y corriente limitados, en comparación a los requeridos normalmente por los aparatos convencionales, son extremadamente frágiles, eléctricamente no aisladas y sin un soporte mecánico. Después, son ensambladas de la manera adecuada para constituir una única estructura: los módulos fotovoltaicos.

El módulo fotovoltaico es una estructura robusta y manejable sobre la que se colocan las células fotovoltaicas. Los módulos pueden tener diferentes tamaños (los más utilizados tienen superficies que van de los 0,5 m² a los 1,3 m²) y constan normalmente de 36 células conectadas eléctricamente en serie.

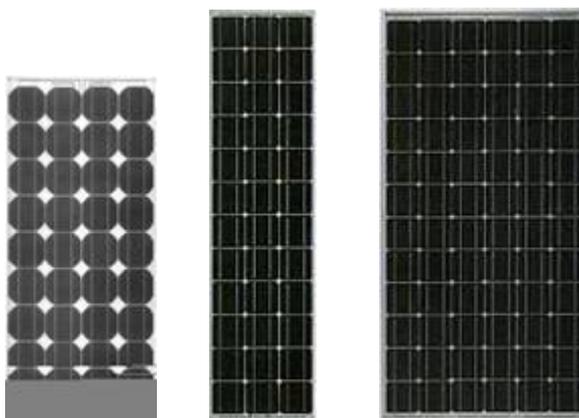


Figura 2.6 Algunos modelos de Módulos Fotovoltaicos

Los módulos formados tienen una potencia que varía entre los 50Wp y los 150Wp, según el tipo y la eficiencia de las células que lo componen.

Las características eléctricas principales de un módulo fotovoltaico se pueden resumir en las siguientes:

Potencia de Pico (Wp):

Potencia suministrada por el módulo en condiciones estándar STC (Radiación solar = 1000 W/m^2 ; Temperatura = $25 \text{ }^\circ\text{C}$; A.M. = 1,5).

Corriente nominal (A):

Corriente suministrada por el módulo en el punto de trabajo.

Tensión nominal (V):

Tensión de trabajo del módulo.