

## La importancia de la certificación de Módulos Fotovoltaicos: Normas y Evaluación de la Conformidad

A Sánchez-Juárez, R Santos-Magdaleno, T Ruíz Sánchez, D Martínez Escobar,  
P A Sánchez-Pérez, J Ortega-Cruz

Unidad de Asistencia Fotovoltaica, Instituto de Energías Renovables, Universidad Nacional  
Autónoma de México

Priv. de Xochicalco s/n, Col. Centro, CP 62580, Temixco, Morelos

Se considera al Efecto Fotovoltaico (EFV) como el proceso más limpio entre todas las tecnologías para producir electricidad. El tipo de electricidad es *corriente continua* y esta se genera cuando los rayos de luz inciden sobre dispositivos optoelectrónicos llamados *celdas solares*, las cuales, son la unidad mínima de conversión del EFV. Las *celdas solares* se construyen usando materiales semiconductores siendo los siguientes, los más desarrollados comercialmente en aplicaciones terrestres: silicio mono cristalino (m-Si), silicio poli cristalino (p-Si), silicio amorfo (a-Si), telurio de cadmio (CdTe) y cobre-inidio-galio-selenio (CIGS). Dado que la potencia que generan las celdas solares es muy pequeña, estas se conectan en serie o en paralelo para integrar lo que se conoce con el nombre de *módulo fotovoltaico* (MFV).

La figura 1 muestra un conjunto de fotografías, a manera de ejemplo, de las diferentes tecnologías fotovoltaicas disponibles en el mercado abarcando eficiencias de conversión desde el 6% hasta el 22%.

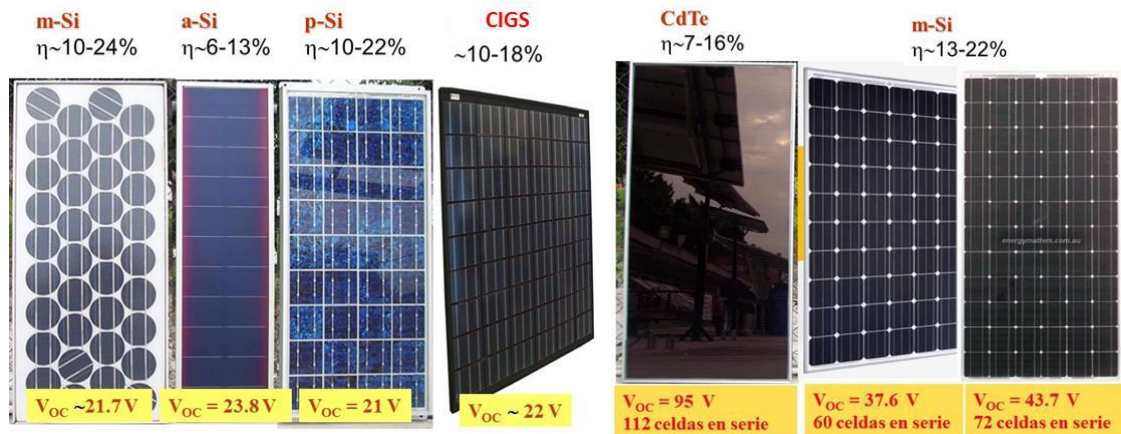


Figura 1: Tecnologías Fotovoltaicas disponibles en el mercado (silicio monocristalino, m-Si; silicio policristalino; p-Si; silicio amorfo; a-Si; Cobre-Indio-Galio-Selenio; CIGS; Telurio de cadmio; CdTe)

A raíz de los proyectos de promoción y fomento para implementar la *tecnología fotovoltaica* (TFV) para la electrificación rural que se han impulsado en nuestro país desde 1984 a la fecha, y derivado de una reducción considerable en el costo de ella, actualmente se ha observado que hay un gran incremento de instalaciones fotovoltaicas. Las podemos ver en las zonas urbanas en aplicaciones en luminarias de alumbrado público, techados de estacionamiento de centros comerciales y parques recreativos, en casas habitación e incluso en universidades, institutos y centros de investigación. Así mismo, en las zonas rurales se encuentran en aplicaciones para bombeo de agua con fines de abreviar ganado, agua potable y riego, radio comunicación, repetidoras telefónicas, telesecundarias, señalamiento marino, etc.

Por otra parte, como una consecuencia de que el gobierno ha implementado leyes a favor del uso de energías renovables, la nueva reforma energética y las subastas de energía realizadas en el año 2016, se han instalado en el país alrededor de 388.0 MW de potencia pico fotovoltaica,

incluyendo los sistemas de pequeña, mediana escala (Generación distribuida) y los sistemas de más de 0.5 MW (Generadores). Según el reporte de avance de energías limpias de la SENER, la tendencia de crecimiento de las instalaciones fotovoltaicas es el que se muestra en la figura 2.

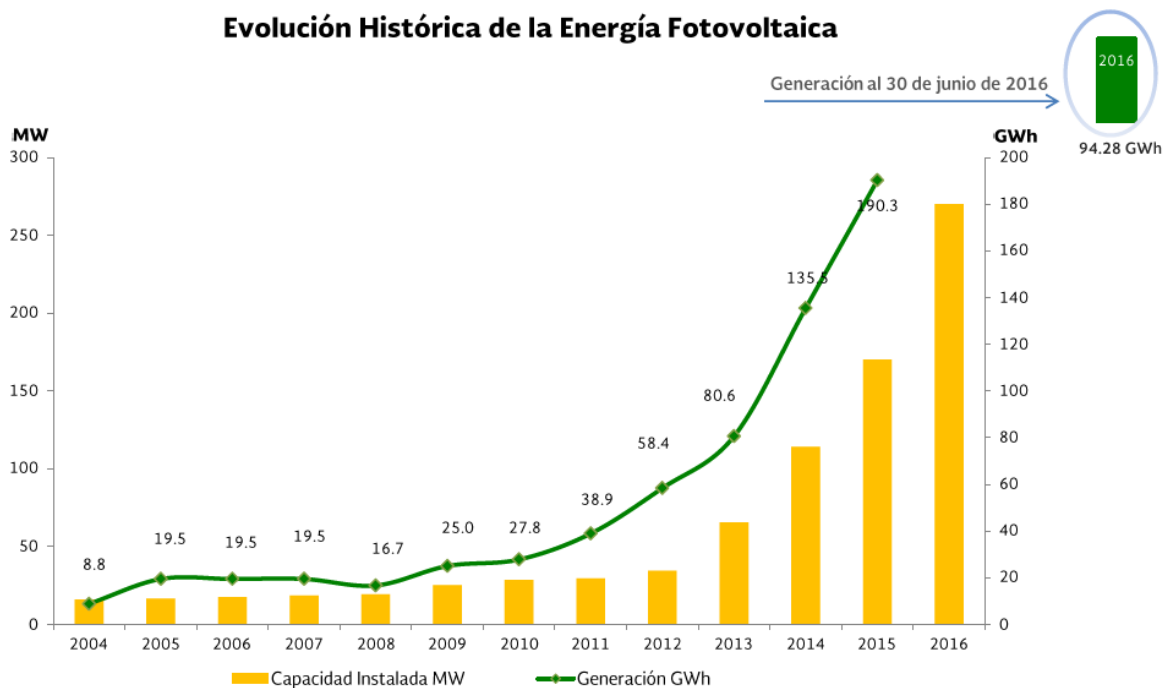


Figura 2: Evolución Histórica de la Energía Fotovoltaica. Reporte de avance de energías limpias primer semestre 2016. Pg. 19.

Sin embargo y como resultado de la 1ª. Y 2ª. Subasta Eléctrica, a inicios del 2017 se comenzaron a construir 7 grandes proyectos de Parques Solares con una potencia total de 1,739.6 MW (350 MW en El Llano, Ags.; 30.0 MW Cd. Juárez, Chih.; 231.4 en Villa Arreaga SLP; 136.2 en Hermosillo, Son.; Proyectos Villanueva con 754.0 MW en el Estado de Coahuila; y Proyecto Don José con 238.0 MW en el Estado de Guanajuato) lo cual significa que, a mediados de 2018, se tendrá una capacidad instalada superior a 2.0 GW. Además, según la Gaceta Ecológica de la SEMARNAT (2017), en el transcurso de éste año, han sido sometidos 12 proyectos de Plantas Fotovoltaicas por un monto de 1,589 MW para su evaluación del impacto ambiental, que si son aprobadas, se tendrá para fines del 2020 una potencia instalada del orden de los 3.5 GW.

Así, encontramos que muchas empresas e Industrias mexicanas han valorado como una oportunidad de negocio este ramo, adentrándose tanto en la fabricación, importación, comercialización, venta e instalación de módulos como en los componentes complementarios del Sistema. Según datos encontrados en la red electrónica, hay 8 empresas nacionales que fabrican módulos fotovoltaicos con una producción aproximada de 70.0 MW anuales y más de 190 comercializadores e instaladores de sistemas fotovoltaicos. De igual forma, vemos ya en los estantes de las grandes cadenas comerciales, diversos módulos fotovoltaicos disponibles a “precios accesibles”, de muy diversas marcas y países productores.

Los fabricantes de las Tecnologías Fotovoltaicas promueven sus productos con las características de ser confiables, seguros y de larga duración, con garantías típicas de 20 a 25 años sobre su desempeño eléctrico al 80% de la potencia pico adquirida, lo que determina el concepto de Ciclo de Vida Útil de la tecnología; y se comercializan o venden, con un precio (\$) basado en el

concepto de Watt pico ( $W_p$ ), potencia máxima que produce el MFV bajo las condiciones estándares de prueba (STC)<sup>1</sup>.

Sin embargo, aunque se tenga un certificado de garantía, las grandes preguntas que el usuario común se hace son: ¿Cómo saber si el MFV que se adquiere produce la Potencia Pico que se compra?; ¿Cómo saber si al pasar determinado tiempo de operación, el MFV produce la potencia pico esperada por la garantía?; ¿Cómo se estima la vida útil de un módulo fotovoltaico?; ¿Cuál es la certeza sobre la seguridad eléctrica del producto?

Todas estas preguntas están relacionadas con el concepto de “calidad”, por lo que ahora uno puede preguntarse lo siguiente: ¿Cómo saber si el módulo fotovoltaico que se instala es de reconocida calidad?, ¿Cómo se mide la calidad de un módulo fotovoltaico?; y para su contestación, debemos considerar el proceso de fabricación de un MFV, sus componentes, y como se debe elegir la calidad de ellas, ya que ello impactará en la calidad del producto fabricado.

Independientemente de la tecnología, un MFV está integrado por un circuito eléctrico de celdas solares eléctricamente idénticas, conectadas en serie (caso común). Como éstas son muy frágiles, debe proveérseles de un medio mecánico que les dé soporte y protegérseles del ambiente (humedad, polvo, salinidad, etc.). Para esto, se usa un vidrio templado y polímeros que permiten armar un “laminado” el que se encapsula al vacío. Dicho “laminado” se monta en un marco metálico, usualmente aluminio anodizado, que provee el medio mecánico de manejo e instalación en una estructura para su respectiva orientación e inclinación. La figura 3 muestra un corte transversal de las componentes de un MFV.

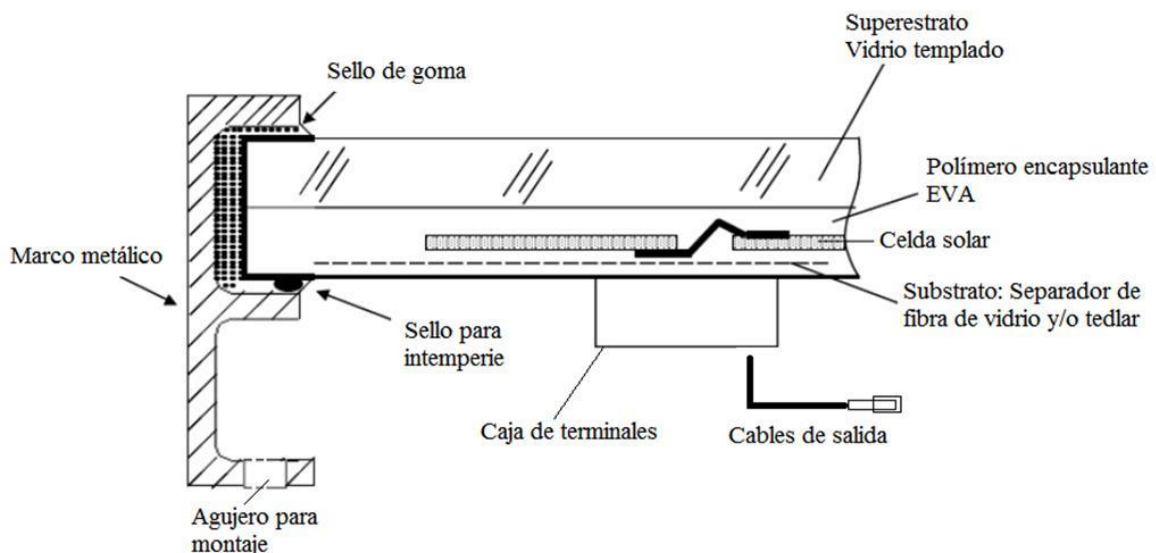


Figura 3: Corte transversal de un MFV mostrando sus componentes

El desempeño eléctrico del MFV depende de las celdas solares que lo integran: celdas de alta eficiencia de conversión crearán un MFV de alta eficiencia; pero el desempeño de dicho producto, a lo largo del tiempo, dependerá de la manera en que las componentes que integran al MFV aíslan a las celdas del ambiente, y esto depende de la calidad de los materiales que proveen el aislamiento así como el cuidado y manera en que se realizó el encapsulado. Burbujas de aire y moléculas de agua dentro del encapsulado aunado a temperaturas típicas de

<sup>1</sup> STC: Standard Test Conditions.- Se hace incidir una densidad de potencia de la radiación solar de 1,000  $W/m^2$ , manteniendo la temperatura de las celdas solares a 25°C

operación mayores de 45°C, desencadenan mecanismos de degradación como lo son corrosión, delaminación, oscurecimiento del polímero encapsulante, *babas de caracol*, y otros fenómenos que afectan el desempeño eléctrico del MFV. La figura 4 muestra fotografías de varios de los fenómenos típicos asociados a una mala calidad del MFV.

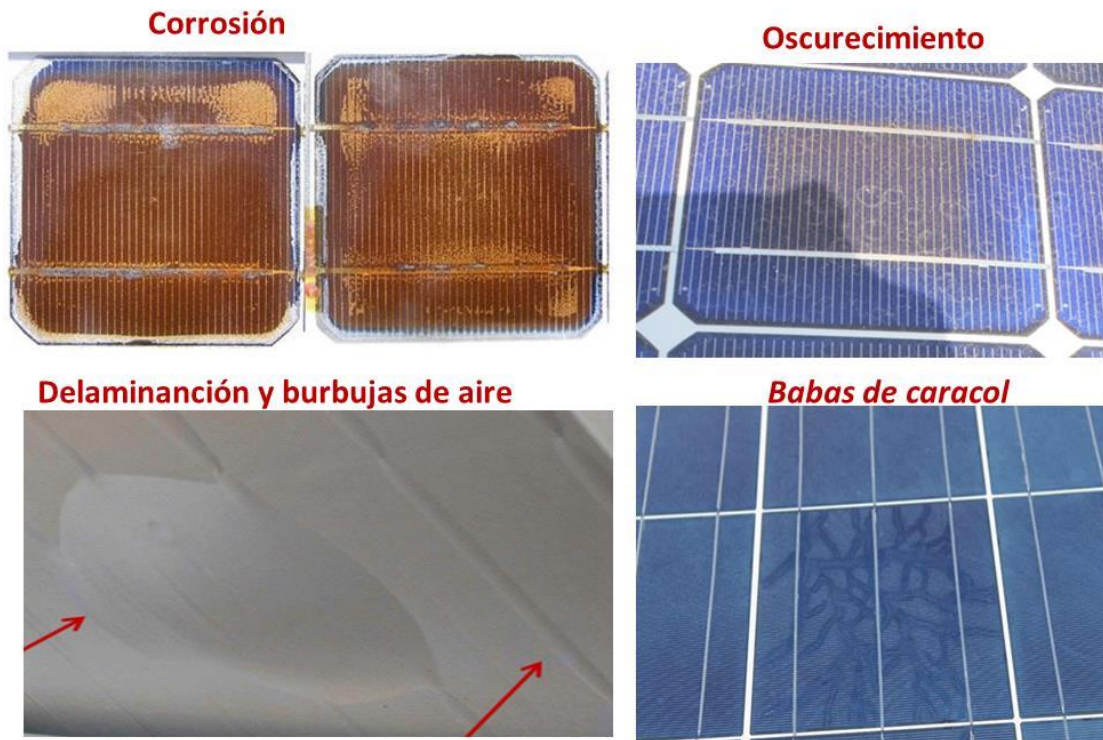


Figura 4: Fotografías de mecanismos de degradación más comunes en los MFV's.

Por otra parte, se debe considerar que la TFV genera electricidad y en consecuencia, su uso conlleva riesgos para la salud, principalmente los asociados a la electricidad, por lo cual, las instalaciones fotovoltaicas deben satisfacer las regulaciones normativas nacionales relacionadas con dicho proceso, en concreto, la Norma NOM 001 SEDE 2012 Instalaciones eléctricas (utilización). Además, en el caso de los sistemas fotovoltaicos interconectados a la red, sus componentes y el diseño mismo, deben satisfacer las regulaciones vigentes emitidas por la Comisión Reguladora de Energía para tener un sistema que sea seguro y confiable tanto para el usuario como para la Red Eléctrica de Distribución del Sistema Eléctrico Nacional.

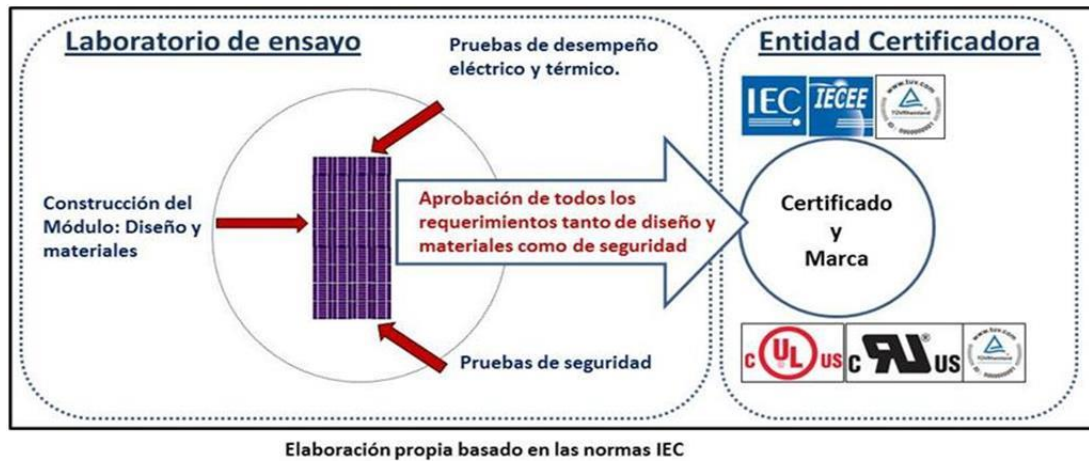
Pero ¿cómo podemos asegurar la seguridad eléctrica?, es decir, ¿cómo podemos minimizar el riesgo de cortocircuito, sobrecalentamiento de componentes con posibilidad de incendio, descargas eléctricas, etc.?

Como respuesta a esta inquietud, organismos nacionales e internacionales relacionados con la calidad de productos eléctricos, en este caso, de productos fotovoltaicos, han emitido normas para la fabricación de módulos fotovoltaicos y de evaluación sobre el desempeño eléctrico y durabilidad con el objeto de tener productos comerciales que sean durables, confiables y seguros. El organismo internacional facultado para la emisión de dichas normas es la International Electrotechnical Commission, IEC; mientras que en nuestro país, la responsabilidad recae en la Asociación de Normalización y Certificación, ANCE.

Las normas internacionales que rigen la construcción de los módulos fotovoltaicos así como los métodos de prueba son las siguientes:



La siguiente figura muestra el esquema de pruebas a las que deben someterse los módulos fotovoltaicos para demostrar su desempeño eléctrico, durabilidad y seguridad durante su ciclo de vida útil.



Pruebas mecánicas	Pruebas ambientales	Pruebas eléctricas
Carga viento 2400 Pa, carga estática 5200 Pa	Ciclos térmicos: 50 and 200	Aislamiento, corriente de fuga
Impacto de granizo	Prueba calor-húmedo: 1000 h	Continuidad
Robustez en las terminales	Ciclos humedad-congelación: 50	Accesibilidad
Robustez en las cajas de conexión	Resistencia a radiación UV	Diodos de paso
	Resistencia a Puntos calientes	Propagación de fuego

Figura 6: Pruebas para la certificación de módulos fotovoltaicos.

En nuestro país, las normas IEC mencionadas anteriormente han sido homologadas como Normas Mexicanas NMX, y se han clasificado como sigue:

- NMX-J-618/1-ANCE-2010 (IEC 61730-1) – Evaluación de la seguridad en módulos fotovoltaicos (FV)-Parte 1: Requisitos generales para construcción.
- NMX-J-618/2-ANCE-2011 (IEC 61730-2) – Evaluación de la seguridad en módulos fotovoltaicos (FV)-Parte 2: Requisitos para pruebas.
- NMX-J-618/3-ANCE-2011 (IEC 61646) - Evaluación de la seguridad en módulos fotovoltaicos (FV)-Parte 3: Requisitos para módulos fotovoltaicos de película delgada-Calificación del diseño.
- NMX-J-618/4-ANCE-2011 (IEC 61215) - Evaluación de la seguridad en módulos fotovoltaicos (FV)-Parte 4: Requisitos para módulos fotovoltaicos de silicio cristalino-Calificación del diseño.
- NMX-J-643/1-ANCE-2011 (IEC 60904-1) - Dispositivos fotovoltaicos-Parte 1: Medición de la característica corriente-tensión de los dispositivos fotovoltaicos.
- NMX-J-643/2-ANCE-2011 (IEC 60904-2) - Dispositivos fotovoltaicos-Parte 2: Requisitos para dispositivos solares de referencia.
- NMX-J-643/3-ANCE-2011 (IEC 60904-3) - Dispositivos fotovoltaicos-Parte 3: Principios de medición para dispositivos solares fotovoltaicos terrestres (FV) con datos de referencia para radiación.
- NMX-J-643/5-ANCE-2011 (IEC 60904-5) - Dispositivos fotovoltaicos-Parte 5: Determinación de la temperatura equivalente de la celda (ECT) de dispositivos fotovoltaicos (FV) por el método de tensión de circuito abierto.
- NMX-J-643/7-ANCE-2011 (IEC 60904-7) - Dispositivos fotovoltaicos-Parte 7: Cálculo de la corrección del desajuste espectral en las mediciones de dispositivos fotovoltaicos.

- NMX-J-643/9-ANCE-2011 (IEC 60904-9) - Dispositivos fotovoltaicos-Parte 9: Requisitos para la realización del simulador solar.
- NMX-J-643/10-ANCE-2011 (IEC 60904-10) - Dispositivos fotovoltaicos-Parte 10: Métodos de mediciones lineales.

Pero no basta tener dichos instrumentos normativos. Para que el usuario pueda confiar en las bondades de la TFV, los fabricantes y comercializadores del producto FV deben demostrar su calidad con un “*certificado de conformidad*”; en consecuencia, ellos deben someter sus productos, de manera voluntaria, a una serie de pruebas de laboratorio basadas en las normas nacionales o internacionales a través de las cuales se verifica el desempeño eléctrico, la seguridad y la durabilidad del producto FV. Dichas pruebas las debe realizar organismos de tercera parte facultado para dicha actividad, llamados *Laboratorio de Ensayo*, y el dictamen ser avalado por una *Entidad Certificadora* que acredita la veracidad del dictamen.

Por los motivos anteriores, en diferentes países se ha impulsado la creación y consolidación de *Laboratorios de Ensayo acreditados* que evalúen la conformidad de los productos y componentes fotovoltaicos, así como de *Entidades de Certificación* que acrediten el cumplimiento de las normas. A la fecha, en nuestro país, no existe un *Laboratorio de Ensayo* acreditado que realice dichas evaluaciones y ***El Laboratorio Nacional de Evaluación Fotovoltaica, LANEFV***, que se está implementando en el Instituto de Energías Renovables de la Universidad Nacional Autónoma de México, IER-UNAM, dentro del marco de proyectos del CeMIE-Sol, está llenando el vacío actual que se tiene para la *Evaluación de la Conformidad* de Módulos Fotovoltaicos y proporcionará el servicio que los fabricantes, comercializadores y usuarios de la TFV están demandando y requiriendo.

Para su comercialización, los MFV deben tener una etiqueta de identificación, tal y como se contempla en la Norma EN 50380 *Datasheet and nameplate information of photovoltaic module*, la que debe contener referencias o datos respecto de su desempeño eléctrico, seguridad, confiabilidad y durabilidad. Además, la etiqueta debe incluir el logotipo del Organismo de Certificación que ha constatado, mediante las pruebas de aceptación, el cumplimiento de las normas, y en consecuencia, ha emitido el certificado de calidad o certificado de la conformidad. Logos de dichas organizaciones se muestran en la figura 6.



Figura 7: Logos de entidades de certificación de módulos fotovoltaicos.

Si bien, la certificación conlleva a costos adicionales al producto, en una fábrica con niveles típicos de producción de 24.0 MW al año, el precio de la certificación para un lote de ese tipo puede ser del orden de usd\$0.05/Watt.

En conclusión, la finalidad del proceso de la certificación es garantizar a los usuarios que el producto fotovoltaico cuente no sólo con la calidad y durabilidad requeridas por ellos, sino que también posean características de seguridad y confiabilidad tanto para la prevención de accidentes como la ocurrencia de fallas en el sistema o daños a la propiedad. De esta manera, el significado de la certificación se debe entender como sigue:

Un “módulo certificado” es aquél que ha superado con éxito las pruebas específicas en materia de Seguridad y Calidad.

El “certificado” hace referencia a las características comprobadas del producto y enumera las normas conforme a las cuales se han desarrollado las pruebas.

Para el comprador, este certificado crea una confianza a la hora de la toma de decisión para adquirir el producto.

Con el “certificado” el comprador ya no depende sólo de la información suministrada por el fabricante sino que se puede fiar del dictamen de una entidad de certificación neutral.

Para el fabricante significa que su producto ha sido fabricado con componentes de calidad y que su línea de producción fabrica productos confiables, seguros y durables.

Adicionalmente, la certificación de producto promueve que el mercado de la industria Fotovoltaica se desarrolle de una manera confiable y sustentable, así mismo impulsa la competitividad nacional e internacional de las empresas nacionales que fabrican o comercializan estos productos.

Dado que el mercado actual fotovoltaico está constituido por un número muy grande de fabricantes que ofertan una gran variedad de modelos y pese a que se tiene un marco de referencia normativo, se puede encontrar módulos fotovoltaicos con etiquetas de identificación carentes del sello de certificación. Se estima que sólo el 40% del producto FV que se comercializa está certificado.

Dado que los Sistemas Fotovoltaicos interconectados a la red se diseñan con tensiones superiores a los 220 VDC, el riesgo de fugas de corriente o tensión de las instalaciones realizadas con Módulos Fotovoltaicos NO CERTIFICADOS es alto. Por tal motivo y para garantizar la seguridad eléctrica de los usuarios de sistemas fotovoltaicos, se emite una exhortación para que los fabricantes nacionales certifiquen su producto, y a los integradores de dichos sistemas, que usen módulos certificados.