



FORMACION DE INSTALADORES FOTOVOLTAICOS

**Definición del marco profesional de instaladores
fotovoltaicos y desarrollo de la metodología de
formación**

***Catálogo de fallos comunes y prácticas inadecuadas
en la instalación y mantenimiento de sistemas
fotovoltaicos
(WP2 -D2.6, ver1)***



PVTRIN: El alcance del proyecto PVTRIN es el desarrollo de una formación y un plan de certificación para los técnicos, de acuerdo con las normas y criterios comúnmente aceptados, centrado en la instalación y mantenimiento de sistemas fotovoltaicos a pequeña escala.

Los resultados esperados son: cursos de formación acreditados y un plan de certificación operativo para instaladores de energía fotovoltaica en 6 países participantes, material de formación práctica / herramientas para los instaladores y sus formadores, portal web con acceso a información técnica sobre instalaciones fotovoltaicas e integradas en edificios; implementación de 8 cursos piloto de formación, un grupo de instaladores fotovoltaicos cualificados/certificados según PVTRIN, una hoja de ruta para la adopción del esquema de certificación en toda Europa.

A largo plazo, PVTRIN contribuirá al crecimiento del mercado fotovoltaico (sobre suelo y en la edificación) en los países participantes, proporcionará un instrumento de apoyo a los Estados Miembro (EM) de la Unión Europea (UE) en el cumplimiento de su obligación de puesta en marcha de un sistema de certificación reconocido por los instaladores de energías renovables antes del 31/12/2012. Además, reforzará los esfuerzos de los EM para lograr el objetivo de obligado cumplimiento de una participación del 20% de la energía de fuentes renovables en el consumo total de energía para el 2020. El PVTRIN está co-financiado por el programa Energía Inteligente - Europa (EIE).

COORDINADOR DEL PROYECTO

Dr. Theocharis Tsoutsos, Renewable and Sustainable Energy Systems Lab.
Environmental Engineering Dpt., TECHNICAL UNIVERSITY OF CRETE (TUC)

SOCIOS DEL PROYECTO

Agency of Brasov for the Management of Energy & Environment (ABMEE)	Rumania
Building Research Establishment Limited (BRE)	UK
Energy Institute Hrvoje Požar (EIHP)	Croacia
European Photovoltaic Industry Association (EPIA)	EU
Scientific and Technical Chamber of Cyprus (ETEK)	Chipre
Sofia Energy Centre (SEC)	Bulgaria
Technical Chamber of Greece -Western Crete (TEE)	Grecia
Tecnalia Research & Innovation (TECNALIA)	España

LIDER DEL PAQUETE DE TRABAJO

Renewable and Sustainable Energy Systems Lab.
Environmental Engineering Dpt., TECHNICAL UNIVERSITY OF CRETE (TUC)

LIDER DE LA TAREA - EDITOR DEL DOCUMENTO

European Photovoltaic Industry Association (EPIA)
Equipo de trabajo: Pieterjan Vanbuggenhout, Manoël Rekinge, Gaetan Masson (EPIA)

CO-AUTORES

Assoc. Prof. Theocharis Tsoutsos, Zacharias Gkouskos, Stavroula Tournaki (TUC)



AVISO LEGAL

La responsabilidad única del contenido de esta publicación corresponde a sus autores. No refleja necesariamente la opinión de la Comunidad Europea. La Comisión Europea no es responsable del uso que pueda hacerse de la información contenida en él. Se autoriza la reproducción siempre que se cite la fuente.

pvtrin@pvtrin.eu, www.pvtrin.eu

Índice

1	Alcance del entregable	4
2	Introducción – La fotovoltaica, una tecnología fiable.....	5
2.1	Un poco de historia	5
2.2	Pocos fallos en instalaciones fotovoltaicas antiguas	5
2.3	La calidad de los equipos ha mejorado rápidamente.....	5
2.4	Conclusión	6
3	La fotovoltaica en todas sus variedades	6
3.1	Gran variedad de ubicaciones y aplicaciones	6
3.2	Gran variedad de componentes	7
3.3	Gran variedad de requisitos a nivel nacional	8
4	Fallos comunes y prácticas inadecuadas.....	9
4.1	Selección de la ubicación	11
4.2	Diseño y planificación del sistema.....	11
4.3	Instalación física de los componentes	12
4.4	Seguridad.....	12
4.5	Servicio, incluyendo inspección y mantenimiento.....	15
5	Listado de fallos comunes y prácticas inadecuadas.....	16
6	Referencias.....	19

1 Alcance del entregable

Este documento consiste en un catálogo de los errores y prácticas inadecuadas más comunes obtenidas de la experiencia de los actores clave de la industria fotovoltaica, ingenieros, constructores y propietarios de plantas fotovoltaicas. Este catálogo se actualizará periódicamente a lo largo de la vida del proyecto con la participación de las asociaciones industriales.

La intención de este catálogo es la recolección de los errores más importantes que pueden aparecer durante la instalación de un sistema fotovoltaico con el fin de que los instaladores pueden reconocerlos y evitarlos. Así, este catálogo será útil no sólo para los cursos de formación, sino sobre todo como una referencia para los instaladores cuando sea necesario.

Este entregable ha sido desarrollado con la contribución de los actores de la industria fotovoltaica y el apoyo de un grupo de sus miembros de EPIA¹.

Como comentario general, los fallos más comunes no se dan debido a las malas prácticas en una determinada fase de la instalación, sino que son una combinación o acumulación de acciones no óptimas en las diferentes etapas o simplemente debido a la comunicación incorrecta o inadecuada entre los diseñadores e instaladores.

Para evitar este tipo de fallos, el sector fotovoltaico necesita personal diversificado y cualificado. Una mano de obra cualificada exige una formación y sistema de certificación adecuados.

¹ La Asociación Europea para la Industria Fotovoltaica (EPIA) es la asociación de la industria fotovoltaica más grande en el mundo, con miembros activos a lo largo de toda la cadena de valor solar fotovoltaica desde la producción de silicio hasta el diseño de sistemas fotovoltaicos.

2 Introducción – La fotovoltaica, una tecnología fiable

2.1 Un poco de historia

Las primeras aplicaciones terrestres fotovoltaicas se llevaron a cabo a comienzos de la década de 1970 - sobre todo los sistemas aislados y no eran muy numerosas. No fue hasta finales del siglo pasado cuando la escala del mercado fotovoltaico comenzó a ser importante, y no fue hasta 2004 cuando la capacidad fotovoltaica anual instalada alcanzó más de 1 GW.

Como tal, la fotovoltaica puede ser considerada como una tecnología bastante "joven" en comparación con otras fuentes de generación de energía convencionales. Sin embargo, el efecto fotovoltaico fue descubierto en 1839 y desde entonces se ha realizado una amplia investigación. Las primeras investigaciones se dedicaron a crear aplicaciones para el mundo real (espaciales y más tarde terrestres), mientras que más tarde se centraron en la mejora de la calidad, fiabilidad y seguridad de la tecnología. Aún hoy, la industria fotovoltaica está invirtiendo una amplia parte de sus ingresos en investigación y desarrollo.

2.2 Pocos fallos en instalaciones fotovoltaicas antiguas

La Sociedad Alemana de Energía (en alemán DGS) ha resumido un análisis realizado por Fraunhofer ISE y KfW sobre los fallos en sistemas instalados en Alemania en el programa de 1000 y 100.000 tejados. Descubrieron en primer lugar que un fallo total de los sistemas fotovoltaicos es extremadamente raro. Por otra parte, al parecer, en la mayoría de los casos en que hubo un fallo estaba relacionado claramente con los equipos.

2.3 La calidad de los equipos ha mejorado rápidamente

Hoy en día, la mayoría de los equipos han mejorado sustancialmente en términos de calidad y seguridad. También los requisitos de validación se definen mejor que antes y los procesos de testeo están más estandarizados. A continuación (Tabla 1) se presentan algunos ejemplos de áreas donde se han producido problemas. También se explica cómo ha mejorado la fiabilidad en estas áreas - ya sea a través de la estandarización, las garantías o mejoras en los productos:

Tabla 1: Problemas de calidad en los sistemas fotovoltaicos (DGS, 2008)

Problemas relacionados con los equipos fotovoltaicos		
Módulos fotovoltaicos	Cables CC y conectores	Inversores fotovoltaicos
Estandarización IEC (IEC 61215, IEC 61646, IEC 62108 & IEC 61730)	Estandarización mejorada	Estandarización IEC (IEC 62109)
Vida útil garantizada por los fabricantes de módulos fotovoltaicos (90% después de 10 años y el 80% después de 25 años)	Aumento en la variedad de conectores	
	Vida útil de los cables mejorada, actualmente 45 años	
	Disponibilidad en el mercado de protecciones para cables.	
	Monitorización de aislamiento por los inversores	
	Interruptores (CA o CC)	
Problemas relacionados con la planificación, diseño e instalación		
No hay juntas de dilatación: disponibilidad de nuevas estructuras de montaje y juntas flexibles		
Metales incompatibles		
Dimensionamiento incorrecto del inversor FV / cables: disponibilidad de nuevas herramientas de simulación y diseño		

2.4 Conclusión

Esto muestra claramente que en lo que se refiere a los fallos relacionados con los sistemas fotovoltaicos, la atención, actualmente se ha alejado de los componentes. Hoy en día, lo que hay que seguir mejorando es la planificación, diseño e instalación física del sistema más que la fiabilidad y el rendimiento de los componentes en sí.

3 La fotovoltaica en todas sus variedades

Durante la instalación de un sistema fotovoltaico, hay que tener en cuenta un número considerable de elementos.

3.1 Gran variedad de ubicaciones y aplicaciones

En primer lugar, existen una gran variedad de ubicaciones - por ejemplo en el caso de pequeñas instalaciones sobre tejado existen tejados inclinados o planos, diferente orientación e inclinación, etc. Además, dada la importancia que los gobiernos en general están dando a la integración de la fotovoltaica en edificios (en inglés BIPV, Building Integrated PhotoVoltaics), se están desarrollando nuevos conceptos. Actualmente, la energía fotovoltaica puede ser integrada en las fachadas de los edificios, los productos o elementos fotovoltaicos pueden tener forma de teja, paredes de cristal, ventanas, etc. Por lo tanto, es evidente que la especificidad de cada localización define la planificación y diseño de la instalación fotovoltaica. La siguiente tabla muestra los diferentes tipos de aplicaciones y los relaciona con diferentes segmentos del mercado.

Según el ámbito del artículo 14 de la Directiva de Energías renovables (2009/28/CE) y por lo tanto según el ámbito del Proyecto PVTRIN se han identificado como sistemas de pequeña escala, en primer lugar a todas aquellas instalaciones sobre tejado (en inglés, BAPV, Building Applied PhotoVoltaics) - segunda fila de la tabla 2- y a todos los sistemas integrados (en inglés BIPV, Building Integrated PhotoVoltaics) - tercera fila de la tabla 2. Por supuesto, esta segmentación es sólo indicativa y se basa en las aplicaciones y tamaños de los sistemas que se pueden encontrar actualmente en el mercado.

Tabla 2: Segmentación del actual mercado fotovoltaico en diferentes tipos de aplicaciones y segmentos de mercado (EPIA, 2010)

Segmento de mercado Tipo de aplicación	Residencial	Comercial	Industrial	Grandes plantas
	< 10 kWp	10kWp - 100kWp	100kWp - 1MWp	>1MWp
Sobre suelo			x	x
Sobre tejado (BAPV)	x	x	x	
Integrados en fachada o tejado(BIPV)	x	x		

3.2 Gran variedad de componentes








En segundo lugar, también hay un gran número de componentes en un sistema fotovoltaico. Las partes principales de un sistema de generación de energía solar son:

- Módulos fotovoltaicos para recoger la luz del sol
- Inversor que transforma la corriente continua (CC) en corriente alterna (CA)
- Conjunto de baterías para sistemas autónomos fotovoltaicos
- Estructuras de soporte para orientar los módulos fotovoltaicos hacia el sol

Los componentes del sistema, exceptuando los módulos fotovoltaicos, se conocen con el término en inglés BOS ("Balance Of System").

En el mercado pueden encontrarse **módulos fotovoltaicos** de diferentes tecnologías. Se clasifican como de primera, segunda o tercera generación. La tecnología de primera generación es el silicio cristalino básico (c-Si). La segunda generación incluye tecnologías de capa fina o película delgada (en inglés "thin film"), mientras que la tercera generación se refiere a la energía fotovoltaica de concentración, componentes orgánicos, y otras tecnologías que aún no han sido comercializadas a gran escala. En la Tabla 2 se resumen las diferentes tecnologías fotovoltaicas y su rango de eficiencia (estado de febrero de 2011). Cada tecnología fotovoltaica tiene sus ventajas específicas y por lo tanto se puede utilizar en una u otra aplicación. Por otra parte, debido a que el diseño de un sistema fotovoltaico está muy influenciado por la elección de la tecnología fotovoltaica, el proceso de selección de la tecnología fotovoltaica y el tipo de módulos fotovoltaicos es crítico y requiere un conocimiento suficiente acerca de las tecnologías fotovoltaicas.

Tabla 3: Resumen de tecnologías fotovoltaicas comerciales (EPIA, 2010)

Commercial Module Efficiency							
Tecnología	Capa fina o "Thin Film"					Silicio cristalino	
	(a-Si) 	(CdTe) 	Cl(G)S 	a-Si/μc-Si 	Dye s. cells 	Mono 	Multi 
Rendimiento de célula	4-8%	10-11%	7-11%	7-9%	2-4% (LAB)	13-19%	11-15%
Rendimiento del módulo							
Área necesaria/kW (para módulos)	~15m ²	~9 m ²	~10 m ²	~12 m ²		~7 m ²	~8 m ²

Para instalaciones conectadas a red, el **inversor** es el dispositivo que transforma corriente continua (CC) a nivel de módulo en corriente alterna (CA) para la inyección en la red eléctrica. Como tal, es un elemento crucial para la conexión a red de sistemas fotovoltaicos, independientemente del tamaño de la instalación. El inversor asegura la conexión eléctrica. Actualmente hay varias soluciones disponibles en el mercado, no sólo en cuanto al tamaño del inversor, sino también en cuanto a la forma en que se puede conectar: centralizado, en cada rama (en inglés "multi-string") o incluso en cada módulo ya sea integrado en el módulo o no. Además, otras herramientas adicionales tales como optimizadores de potencia, interruptores,... etc se están integrando cada vez más en los sistemas fotovoltaicos con el fin de mejorar el rendimiento y la seguridad de los sistemas fotovoltaicos bajo ciertas condiciones. Como puede verse, para tener todos estos elementos en cuenta y ser capaz de responder a las demandas cambiantes de los clientes influenciadas por las decisiones políticas y la opinión pública, un instalador / diseñador de sistemas fotovoltaicos debe estar bien informado sobre qué productos están disponibles en el mercado.

Lo mismo ocurre en el **montaje** y **conexión** de los módulos. Numerosas empresas están involucradas en el diseño de estructuras, cables y conectores. Se están desarrollando soluciones a un ritmo muy rápido. Los instaladores tienen que estar al tanto de las especificaciones de los últimos productos con el fin de poder responder a las necesidades del cliente. La formación es por tanto crucial.

3.3 Gran variedad de requisitos a nivel nacional

En tercer lugar, hay diferentes requisitos a nivel nacional y muchos actores a ser tenidos en cuenta. Los instaladores no sólo tienen que estar cualificados para instalar físicamente un sistema fotovoltaico en perfecto estado de funcionamiento, sino que tienen que ser competentes a la hora de tratar con los **clientes** durante el proceso de venta (por ejemplo, para asesorarlos sobre los diferentes mecanismos de apoyo en vigor), con la **administración** durante el proceso de obtención de permisos, y con los **operadores de redes** y otros actores relacionados con la red para la **conexión a red** del sistema

fotovoltaico. Los instaladores deben ser capaces de asesorar al cliente final en todo el proceso hasta que la instalación haya finalizado y esté bien conectada a la red y más allá (en el mantenimiento).

Esto está en consonancia con el **Anexo IV de la Directiva de Energías Renovables**, que insta a los instaladores a recibir formación sobre "la situación del mercado de los productos relacionados con la energía solar y establecer comparaciones relativas a costes y rentabilidad, además de abarcar los aspectos ecológicos, los componentes, las características y el dimensionamiento de los sistemas solares, la selección de sistemas precisos y el dimensionamiento de componentes, la determinación de la demanda de calor, la protección contra incendios, las subvenciones conexas, así como el diseño, la instalación, y el mantenimiento de las instalaciones solares fotovoltaicas".

La industria fotovoltaica considera que "teniendo en cuenta la diversidad de edificios y de requisitos fotovoltaicos en los diferentes estados miembro de la Unión Europea, será muy difícil crear un sistema de certificación homogéneo para toda Europa. Sin embargo, el principio de reconocimiento mutuo de los diferentes sistemas nacionales de certificación requiere que tengan una base común. Por lo tanto, unos requisitos mínimos deben ser redactados y un órgano especializado debe garantizar que todos los sistemas nacionales cumplan con estos" (Posición oficial EPIA – 2010).

Por tanto, la industria apoya la idea de crear una **base común, requisitos mínimos, para todos los estados miembro**. La implementación de los programas de formación será definida y adaptada a nivel nacional. Por el momento, la edificación, los procedimientos administrativos y los requisitos de conexión a red son diferentes en la mayoría de los Estados Miembros de la Unión Europea. Por ello, será difícil desarrollar cursos de formación que aborden todos los temas en todos los Estados miembros, sin adaptaciones a la legislación y marco normativo nacional.

Otra clave reside en la **simplificación de los procedimientos administrativos de conexión a red**. Para una visión general sobre las barreras administrativas existentes en los países de la UE, consulte el proyecto PV LEGAL (www.pvlegal.eu). La Asociación de la Industria Fotovoltaica Europea (EPIA) ha elaborado recomendaciones en relación al crecimiento sostenible del mercado en el que se hacen sugerencias en cuanto a la racionalización de los procedimientos administrativos de conexión a red. Por favor, consulte el Observatorio Fotovoltaico - Recomendaciones de Políticas (www.epia.org/publications).

4 Fallos comunes y prácticas inadecuadas

Dada la enorme variedad y la modularidad de los sistemas fotovoltaicos, es obvio que un número significativo de errores puede darse debido a una formación insuficiente de los instaladores sobre la disponibilidad y parámetros técnicos de los diferentes componentes fotovoltaicos, así como sobre los requisitos nacionales en lo referente a los procesos administrativos, los requisitos de conexión a red y los reglamentos de construcción.

Hay una serie de etapas en el desarrollo de un sistema fotovoltaico en las que pueden ocurrir errores:

- Selección de la ubicación
- Diseño y planificación del sistema:
 - Selección de los componentes
 - Fallos mecánicos
 - Fallos eléctricos

- La instalación física de los componentes
 - Fallos mecánicos
 - Fallos eléctricos
- La seguridad (seguridad personal, así como la seguridad de la instalación, por ejemplo a las exposiciones externas)
- Servicio, incluyendo la inspección y mantenimiento (insuficiente).

Por ejemplo, muchos fallos de instalación de diferente gravedad fueron encontrados en 200 sistemas de los 1000 que fueron inspeccionados en el "Programa de los 1000 Tejados". La Tabla 4 ofrece una visión general sobre el tipo de defecto y la frecuencia de aparición.

Tabla 4: Tipo y frecuencia de los defectos de instalación (IEA –PVPS Task 7, 2002)

Fallos de instalación	Frecuencia (%)
Cableado no fijado mecánicamente	24 %
Falta de disipación de calor de los diodos de paso	60 %
Conexiones de terminales sueltas	5 %
Entrada superior del cable a la caja de conexiones sin sellar	-
Placas de circuito impreso (PCI) rotas en la caja de conexiones	-

Las conexiones sueltas o rotas pueden ser causadas por una instalación deficiente.

En algunos casos se registraron placas de circuito impreso (PCI) rotas en cajas de conexiones, lo que provocó un arco a través de las fisuras. Posiblemente, las roturas fueron causadas por exceso de par o de presión debido a un diseño deficiente del sistema. Dependiendo principalmente de la tensión de funcionamiento, estos defectos pueden conducir a un arco eléctrico y, posteriormente, a la destrucción de la caja de conexiones del módulo.

Los fallos más comunes no se dan debido a las malas prácticas en una determinada etapa del desarrollo de un sistema fotovoltaico, sino que son una combinación o acumulación de acciones no óptimas en las diferentes etapas o simplemente debido a la comunicación incorrecta o inadecuada entre los diseñadores e instaladores.

Para evitar este tipo de fallos, el sector necesita una mano de obra variada y cualificada. Un personal cualificado requiere una formación adecuada y un sistema de certificación.

4.1 Selección de la ubicación

La selección de la ubicación de un sistema fotovoltaico incluye aspectos obvios como la orientación, inclinación y sombreado (incluyendo la predicción de la radiación solar), pero también elementos que son menos evidentes, tales como evaluaciones de impacto ambiental cuando se trata de grandes instalaciones sobre suelo.

Los fallos en la selección inicial del lugar de los **sistemas sobre tejados** son muy raros. La mayoría de los instaladores (así como clientes finales) son conscientes de la importancia de la orientación e inclinación de la instalación fotovoltaica. Apenas veremos instalaciones orientadas al norte en tejados residenciales.

Desafortunadamente, el **sombreado** es un aspecto que es pasado por alto más fácilmente por el diseñador / instalador o no siempre es tenido en cuenta en su totalidad. Por tanto, es importante realizar predicciones detalladas de la radiación solar teniendo en cuenta la orientación, inclinación y todas las posibles sombras de árboles y / o edificios de los alrededores.

En cuanto a los grandes **sistemas sobre suelo**, un aspecto importante es analizar el potencial impacto de una gran planta fotovoltaica sobre la biodiversidad. Por consiguiente, es importante realizar una **evaluación de impacto ambiental** y los resultados de dicha evaluación deben ser discutidos abiertamente con el público, los responsables políticos y todos los demás actores involucrados. Aunque la decisión de seguir adelante con este tipo de proyectos debe ser considerada caso por caso, la Agencia Alemana de Energías Renovables ha publicado un informe "Parques solares - Oportunidades para la biodiversidad".

4.2 Diseño y planificación del sistema.

Las etapas de diseño y planificación implican adoptar decisiones en cuanto al tamaño apropiado del sistema y a la selección de los diferentes componentes. Es importante tener en cuenta los cálculos de la carga estructural y resistencia al viento. Además, se debería hacer hincapié en el dimensionamiento, incluyendo el tamaño y la selección apropiada del inversor, cables, optimizadores de potencia y conmutadores, así como las cajas de conexiones y los transformadores. Esta tarea normalmente termina con un ejercicio de simulación sobre el rendimiento de la futura instalación fotovoltaica, por lo que también requiere conocimiento sobre el software y herramientas de simulación para el modelado del rendimiento.

En sistemas residenciales, es de vital importancia respetar **los códigos de la edificación y de seguridad**, incluyendo las medidas de ventilación del edificio, el acceso de los cuerpos de bomberos, la carga máxima, etc. Cuando el tejado no es apropiado para la instalación de un sistema fotovoltaico, este hecho debe ser simplemente dado a conocer.

Además, la **elección de los componentes** es crítica, especialmente cuando se trata de sistemas fotovoltaicos en una ubicación no óptima, como tejados orientados al oeste o cubiertas planas donde el montaje de los módulos no es una opción debido a las limitaciones de carga. Tener en cuenta las últimas innovaciones es fundamental, por ejemplo, productos especializados para tejados orientados este-oeste, módulos fotovoltaicos ligeros y flexibles, etc.

Hay que ser conscientes que sin una formación suficiente, la probabilidad de errores en esta fase puede ser significativa.

Errores comunes que se encuentran en esta etapa son:

- Estimación incorrecta de la producción de energía.
- Diferentes azimuts o inclinaciones en la misma rama o “string”.
- Ramas o “strings” con módulos de potencia diferente.
- Estabilidad: cálculo deficiente de la carga estructural.
- Dimensionado: por ejemplo, cables subdimensionados.
- No tener suficientemente en cuenta los problemas de sombreado.
- Desadaptación: por ejemplo desadaptaciones entre el generador y la salida del inversor.
- Protección del circuito incorrecta.
- No hay protección contra descargas atmosféricas, puesta a tierra y protección contra sobretensiones.
- No se tienen en cuenta el CTE (Código Técnico de la Edificación) y la reglamentación para la conexión de red.
- Falta de documentación en las etapas finales de diseño (no cumple con el estándar IEC).

Además, está claro que cualquier **cambio de última hora en una de las etapas de diseño** afecta a toda la configuración del diseño del sistema fotovoltaico y puede tener un impacto negativo en el rendimiento o la seguridad de la instalación final.

4.3 Instalación física de los componentes

Este paso requiere normalmente el trabajo conjunto de un instalador de tejado y un electricista. Una vez más, está claro que sin una formación suficiente sobre las particularidades de la energía fotovoltaica, la probabilidad de errores en esta fase puede ser significativa.

Errores comunes que se encuentran en esta etapa son:

- El instalador no sigue el diseño del sistema.
- Ventilación de inversores y de los módulos insuficiente (la zona alrededor del inversor debe mantenerse libre para permitir la buena circulación de aire para la refrigeración adecuada).
- Perforación del tejado sin métodos de sellado adecuados.
- Cableado inadecuado: cables tirantes o flojos.
- Ausencia de etiquetado o etiquetado incorrecto.
- No hay toma de tierra o de protección contra descargas atmosféricas
- No hay intervención en el caso de corrosión.
- Sensores mal colocados.

4.4 Seguridad

Los temas de seguridad incluyen el nivel personal (seguridad de los trabajadores), así como el nivel de producto (seguridad de las instalaciones).

Seguridad de los trabajadores:

Idealmente, un equipo responsable de la instalación de un sistema fotovoltaico debe consistir en un **electricista y un instalador de tejados**. El electricista debe realizar las conexiones eléctricas de continua (CC), así como la conexión a la red, mientras que el especialista en tejados debe tener la suficiente experiencia para gestionar la instalación mecánica de los paneles en el tejado y hacer las interconexiones entre los módulos en la parte de CC. Idealmente, electricistas, instaladores de tejados y otros

trabajadores de la construcción deben poner en común sus conocimientos en un nuevo tipo de trabajo que podría llamarse "instalador solar".

Seguridad de la instalación

Un elemento importante que está siendo también discutido ampliamente en algunos países de la UE es **la protección contra incendios**. En primer lugar, es fundamental entender que en incendios donde existía una instalación fotovoltaica, la causa del fuego fue debida principalmente a fuentes externas y en muy pocas ocasiones se ha registrado que el sistema fotovoltaico fuera la fuente del fuego (la polaridad incorrecta puede causar graves daños al campo fotovoltaico y a la electrónica del sistema, así como causar incendios en algunos sistemas). La preocupación no está tan relacionada con la calidad de los sistemas fotovoltaicos en sí, como con la seguridad de los bomberos al extinguir un incendio en un edificio con un sistema fotovoltaico. Por lo tanto, cuatro elementos son de vital importancia: el diseño de la instalación fotovoltaica, la calidad de los componentes fotovoltaicos, la calidad de la instalación y la comunicación con otras partes interesadas (tales como los departamentos de bomberos). También hay que señalar que se pueden tomar múltiples soluciones en las etapas de diseño e instalación, como la selección y diseño de la ubicación de los componentes con el fin de no bloquear el acceso a los cuerpos de bomberos, prever suficiente etiquetado y aplicarlo de manera correcta, el diseño del esquema eléctrico (de cables y otros equipos eléctricos) en conformidad con los requisitos de seguridad, etc ...

El reciente **proyecto "Prevención de Incendios PV y Medidas contra el Fuego"** dirigido por BSW (Asociación Alemana de la Industria Solar) ha dado lugar a la publicación de un conjunto de directrices técnicas para los instaladores. Establece que *"los sistemas fotovoltaicos intactos no representan un riesgo. En caso de incendio, la seguridad personal se puede mantener siguiendo los principios básicos para las instalaciones eléctricas, que son establecidos en las directrices MLAR y en el Reglamento de la Edificación del país respectivo"*. Este objetivo de protección se puede lograr a través de lo siguiente:

- Medidas organizativas, tales como:
 - etiquetado de la instalación fotovoltaica en la caja de conexiones del edificio y en el distribuidor principal con un distintivo
 - planes generales de emergencia para los trabajadores
 - anexos a los planes de respuesta al fuego
- Medidas estructurales, tales como:
 - conducción resistente al fuego para el cable de CC o
 - enrutamiento de los cables de alimentación de CC fuera del edificio o
 - instalar el inversor fuera del edificio o en el punto de entrada del edificio, de manera que sólo el cableado de CA se ruta dentro del edificio
- Medidas técnicas, como:
 - Interruptor de desconexión de CC, con control remoto por el departamento de bomberos en el área de la caja de fusibles del edificio principal, para cerrar la línea principal de CC o los ramales del módulo.



Imagen 1: Los propietarios deben mantenerse alejados de la instalación fotovoltaica durante y después de un incendio e informar a los bomberos sobre los peligros particulares de la instalación fotovoltaica



Imagen 2: Cableado inadecuado



Imagen 3: Cortocircuito y de sobretensión en el convertidor



Imagen 4: Daños de rotura en la fijación del sistema



Imagen 5: Módulos dañados por una tormenta

4.5 Servicio, incluyendo inspección y mantenimiento

Un instalador no es sólo un técnico, sino también un vendedor. Necesita, por tanto, conocimientos básicos de marketing. Además es indispensable un conocimiento sobre los beneficios ambientales, económicos financieros y de otra índole de la energía fotovoltaica.

Los errores comunes en esta área son:

- No suministrar al propietario/operador los manuales, garantías, certificados de pruebas, documentos de conexión a red.
- No ser capaz de dar información sobre las últimas innovaciones y aplicaciones especializadas (BIPV).
- No ser capaz de dar información sobre los requisitos administrativos, los procedimientos de conexión a red, planes de apoyo y otros beneficios relacionados.
- Actitud de venta demasiado agresiva.
- No dar los servicios de inspección y mantenimiento de forma rápida y adecuada.

El mantenimiento del sistema fotovoltaico incluye el mantenimiento de todas las partes del sistema y requiere poco mantenimiento, a excepción de las baterías en el caso de los sistemas autónomos.

El mantenimiento de las baterías depende del tipo y de los ciclos de carga / descarga. El mantenimiento debe ser realizado al menos una vez al año, pero el instalador, además, debe informar al propietario sobre los sistemas de monitorización para supervisar el rendimiento del sistema.

El problema más común del mantenimiento es la limpieza de la superficie del cristal del módulo fotovoltaico para quitar la suciedad y el polvo que se puede hacer mediante el lavado del módulo con agua. La limpieza es necesaria durante largos períodos de sequía, cuando la lluvia no puede proporcionar una limpieza natural. Los módulos se deben limpiar cuando no están excesivamente calientes.

5 Listado de fallos comunes y prácticas inadecuadas

PARÁMETROS	FALLOS / PRÁCTICAS INADECUADAS
1. 1. Selección de la ubicación	
Orientación	- instalaciones orientadas norte / oeste
Inclinación	- diferentes azimuts o inclinaciones en la misma rama o "string" - sistema no inclinado conforme al ángulo apropiado para su latitud (para el mejor rendimiento a lo largo todo el año)
Sombreado	- colocar el sistema en una zona rodeada de árboles y / o edificios - no se tiene en cuenta el sombreado estacional
Corrosión	- Los módulos están ubicados en las zonas expuestas al agua salada
Biodiversidad (para grandes sistemas sobre suelo)	- Se descuida el potencial impacto para la vida salvaje debido a un Estudio de Impacto Ambiental inadecuado
2. 2. Diseño y planificación del sistema	
Carga estructural	- no se considera la antigüedad y las condiciones del tejado - uso inadecuado de estructuras que eviten problemas de estabilidad - no respetar el código técnico de la edificación
Resistencia al viento	- montaje inadecuado - sistema no montado sobre bases de hormigón
Ubicación	- no respetar el código técnico de edificación y las normas de seguridad (por ejemplo, sobrecarga de la cubierta, falta de acceso para los bomberos) - El BOS no está situado en recintos protegidos de las inclemencias del tiempo
Equipos	- cables de tamaño insuficiente e inversor, optimizador de potencia (MPPT), protecciones, caja de conexiones y transformadores inadecuados
Rayos /puesta a tierra	- sin protección contra rayos, puesta a tierra y protección contra sobretensiones - sistema fotovoltaico instalado en un lugar expuesto - permitir que el cobre (puesta a tierra de los equipos) entre en contacto con el soporte de aluminio y marcos de los módulos
Conexiones eléctricas	- polaridad incorrecta - protección del circuito incorrecta - desadaptación: desadaptación del inversor o medida incorrecta de la generación a la salida del inversor - los recorridos de los cables eléctricos no están optimizados - no se tienen en cuenta los códigos eléctricos o reglamentos técnicos para la conexión a red

PARÁMETROS	FALLOS / PRÁCTICAS INADECUADAS
3. 3. Instalación física de los componentes	
Sombreado	- no se mantienen las distancias entre las filas de módulos
Daño en el tejado	- perforación sin métodos de sellado adecuados
Corrosión	- materiales utilizados en el exterior no son resistentes a la luz del sol / rayos UVA
Configuración del campo fotovoltaico	- los módulos son sometidos a sobreesfuerzos debido a la expansión térmica de la estructura soporte - poner muy pocos módulos en serie para el correcto funcionamiento del inversor durante las altas temperaturas de verano - ventilación insuficiente del módulo - se utilizan módulos de diferentes configuraciones y diferentes valores de potencia nominal en el mismo campo fotovoltaico
Inversor	- colocado en un lugar directamente expuesto a la luz del sol - ventilación insuficiente - colocado a larga distancia de la caja de conexiones del campo fotovoltaico - instalado sobre o cerca de una superficie inflamable
Cableado	- cables tirantes o flojos - soporte del cable inadecuado con exposición a daños físicos - múltiples cables entrando en un collarín para un solo cable
Conductores	- conductores no sujetos a menos de 30 cm de las cajas de conexión - curvado del cable demasiado cerca de las cajas de conexión
Baterías	- no instaladas en un recinto aislado del control u otros componentes del sistema fotovoltaico - instaladas cerca de materiales inflamables y radioactivos - expuestas a la luz directa del sol - expuestas a altas temperaturas
Etiquetado y las señales de peligro	- ausencia o localización incorrecta
Sensores	- mal colocados
Cajas o elementos de paso	- cubrirlas haciéndolas casi inaccesibles para el servicio

PARÁMETROS	FALLOS / PRÁCTICAS INADECUADAS
4. 4. Seguridad	
Seguridad de los técnicos.	<ul style="list-style-type: none"> - no se utiliza el equipo de protección de caídas aun cuando es necesario - incumplimiento de las regulaciones de prevención de accidentes - trabajar en condiciones adversas: condiciones de humedad, vientos fuertes o superficies heladas en tejados - el instalador anda sobre los paneles - el inversor se instala después de cableado
En caso de incendio	
Medidas de organización	<ul style="list-style-type: none"> - no etiquetar el sistema fotovoltaico en la caja de conexiones y distribuidor principal del edificio con un signo indicador - falta de planes generales de emergencia para los trabajadores
Medidas estructurales	<ul style="list-style-type: none"> - cableado no resistente al fuego - falta de trazado de los cables de CC fuera del edificio - el inversor se instala en el interior del edificio
Medidas técnicas	<ul style="list-style-type: none"> - falta del interruptor de desconexión de CC en el área de la caja de fusibles principal del edificio
Mantenimiento / Inspección	
Técnico	<ul style="list-style-type: none"> - no hacer anualmente el mantenimiento de conexiones mecánicas y eléctricas (corrientes y voltajes de circuito, electrolito de la batería, etc) - superficie frontal de los módulos fotovoltaicos no cubierta durante el mantenimiento - no reemplazar componentes de montaje doblados, corroídos o dañados - no re-asegurar o apretar componentes sueltos o cierres - los extintores de incendios no se encuentran en las proximidades de la batería - el propietario no ha sido informado / instruido para controlar con frecuencia el rendimiento del sistema
Propietario <i>(El Instalador fotovoltaico deberá asesorar a los propietarios de las medidas de mantenimiento a seguir)</i>	<ul style="list-style-type: none"> - No se registran los kWh producidos periódicamente (la desviación de los valores esperados puede ser motivo para la comprobación del sistema) - los paneles no son debidamente lavados, cuando es necesario - los paneles se rayan durante el procedimiento de limpieza (al utilizar cepillos y detergentes fuertes) - los árboles cerca del sistema no son adecuadamente podados o recortados - las superficies de las baterías no se mantienen limpias - no se comprueba el nivel del electrolito en las baterías

6 Referencias

Proyectos Europeos

- PV LEGAL: <http://www.pvlegal.eu>
- Qualicert Project <http://www.qualicert-project.eu/>

Páginas web

- Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne Instituto de Ciencias Químicas e Ingeniería, http://photochemistry.epfl.ch/EDEY/PV_history.pdf
- PVresources: www.pvresources.com
- Instrucciones de instalaciones y mantenimiento de módulos solares KYOCERA, April 2011 http://www.kyocerasolar.de/index/products/download/English.-cps-34501-files-80034-File.cpsdownload.tmp/Manual_Eng_KD_all_110426.pdf

Libros y otras publicaciones

- Solar Generation VI (EPIA and Greenpeace, 2011): <http://www.epia.org/publications/>
- Photovoltaic Observatory – Policy Recommendations (EPIA, 2011): <http://www.epia.org/publications/>
- Field Inspection Guideline for PV systems, Interstate Renewable Energy Council, 2010 available at www.irecusa.org
- Solar Parks – Opportunities for biodiversity (German Renewable Energies Agency, 2011): http://www.unendlich-viel-energie.de/uploads/media/45_RenewsSpezial_Biodiv-in-Solarparks_ENGL.pdf
- Canadian solar, Solar module installation manual, www.canadian-solar.com
- Solar Frontier K.K. Installation and Maintenance Manual, <http://www.solar-frontier.com/>
- DGS LV Berlin BRB, German Energy Society (Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie, Planning and Installing Photovoltaic Systems A guide for installers, architects and engineers second edition, Earthscan, UK, 2008.
- NABCEP, North American Board of Certified Energy Practitioners, NABCEP study guide for photovoltaic system installers, USA 2009.
- Dunlop J. P., Batteries and Charge Control in Stand-Alone Photovoltaic Systems Fundamentals and Application. Sandia National Laboratories USA, 1997
- Reliability Study of Grid Connected PV Systems, Field Experience and Recommended Design Practice (IEA-PVPS Task 7)

Otras fuentes:

- PV Magazine (October 2011 – page 84-87), <http://www.pv-magazine.com/>
- BRE, <http://www.bre.co.uk>
- 3E, <http://www.3e.eu>
- Bundesverband Solarwirtschaft, www.bsw-solar.de
- UNIQA, www.uniqagroup.com
- VdJ and BRJ insurance
- European Commission, <http://ec.europa.eu>