

Eficiencia en paneles solares

Efficiency in solar panels

TORRES-PACHECO, S.†, JURADO-PÉREZ, F.*, GRANADOS-LIEBERMAN, D. y LOZANO-LUNA, A

Instituto Tecnológico Superior de Irapuato. Carretera Irapuato - Silao Km. 12.5, C.P. 36821 Irapuato, Gto.

ID 1^{er} Autor: S, Torres Pacheco

ID 1^{er} Coautor: F, Jurado Pérez

ID 2^{do} Coautor: D, Granados Lieberman

ID 3^{er} Coautor: A, Lozano Luna

Recibido 12 de Enero, 2018; Aceptado 05 de Marzo, 2018

Resumen

La energía solar, además de ser el recurso más abundante en el planeta, es una de las muchas alternativas viables conocidas para suministrar calefacción, agua caliente y electricidad de forma natural, ilimitada y limpia, ya que no contamina, no emite humo. El CO₂, tampoco emite gases con efecto negativo.

Abstract

Solar energy as well as being the most abundant resource on the planet is one of the many viable alternatives known to supply heating, hot water and electricity production in a natural, unlimited and clean way, since it does not pollute, does not emit smoke, CO₂, nor does it emit gases with negative effect.

Citación: TORRES-PACHECO, S., JURADO-PÉREZ, F., GRANADOS-LIEBERMAN, D. y LOZANO-LUNA, A. Eficiencia en paneles solares. Revista del Diseño Innovativo. 2018, 2-2: 9-21

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: fejurado@itesi.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

La energía solar además de ser el recurso más abundante del planeta es una de las tantas alternativas viables que se conocen para suministrar calefacción, agua caliente y producción de energía eléctrica de forma natural, ilimitada y limpia, ya que no contamina, no emite humo, CO₂, así como tampoco emite gases con efecto negativo. Partiendo de estas modalidades de aprovechamiento mencionadas, se tiene:

1. La arquitectura pasiva del sol: Se optimiza al máximo la luz natural, mediante la estructura, materiales mediante su captura almacenamiento, para posterior distribuirla de tal modo aprovechando su eficiencia.

2. Los sistemas solares proactivos: se desempeñan viablemente mediante ventiladores, bombas para la transportación de calor de un lugar a otro donde se requiera.

La celda solar o panel solar, produce energía eléctrica por medio de células fotovoltaicas las cuales son capaces de producir dicha energía eléctrica por un efecto llamado “efecto fotovoltaico, EF”.

Antecedentes históricos

El científico francés Alexander Edmon Becquerel, en el año de 1839, descubrió el “EF”. Efecto que es el principal factor para que la conversión de luz o radiación solar sea convertida en electricidad.

Dicho descubrimiento lo realizó cuando se encontraba experimentando con una pila electrolítica y se percató que, al exponer la pila al sol, ésta generaba electricidad, descubriendo así tal efecto de generación. Años más tarde en 1885, un profesor W. Grylls Adams, descubrió el “efecto fotoeléctrico” referente al flujo de corriente eléctrica, esto mientras hacía experimentos con selenio, elemento semiconductor, este descubrimiento tiene más relevancia que el de Alexander E. Becquerel.

Así partiendo de los descubrimientos de ambos científicos, es como se sentaron las bases para lo hoy en día es la producción de energía solar mediante celdas solares.

Aunado a ello en 1946, el inventor estadounidense Russel Ohl, creó y patentó las primeras celdas fotovoltaicas de silicio siendo este un material semiconductor. Años más tarde Gerald Pearson logro mejorar la eficiencia del panel creado por Russel Ohl. En aquel entonces los primeros paneles fotovoltaicos fueron utilizados para satélites espaciales en 1954. 1970 se les dio a los paneles su primer uso para el público en general;

Celda solar

Las celdas solares (CS) o fotovoltaicos (FV) son convertidores de energía en forma de radiación electromagnética en energía eléctrica. Una vez que esta radiación hace contacto con el material semiconductor, éste la transforma en energía eléctrica en forma de corriente continua para poder ser utilizada de inmediato y a su puede ser almacenada en un banco de baterías a través de un control de cargas.

Es interesante mencionar que las FV son capaces de admitir tanto radiación directa como difusa. Las CS en general son dispositivos a los cuales se les da un uso típico como calentar agua, generar calefacción o energía eléctrica, debido al aprovechamiento de la energía luminosa que el sol brinda a la Tierra.

En el área de la producción de energía eléctrica, se utilizan las CS cada una de ellas es capaz de generar de 2 a 4 Amperios, con un voltaje de 0.46 a 0.48 Voltios, las cuales son fabricadas de silicio cristalino o arseniuro de galio y su funcionamiento está basado en el EF.

Los FVs son cada vez más necesarios debido a las necesidades por generar energía eléctrica, algunas aplicaciones se mencionan a continuación.

- Estaciones repetidoras de microondas
- Para electrificación de áreas remotas, médicas rurales Aplicaciones en navegación marítima
- Sistemas de bombeo, riego, agua potable en zonas rurales.
- Balizamiento para control y señales en aeronáutica
- Sistemas de protección catódica
- Sistemas de desalinización

En las aplicaciones de los CS como se mencionó en las aplicaciones previas su aplicación puede ser CS autónomos y CS conectados a la red.

Celdas solares autónomas

Los Celdas solares fotovoltaicos autónomos (CSFA) no están conectados con la red eléctrica, estos tienen la cualidad de abastecer por sí mismos cualquier equipo eléctrico adaptado a estos. Los CSFA son comúnmente utilizados en zonas marginadas de energía con difícil acceso.

Así como también es posible en los CSA, almacenar la energía generada en acumuladores (Bancos de capacitores) para una posterior aplicación

Celdas solares conectados a la red

Estos paneles solares, son los que la energía producida no es consumida de manera autónoma, si no que las celdas están conectados a la red de energía así asegurando que en todo momento se tenga energía disponible para su inmediato uso.

Funcionamiento de una celda fotovoltaico

La manera correcta de función de una celda solar es relativamente simple, por medio del EF. Un punto importante que se puede resaltar es que para que el EF se haga presente se necesita un material semiconductor.

Efecto fotovoltaico

El EF es el principio mediante el cual realizan su trabajo las celdas fotovoltaicas. Por definición es el proceso en el cual al incidir la radiación electromagnética proveniente del sol a un material semiconductor, en dos diferentes puntos de este material se genera una diferencia de potencial y así generando el voltaje.

Sin embargo, para la existencia del EF es necesaria la presencia del Efecto fotoeléctrico, pero no recíprocamente EF. A sabiendas del efecto fotoeléctrico se refiere a la liberación de electrones de un material a al incidir sobre el radiación electromagnética

Como es sabido, para la obtención de un voltaje en un semiconductor debe existir una diferencia de potencial.

Para lograr esto es necesario el uso de un semiconductor extrínseco tipo P (zona de electrones con carga positiva, la parte inferior del semiconductor donde los rayos solares no lo tocan) y de un semiconductor extrínseco tipo N (zona de electrones con carga negativo, la parte superior del semiconductor expuesta al sol) unidos y crear un conjunto PN.

Al unir los semiconductores y al exponerlos a la radiación electromagnética que inciden por la zona N, la energía proveniente de los fotones se le es transmitida a los electrones liberándolos, creando así el efecto fotoeléctrico, además esto hará que la carga negativa aumente en la zona N, así como la diferencia de potencial entre la zona N y P, esto quiere decir que cuanto más energía solar o radiación electromagnética se tenga, más diferencia de potencial habrá.

Teniendo la liberación de electrones y la diferencia de potencial, uniendo los dos semiconductores tipo P y tipo N por medio de un conductor sin resistencia, los electrones que son liberados y circularán de la zona N a la P, a esta circulación de electrones se le conoce como corriente de cortocircuito. Colocando una carga o resistencia entre la zona P y N, tal como se muestra en la Figura 1, es como se aprovecha la energía solar.

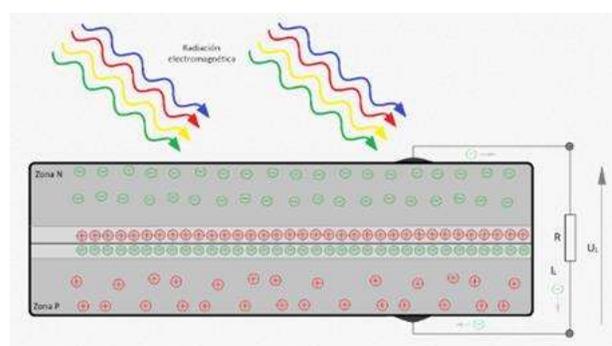


Figura 1 Diagrama de interpretación del panel fotovoltaico

Eficiencia de los paneles solares

La eficiencia de los paneles solares está mayormente basada en la capacidad de conversión de energía luminosa a energía eléctrica, pero ésta puede ser determinada gracias a una teoría desarrollada por Shockley y Queisser, llamada "teoría de balance"; la cual, dice que la corriente producida por una celda fotovoltaica es determinada por la diferencia del número de fotones que son absorbidos entre el número de fotones que son emitidos por el panel.

TORRES-PACHECO, S., JURADO-PÉREZ, F., GRANADOS-LIEBERMAN, D. y LOZANO-LUNA, A. Eficiencia en paneles solares. Revista del Diseño Innovativo. 2018

Gracias a la teoría de balances se puede determinar cuál es la eficiencia máxima posible que se puede esperar para una celda fotovoltaica de silicio, ya sea silicio monocristalino (mono-Si) o silicio policristalino (poli-Si). Dicha eficiencia es de 30 a 31%, esto cuando es una radiación solar de AM 1.5.

Además de los dos tipos de células mencionadas, en los subtemas procedentes se muestran los diversos tipos de células que existen.

Células (mono-Si y poli-Si) “lámina sólida”

Hoy en día a los paneles solares se les busca que sea lo más eficientes y baratos posibles, sobre todo a los paneles de silicio (mono-Si o poli-Si) ya que tiene un alto grado de ventas en el mercado.

Es por eso que cada vez se está acercando la eficiencia del panel de silicio al añorado 30-31%. La eficiencia que se tiene hasta el día de hoy en los paneles de silicio es del 24% a una radiación solar de AM 1.5. Además, estas células pueden proporcionar aproximadamente 0.5 V y con una corriente de 35 mA/cm².

Cabe mencionar que la diferencia en términos de rendimiento (eficiencia y costos) entre un panel de silicio monocristalino y policristalino es muy pequeña, lo que varían por lo regular es la disponibilidad y la alta demanda o reputación del fabricante.

Células de lámina fina o capa fina

Existe una tecnología en paneles fotovoltaicos muy distinta a los paneles de silicio, esta tecnología hace referencia a los paneles solares de lámina fina (paneles solares de segunda generación, células de capa delgada o thin film solar cells), estos paneles son: CdTe (Teluro de Cadmio), a-Si (Silicio amorfo) la forma no cristalina del silicio y CIGS (Cu(InGa)Se₂), tienen la excelente ventaja de que no necesita de mucho material para lograr su fabricación, además tienen una muy buena absorción de radiación electromagnética.

Células CdTe

Este tipo de células ha tenido en los últimos años un alto nivel de competencia en términos de costo, una buena eficiencia y procesos de fabricación. Los últimos modelos y los paneles de lámina fina CdTe más comerciales pueden alcanzar hasta en 12.6% de eficiencia de conversión.

Células CIGS

Como se mencionó anteriormente, en la categoría de paneles de lámina fina también entra este tipo de células; las CIGS. En lo particular, este tipo de células ha sido la que más avances ha tenido en los últimos años en comparación a los otros tipos de células de láminas finas, su avance ha sido tan grande que su eficiencia de conversión es la más cercana a la de poli-Si que cualquier otro tipo de célula con una eficiencia de conversión en el laboratorio del 19.8% casi a finales del 2014.

Células multiunion

La célula multiunión es denominada la célula más eficiente jamás creada, con una eficiencia de conversión de 40,7% bajo luz concentrada. Este tipo de células hoy en día son utilizadas como plantas generadoras conectadas a la red, las células multiunion anteriormente se utilizaban en el espacio por las diferentes compañías de satélites, estas células están hechas por la unión de varios materiales de células construidas monolíticamente.

Eficiencia de las diferentes células fotovoltaicas a través de los años

A continuación, se muestra de manera resumida las eficiencias de los diferentes tipos de células fotovoltaicas hasta el año 2015. Como es sabido, existen dos diferentes áreas para los paneles solares; las células de laboratorio y células de uso comercial.

Las células de laboratorio son aquellas que aún están en proceso de experimentación ya sea para realizar mejoras o hacer correcciones en problemas que se puedan presentar en las células a futuro, también cabe mencionar que las células de laboratorio cuentan con una eficiencia de conversión muy alta en comparación a las células comerciales.

Esto se debe a la pureza de los elementos utilizados para la construcción de las células en los laboratorios.

A diferencia de las células de laboratorio, las células comerciales son aquellas que se encuentran en el mercado.

La eficiencia de conversión de células hechas en laboratorio son las siguientes:

- 24% para células mono-Si
- 20.4% para células de Si cristalinas
- 19.8% para células CIGS
- 19.6% para células CdTe

La eficiencia de conversión de células en los últimos 10 años de uso comercial es:

- 12-16% para células de silicio
- 9-13% para células CdTe

A continuación en la Figura 2 (fuente **National Renewable Energy Laboratory, NRE**), se muestra la evolución de la eficiencia de conversión energía de las células fotovoltaicas en los últimos 43 años. En dicha figura se muestra una gráfica que demuestra la capacidad de los diferentes laboratorios que se encuentran en una competencia para lograr la mejor eficiencia, pues en algunos laboratorios, se han logrado eficiencias de conversión de hasta el 45%.

Nota: Todas estas células con altas eficiencias son producidas en laboratorios y falta aún tiempo para que estas células sean comerciales.

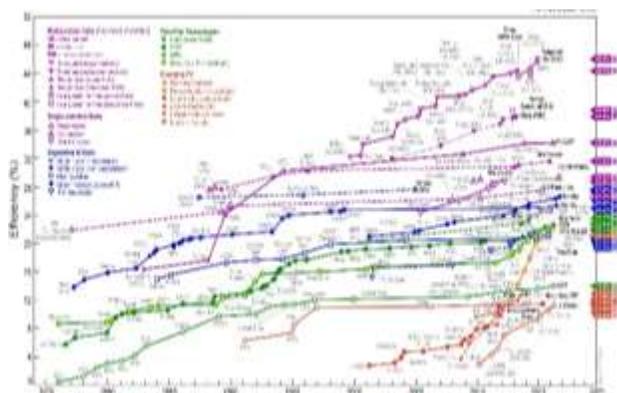


Figura 2 Evolución de la eficiencia de células fotovoltaicas

En la Figura 2, se pueden observar todos los tipos de células que existen o han existido.

A medida que la tecnología avanza, la eficiencia también lo hará y como se mencionó anteriormente un logro que se recalca mucho entre los diversos laboratorios, es la eficiencia del 45% de las células fotovoltaicas multiunion en este 2018.

El panel solar que le sigue a el panel multiunion en cuanto la eficiencia, son las células de silicio. Gracias a su buena eficiencia y costos aceptables, los laboratorios apuestan mucho para este tipo de células, las cuales cuentan con una eficiencia de conversión teórica máxima del 33.7%. Pero para que esto se logre aún falta algunos años.

Paneles solares con más fama que existen

Existen numeroso tipo diferente de paneles solares, pero los tres tipos más comunes, los culés ya he mencionado anteriormente, son:

- Paneles solares monocristalinos,
- Paneles solares policristalinos
- Paneles solares de lámina fina.

En la Figura 3, se muestra gráficamente una muestra de los tipos de paneles antes mencionados así como también el panel de cedula cuasi-mono cristalina.

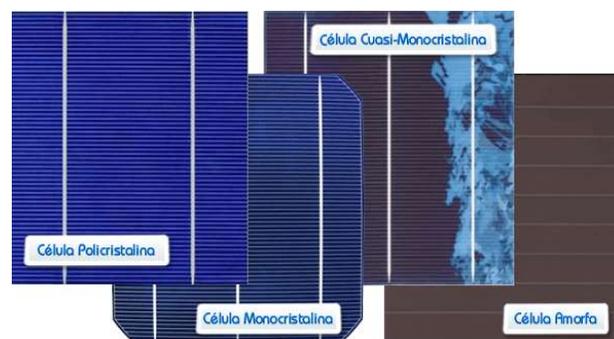


Figura 3 Muestra de paneles según tipo de estructura

Cálculo de eficiencia en paneles fotovoltaicos

Como es de esperar, la eficiencia juega un papel muy importante para poder seleccionar un panel fotovoltaico, para dejar en claro los tres factores que rigen o que afecta para que un panel produzca energía son: el tamaño, la eficiencia como ya se mencionó y la cantidad de radiación electromagnética que incide sobre él.

La eficiencia de un panel solar se define por la cantidad de potencia que se obtiene del mismo, en otras palabras, cuanta cantidad de energía solar que incide sobre el panel es convertida en energía eléctrica. Por ejemplo; si un panel solar recibe el 100% de luz solar y cuenta con una eficiencia de 20%, ese porcentaje es la cantidad de energía eléctrica producida y el restante, es decir el 80%, simplemente no se convierte en energía, sino que se adhiere al sistema, debido a la ley de la conservación de la energía, la cual se muestra en la Ecuación 1, más claramente se puede decir que el 80% se refiere a Q.

$$\Delta U = Q + W$$

(1)

Dónde:

ΔU = Cambio de energía interna

Q = Calor adherido al sistema

W = Calor que procesa el sistema

La cantidad de calor que es procesada o aprovechada por las celdas solares es expresada en W/m^2 .

Dependencia de la eficiencia del panel fotovoltaico

- El tamaño del panel y temperatura del ambiente: El tamaño de panel se refiere al área despejada que debe tener para que nada interceda los rayos solares y el panel, la temperatura en condiciones normales de un panel fotovoltaico es de 25°C. Si la temperatura es más alta puede causar daños.

- La calidad de las células: Algunas células no tienen la capacidad de recibir la luz solar adecuadamente, esto debido a una mala fabricación.

- Área despejada en la superficie del panel: El área debe de estar despejada para que el aprovechamiento del papel sea el esperado, además, que si no le llega la luz solar en toda la superficie del panel puede causar fallas en el panel.

- Irradiancia: La cantidad de radiación solar que es impactada en la superficie del panel, la irradiancia se mide en (kWh/m^2) .

- Tensión del panel en el punto máximo de potencia (V_{mp}): Punto de intersección con la máxima intensidad de corriente (I_{mp}), el valor siempre es menor a V_{oc} .

- Corriente del panel en el punto máximo de potencia (I_{mp}): Punto de intersección con la máxima tensión de voltaje (V_{mp}), donde su valor siempre será menor que I_{sc} .

- Máxima tensión en circuito abierto (V_{oc}): Es el momento donde la resistencia es infinitamente alta y no hay corriente debido a que el circuito está incompleto, además la célula no está conectada a ninguna carga.

- Máxima corriente en corto circuito (I_{sc}): Es el punto donde la célula produce la corriente máxima ya que no hay resistencia en el circuito.

Estos puntos anteriores, juegan un papel importante además de la dependencia de eficiencia del panel, sobre todo los últimos cuatro variables que sirven para determinar la eficiencia por medio de cálculos, como se muestra más adelante.

A continuación, se muestra en la Figura 4, la curva de I-V, la cual representa la salida de energía de una célula fotovoltaica. Esta es una manera gráfica de ver la eficiencia en sus condiciones normales, al decir condiciones normales, se refiere a lo siguiente:

- Irradiancia de 1,000 Watts por metro cuadrado
- Temperatura de la célula fotovoltaica de 25°C
- Rayos incidiendo perpendicularmente a los paneles
- Espectro de luz solar a una mesa de aire (MA) igual a 1.5

Es importante saber que no todos los equipos están en esas condiciones.

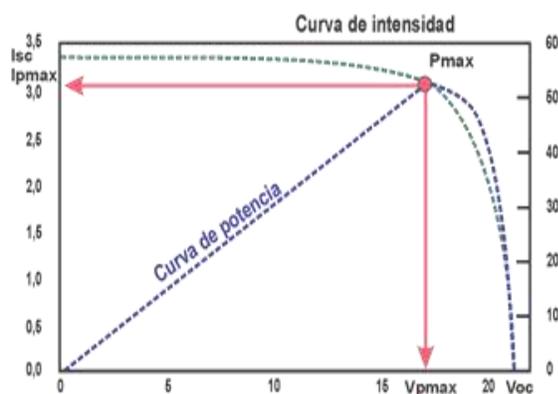


Figura 4 Curva de intensidad de corriente y tensión eléctrica

En la curva se pueden observar los valores máximos de operación y los resultados en circuito cerrado, los parámetros que se presentan en la curva son (I_{mp}), (V_{mp}), (V_{oc}), (I_{sc}), (MPP) máxima potencia de energía del sistema fotovoltaico, que se refiere a el punto donde se encuentran (V_{mp}) con (I_{mp}) y al multiplicarse resulta (MPP).

Factor forma (FF)

El factor de forma es un dato para poder determinar la eficiencia del panel. Se refiere a “la relación entre la potencia máxima teórica y a la potencia real, medido en el momento solar”, enseguida se muestra la Ecuación 2, para determinar el factor de forma.

$$FF = \frac{V_{mp} \times I_{mp}}{V_{oc} \times I_{sc}} \quad (2)$$

Los expertos en el tema han determinado este dato de manera “constante” y siempre menor a la unidad, esto para dos clases de células cristalinas y amorfas.

A continuación, se muestran los rangos de valores.

- 0.70 a 0.85 esto para celular cristalinas
- 0.50 a 0.70 para células amorfas

Eficiencia del panel

La Ecuación 3, que se presenta a continuación sirve para determinar la eficiencia.

$$\eta = \frac{FF \times V_{oc} \times I_{sc}}{G \times Area} \quad (3)$$

La variable “G” se refiere a la irradiancia que recibe la célula, la cual tiene un valor de $1,000 \text{ W/m}^2$, técnicamente la irradiancia que el sol emite a la tierra es de $1,350 \text{ W/m}^2$, pero ésta es disminuida al pasar a través de la atmósfera a la superficie terrestre y el “Área” se refiere a las dimensiones de la superficie de la célula fotovoltaica en m^2 .

En forma resumida, la potencia máxima o potencia solar pico está directamente relacionado con la eficacia de las células y para calcular la eficiencia se necesitan los siguientes parámetros:

- Factor de forma (FF)
- Tensión en circuito abierto
- Intensidad de cortocircuito

Factores para determinar si un panel fotovoltaico es eficiente

Como sea mencionado, la medición de la cantidad de luz solar que un sistema de panel solar es capaz de convertir en energía eléctrica; es un parámetro llamado eficiencia. La eficiencia siempre se mide en porcentajes, el sol produce un 100% de energía, pero usualmente los paneles solares solo son capaces de procesar de un 15-22% del total de la que ofrece el sol en energía usable.

De igual manera, la prueba en condiciones estándar o (STC) por sus siglas en inglés, dentro de la prueba estándar se dice que a una temperatura de 25°C y una irradiancia de $1,000 \text{ W/m}^2$, esto es equivalente a un día soleado con una luz incidente calurosa. Bajo las condiciones del STC, la eficiencia promedio del panel solar es de 15% el m^2 , el área superficial produce 150 Watts.

Aparte de las pruebas estándar de los paneles solares, existe otra prueba más extensa, la cual se hace bajo condiciones extremas. Las pruebas bajo condiciones extremas se realizan para poder dar una mayor seguridad al cliente de que el panel resistirá bajo cualquier circunstancia. Estas pruebas previenen una baja calidad de los paneles que están siendo vendidos en el mercado, además de que las empresas que manufacturan los paneles deben probar que las células solares tienen una larga durabilidad térmica y una larga eficiencia térmica.

En algunos casos, las pruebas ya están automatizadas, por lo que las pruebas se realizan de manera rápida. Las pruebas bajo condiciones extremas que se realizan son las siguientes.

Prueba contra el viento

Según las predicciones, una de las principales causas que provocan daños a las celdas solares es el viento. Es por eso que, durante la manufacturación del panel, se realizan pruebas extensivas dentro de un túnel de viento para así lograr decrecer el daño a los paneles.

Pruebas contra granizo

Las pruebas contra granizo consisten en dejar caer sobre el panel, granizo artificial a una velocidad de 20 a 30 m/s. Por esto las celdas solares permanecen sin daños a la caída de granizo a esas velocidades

Prueba contra la nieve

Una capa de nieve puede ser demasiado pesada para los paneles solares. De tal forma que los paneles solares dejan de trabajar cuando se acumula más de 5cm de nieve en el panel solar y por ende la eficiencia del panel se reduce al 100%.

Prueba contra el hielo

Capas de hielo pueden crecer en la superficie del panel solar cuando el panel no está recubierto con silicio. Las capas de hielo pueden decrecer potencialmente la eficiencia del panel solar desde un 25 al 100%.

Prueba contra residuos químicos

La eficiencia del panel solar se reduce un 0.2% cuando el panel está cubierto de una capa de residuos químicos que van creciendo.

Pruebas contra la degradación debido a los rayos ultravioleta (UV)

La estructura del panel solar puede ser deslaminado por los rayos UV, otra consecuencia puede ser la decoloración individual de las células solares.

Prueba de la resistencia de los aisladores

La resistencia del aislador está determinada por la dureza del material. En materiales diluidos, la corriente de fuga puede ocurrir en la orilla del panel solar.

Prueba del ciclo térmico

El ciclo térmico puede causar que los componentes del panel fallen. Entre los componentes que fallan están las, interconexiones, soldadura y los módulos de conexión.

Factores que afectan la eficiencia de los paneles

A medida que la tecnología empleada en los paneles avanza exitosamente, se vio la necesidad de realizar investigaciones para poder determinar los factores que afectan al panel solar, también afectan indirectamente a su eficiencia. Los factores son clasificados en propios o externos y en seguida se da más información de estos factores.

Factores propios

El panel solar cuenta con factores propios, los cuales pueden llegar a afectar su funcionamiento. Dichas fallas pueden ser por la temperatura de funcionamiento del panel y efectos de reflexión y suciedad.

Temperatura de funcionamiento

Como se sabe, un panel recibe un cierto porcentaje de radiación solar pero solo una parte se convierte en energía y la sobrante se convierte en calor, ese calor es el que causa daños al panel deteriorándolo o incluso hacer que su eficiencia se reduzca, debido a que se produce una saturación de corriente.

Efecto de reflexión y suciedad

Las pérdidas por reflexión se producen en el vidrio o polímero, debido a la diferencia que existe en los índices de refracción, por esta razón la reflexión provoca una caída en la eficiencia. Las empresas que producen los paneles cuentan con diferentes técnicas para evitar esto; una de las técnicas es aplicar una capa anti reflejante, la otra es colocar una película anti reflexión y superhidrofoba para la suciedad.

Factores externos

Estos factores se refieren a las diferentes situaciones que se pueden presentar en un panel solar pero por causas externas, aunque por suerte casi todas estas causas se pueden prevenir, (con excepción a los cambios climáticos) ya que por otra parte, el ángulo de inclinación y el sombreado si se pueden prevenir.

Variaciones en el clima

Estas variaciones hacen referencia a la radiación solar y a la temperatura del ambiente. Cuando se presentan cambios climáticos muy drásticos que afectan al panel haciendo que su generación sea menor o en otras palabras una variación de su punto máximo de potencia, generan una variación en la curva de “corriente-Tensión”.

Existen varias técnicas para asegurarse que panel siempre esté en el punto máximo de potencia, estas técnicas se presentan a continuación.

- Hill climbing (HC).
- Logaritmo de perturbación y observación (P&O).
- Logaritmo de conductancia incremental (INC).
- Redes neuronales.
- Algoritmos genéticos (GA).
- Controladores difusos (FC)

Ángulo de inclinación

El ángulo de inclinación debe ser óptimo, es decir que el panel esté situado perpendicularmente en la dirección de los rayos solares. Y esto resulta un problema debido ya que la mayoría de los paneles son estáticos. Actualmente para lograr que el sol siempre esté perpendicular al panel, se utilizan paneles solares con seguidores bidireccionales de alta precisión y así poder recaudar la mayor cantidad de radiación solar durante el día.

Sombras en la superficie del panel.

Los objetos o cuerpos que se interponen entre el panel y la luz solar causan grandes problemas, debido a que se crea una sombra y eso quiere decir que el panel no será capaz de aprovechar al máximo la luz solar.

Las sombras también pueden causar daños graves a los paneles, sobre todo a los componentes del sistema fotovoltaico pero actualmente ya existe una forma para evitar los daños en los paneles provocados por sombras. Para esto se utilizan diodos.

Mejoramiento de la eficiencia de un panel fotovoltaico

Existen algunos consejos otorgados por las compañías que manufacturan los paneles para que el panel fotovoltaico funcione en óptimas condiciones así como para lograr un buen rendimiento y una buena durabilidad; tales consejos se refieren a la orientación e instalación, al mantenimiento incluyendo limpieza y el prevenir impactos de altas temperaturas.

Orientación e instalación.

Los paneles solares deben instalarse para recibir tanta luz solar como sea posible durante el día. La posición y el ángulo de donde se colocará el panel, son probablemente los detalles más importantes por considerar cuando se instala una matriz solar. Pero si se desea aprovechar al máximo la luz solar, entonces se debe instalar un panel con seguidores de sol. Esto mejorará considerablemente la eficiencia en los paneles, ya que permiten que la matriz solar cambie automáticamente su posición de tal forma que el panel siempre esté perpendicular con respecto al sol.

Mantenimiento incluyendo limpieza

Si se acumula mucha suciedad o nieve en los paneles solares, la eficiencia disminuirá y los circuitos estarán expuestos a daños adicionales. Si no se realiza un mantenimiento y una limpieza regulares, puede ocurrir una falla completa del sistema solar.

Prevenir impactos de altas temperaturas

Durante los meses de verano, los altos niveles de temperatura disminuirán el rendimiento del sistema solar. Si se dejan pocos centímetros de espacio entre los módulos solares y el techo o la tierra, el aire puede moverse libremente y evitar que el calor excesivo afecte la eficiencia de los paneles.

Paneles solares en el 2018

Existen competencias masivas en el mercado de los paneles solares, entre estos destacan dos gigantes del mercado tales como China e India, además de que son los países más contaminadores del mundo, También son dos de los grandes líderes en el desarrollo del aprovechamiento de la energía solar. Esta gran competitividad dará lugar a precios más bajos para paneles solares y soluciones de almacenamiento más eficientes.

Eficiencias de los diferentes paneles que existen en el mercado actual

Un punto importante para seleccionar el panel solar fotovoltaico es la eficiencia, pero se debe saber cómo realizar una comparativa entre todas las marcas que existen en el mercado.

Como ya se mencionó anteriormente, el panel solar con más eficiencia producirá más energía eléctrica que otro panel solar producido de otros materiales pero con las mismas dimensiones dará una eficiencia menor.

La competencia que existe en el mercado de los paneles solares se toma como prioridad la eficiencia, ya que muchas personas e industrias consideran a la eficiencia como el criterio más importante y también como punto para determinar la calidad del panel, en pocas palabras, la eficiencia del panel solar se considerará la habilidad del panel solar de convertir energía a un bajo costo y a un alto nivel de generación de energía, debido a que los paneles solares más eficientes tienen un alto costo y por otra parte los que son menos eficientes tienen un menor costo. Dependerá del consumidor si es que desea generar más energía eléctrica, debido a que el aumento de la producción de electricidad significa que debe comprar menos energía de su servicio público y en algunos estados, también puede generar un mayor ingreso de SREC.

Paneles solares con mejor eficiencia que existen en el mercado de los tipos: Monocristalino, policristalino y de lámina fina, en el 2018

Como se mencionó anteriormente, estos tres tipos de paneles son de los más comerciales y como se verá a continuación, existen varios pros y contras de cada tipo de panel.

Paneles monocristalinos

Este tipo de paneles se caracteriza en el mercado por ser el más eficiente de todos, esto es debido a que los paneles monocristalinos de silicio, son los paneles solares más viejos que se han desarrollado y además estos paneles han tenido un alto desarrollo tecnológico a lo largo de los años. Este tipo de paneles son manufacturados usando el método **Czochralsky**, creando cada módulo a partir de un solo cristal de silicio puro.

Estos tipos de paneles son utilizados normalmente en comercios o residencias, también son usados en sistemas de paneles solares chicos, por ejemplo, se pueden usar para cargar celulares, cámaras digitales, laptops, etc., A continuación, en la Figura 5, se muestra un panel solar monocristalino.



Figura 5 Panel solar Monocristalino

Ventajas de los paneles solares monocristalinos

- Este tipo de paneles pueden durar hasta más de 25 años de operación, debido a su alta pureza de silicio, el cual es muy estable e inerte.
- No le afectan mucho las altas temperaturas, a comparación del policristalino y lámina fina, esto también es debido al silicio.
- Tiene una eficiencia del 15 al 22%
- No requiere tanto espacio en su instalación

Desventajas de los paneles solares monocristalinos

- El costo de estos paneles es muy elevado en comparación a los otros dos tipos de paneles.
- Estos paneles son muy frágiles, por eso no es recomendado utilizar este tipo de paneles en zonas donde abunda la nieve.

Principales marcas en el mercado, que producen paneles monocristalinos.

1.- SunPower.

Esta marca produce los paneles solares monocristalinos más grandes del mundo, esta empresa produce paneles solares de 22.2% de eficiencia y con una alta durabilidad, los paneles son llamados SunPower 22 360W.

LG

La marca de paneles LG, le sigue muy de cerca a la marca SunPower teniendo una eficiencia de 21.1%., el panel NeON R 365W.

Panasonic

Esta marca realiza sus paneles de una manera muy peculiar, los paneles son hechos de silicio cristalino y silicio amorfo, teniendo una eficiencia del 19.7%, en su Panasonic N 330W.

Paneles policristalinos

Este tipo de paneles se caracterizan por tener el mejor precio en el mercado, pero su eficiencia es mala, está hecha de una numerosa cantidad de cristales de silicio unidos entre sí, es por esto que su eficacia es menor a los paneles monocristalinos. Este tipo de paneles pueden ser reconocidos a simple vista por el color azul de sus celdas, tal como se muestra en la Figura 6.

El rango de capacidad de generación de ese tipo de panel es de 5W a 250W e incluso más, debido a que su precio es muy bajo en comparación del monocristalino y el de lámina fina. Este tipo de paneles los adquieren aquellas personas que no desean invertir mucho dinero en paneles solares pero que aun así ellos tengan buenos beneficios de eso, usualmente se usan en residencias y en comercios.



Figura 6 Panel solar policristalino

Ventajas de los paneles policristalinos

- Su manufactura es simple, esto los hace más rentables que los paneles policristalinos.
- Debido al gran desarrollo tecnológico que se tiene en este tipo de paneles, su durabilidad es de 25 años. Es muy similar a los paneles monocristalinos.

Desventajas de los paneles solares policristalinos

- Requiere mucho espacio para producir la misma cantidad de energía eléctrica, que se tendría con solamente un panel solar monocristalino.
- Debido a que estos paneles contienen una menor cantidad de silicio puro, su eficiencia es baja y ronda entre los 13 y 17%.

Principales marcas en el mercado, que producen paneles policristalinos

TrinaSolar

TrinaSolar es una empresa China, la cual se enfoca en la calidad y el funcionamiento de sus paneles, el panel más versátil que tiene esta empresa es el ALLMAX-PD05.08 280W, este panel cuenta con una eficiencia de 17.1%, tiene una gran durabilidad y un mejor balance del sistema de componentes.

YingliSolar

Esta empresa se enfoca en la construcción de grandes plantas generadoras de energía eléctrica por medio de sus paneles solares, cuentan con un panel solar cuya eficiencia es de 16%.

Paneles capa fina

Estos tipos de paneles no están hechos de silicio, de tal forma que su eficiencia no es alta, el uso de este tipo de paneles es muy interesante ya que estos paneles están hechos para situaciones donde no se requiere mucha energía eléctrica pero que sí se requiere mucha flexibilidad y portabilidad.

De tal forma que el plus de este tipo de paneles es que son portables y tienen un peso muy ligero, estos paneles están hechos de materiales de la más última generación.

El peso de estos paneles solares es de 10-oz /m² (3.05151727 kg / m²), pueden ser instalados en superficies donde no se soporte mucho peso, un panel solar de lámina fina es como el que se muestra en la siguiente Figura 7.



Figura 7 Panel solar de capa fina

Ventajas de los paneles de capa fina

- Es mucho más barato que los paneles cristalinos, además de que su proceso de fabricación es muy fácil.
- Su funcionamiento no se ve tan afectado por las altas temperaturas.
- Se pueden usar como cubiertas flotantes de depósitos solares para ayudar a reducir la evaporación del agua y al mismo tiempo, proporcionar energía limpia y renovable para filtrar y mover el agua.

Desventajas de los paneles de capa fina

- Este tipo de paneles es mucho menos durable que los cristalinos, su degradación es muy rápida.
- La eficiencia de este tipo de paneles es de 7-13%. Estos paneles requieren un gran espacio para poder generar una cantidad de energía eléctrica decente. Es por eso que no es tan rentable para situaciones donde se requiere mucha energía.

Principales marcas en el mercado, que producen paneles de capa fina

1.- Stion

Esta empresa es la líder en el mercado de los paneles solares de capa fina, sus paneles solares tiene un rendimiento del 50% en rendimiento de sombras, en comparación a los cristalinos.

2.- Solopower

Esta empresa es pionera en la producción de los paneles solares ultra ligeros y más flexibles del mercado, además con un alto rendimiento.

Referencias

Arencibia G. (2016). La importancia del uso de paneles solares en la generación de energía eléctrica. Septiembre 9, 2016, de REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria Sitio web: <http://www.redalyc.org/pdf/636/63647456002.pdf>

Solar Energy International (SEI). 2007. Fotovoltaica manual de diseño e instalación. Pérez, B. H. (Trad.). New Society Publishers. Gabriola Island, Canada. 325 p.

Abu-Khader, M. M.; Badran, O. O. and Abdallah, S. 2008. Evaluating multi-axes sun-tracking system at different modes of operation in Jordan. Renewable and sustainable energy reviews. 12: 864-873.

Arreola R., Quevedo A., Castro M., Bravo A. & Reyes D.. (2015). Diseño, construcción y evaluación de un sistema de seguimiento solar para un panel fotovoltaico. nov/dic, 2015, de Revista mexicana de ciencias agrícolas.

Sebastián E. (febrero 5, 2018). Calculo en eficiencia de módulos fotovoltaicos. Marzo 1, 2018, de ES Sitio web: <http://eliseosebastian.com/ejemplos-calculo-eficiencia-de-modulos-fotovoltaicos/>

Sebastián E. (enero 22, 2018). Rendimiento u eficiencia energética de una célula o panel solar. Marzo 1, 2018, de ES Sitio web: <http://eliseosebastian.com/calcular-eficiencia-de-paneles-solares-fotovoltaicos/>

Sebastián E.. (enero 20, 2018). Análisis de la curva I-V en paneles fotovoltaicos. Marzo 1, 2018, de ES Sitio web: <http://eliseosebastian.com/analisis-de-la-curva-iv-en-paneles-fotovoltaicos/>

Delta volt. (2018). Paneles Solares, Tipos y Eficiencias. Enero 7, 2018, de Delta Volt Sitio web: <http://deltavolt.pe/energia-renovable/energia-solar/paneles-solares>

Cepeda, Juan. Sierra, Adriana. (2017). Aspectos que afectan la eficiencia en los paneles fotovoltaicos y sus potenciales soluciones. Abril 04, 2018, de Universidad Santo Tomás Sitio
web:<http://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/4196/cepedajuan2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>