



Erasmus+



Project Erasmus+: Training and certification model  
for photovoltaic trainers with the use of ECVET system  
(EU-PV-Trainer). No 2016-1-PL01-KA202-026279

## MÓDULO 2. PLANIFICACIÓN, INSTALACIÓN, MODERNIZACIÓN Y MANTENIMIENTO DE INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS

### M2.U2. Montaje de instalaciones fotovoltaicas

#### GUÍA PARA EL FORMADOR Y EL ALUMNO

RESEARCH NETWORK  
ŁUKASIEWICZ

INSTITUTE  
FOR SUSTAINABLE  
TECHNOLOGIES



FUNDACIÓN *equipo humano*



EDIT.C

EDUCATION & INFORMATION TECHNOLOGY CENTRE

**Erasmus+**  
**Cooperación para la innovación y el intercambio de buenas prácticas**  
**Asociación Estrategia para la Formación Profesional**

***“Modelo de formación y certificación para formadores fotovoltaicos con el uso del sistema ECVET (EU-PV-Trainer)”***  
**No 2016-1-PL01-KA202-026279**

---

**Productos Intelectuales O4**

**Banco de módulos de formación para el formador fotovoltaico  
en relación a los requisitos ECVET (aprendizaje estacionario)**

---

Este proyecto ha sido completado con el apoyo financiero de la Comisión Europea.  
El proyecto o publicación refleja solo la postura de su autor y la Comisión Europea no será responsable de su contenido.

2018-2019

**MÓDULO 2.  
PLANIFICACIÓN, INSTALACIÓN, MODERNIZACIÓN  
Y MANTENIMIENTO DE INSTALACIONES  
FOTOVOLTAICAS**

**M2.U2. Montaje de instalaciones fotovoltaicas**

GUÍA PARA EL FORMADOR  
Y EL ALUMNO

**Curso: Formador fotovoltaico**

**Module 2. PLANIFICACIÓN, INSTALACIÓN, MODERNIZACIÓN  
Y MANTENIMIENTO DE INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS**

**M2.U2. Montaje de instalaciones fotovoltaicas**

**Guía para el formador y el alumno**

2018-2019

**Autores:**

Stanisław Pietruszko  
Kamil Kulma  
Radosław Gutowski  
Radosław Figura  
Miroslaw Żurek  
Katarzyna Sławińska  
Maria Knais  
Emilia Pechenau  
Adina Cocu  
Jose Enrique Val Montros  
Alfonso Cadenas Cañamás

**Revisores del material:**

Tomasz Magnowski

**Consulta metodológica:**

Edyta Koziel

**Edición:**

Bożena Mazur

**Corrección:**

Jose Enrique Val Montros  
Alfonso Cadenas Cañamás

La guía constituye un desarrollo didáctico para la unidad modular **M2.U1. Planificación de la instalación de sistemas fotovoltaicos** incluido en el módulo **M2. PLANIFICACIÓN, INSTALACIÓN, MODERNIZACIÓN Y MANTENIMIENTO DE INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS** contenidas en el currículum modular del curso Photovoltaics Trainer.

2018-2019

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>2</b>
<b>2. PRERREQUISITOS .....</b>	<b>4</b>
<b>3. RESULTADOS EDUCATIVOS DETALLADOS .....</b>	<b>5</b>
<b>4. MATERIAL DE ENSEÑANZA .....</b>	<b>6</b>
4.1. Normas de seguridad y salud para la instalación .....	6
4.2. Plan de instalación .....	11
4.3. Herramientas y equipos para la instalación de sistemas fotovoltaicos .....	16
4.4. Principios prácticos de instalación de módulos, selección y dimensionamiento de alambres y cables .....	20
4.5. Puesta en marcha y puesta en marcha del sistema fotovoltaico .....	28
4.6. Cooperación de baterías con sistemas fotovoltaicos.....	33
4.7. Protección contra sobretensiones en instalaciones fotovoltaicas.....	40
4.8. Instalación de protección contra rayos y puesta a tierra .....	47
4.9. Reglas de instalación para sistemas solares .....	54
4.10. Errores típicos de la instalación de montaje.....	60
4.11. Condiciones de recogida y documentación técnica de la instalación .....	66
4.12. Presupuesto, oferta, contrato para la instalación de dispositivos y sistemas solares.....	72
<b>5. EJERCICIOS .....</b>	<b>79</b>
5.1. Normas de salud y seguridad para la instalación – Ejercicios .....	79
5.2. Plan de montaje – Ejercicios .....	80
5.3. Herramientas y equipos para la instalación de sistemas fotovoltaicos – Ejercicios .....	81
5.4. Principios prácticos de instalación de módulos, selección y dimensionamiento de alambres y cables – Ejercicios .....	81
5.5. Puesta en marcha y puesta en marcha del sistema fotovoltaico – Ejercicios .....	82
5.6. Cooperación de baterías con sistemas fotovoltaicos – Ejercicios.....	83
5.7. Surge protection in photovoltaic installations – Ejercicios.....	83
5.8. Instalación de protección contra rayos y puesta a tierra – Ejercicios .....	84
5.9. Reglas de instalación para sistemas solares – Ejercicios .....	85
5.10. Errores típicos de la instalación de montaje – Ejercicios.....	86
5.11. Condiciones de recogida y documentación técnica de la instalación. Ejercicios .....	86
5.12. Presupuesto, oferta, contrato para la instalación de dispositivos y sistemas solares – Ejercicios .....	87
<b>6. TEST DE PROGRESO .....</b>	<b>88</b>
<b>7. GLOSARIO .....</b>	<b>91</b>
<b>8. LITERATURA .....</b>	<b>92</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

Al comenzar el desempeño de las tareas profesionales asignadas al formador de PV en el sistema de educación modular, como participante en la formación, deberá adquirir los conocimientos necesarios y las habilidades profesionales incluidas en dos módulos:

- M1. Planificación, organización, ejecución y evaluación de la formación profesional,
- M2. Planificación, instalación, modernización y mantenimiento de las instalaciones fotovoltaicas.

Cada módulo se divide en unidades modulares compuestos por el Material de formación, lista de control, ejercicios y exámenes de progreso.

El estudio contiene materiales desarrollados para la unidad modular **M2.U2. Montaje de instalaciones fotovoltaicas** incluidas en el módulo **M2. Planificación, instalación, modernización y mantenimiento de la instalación fotovoltaica.**

Antes del comienzo del aprendizaje, como participante en la capacitación, debe familiarizarse con los requisitos iniciales y los resultados de aprendizaje detallados, es decir, los conocimientos, habilidades y actitudes que deberá adquirir después del final del aprendizaje en una unidad modular determinada.

Al desarrollar el material didáctico, la experiencia de los socios del proyecto en el ámbito de las clases de enseñanza en cursos que preparan a futuros instaladores de instalación fotovoltaica. El material didáctico se ha complementado con capacitación en aprendizaje electrónico, por ejemplo, Videos instruccionales.

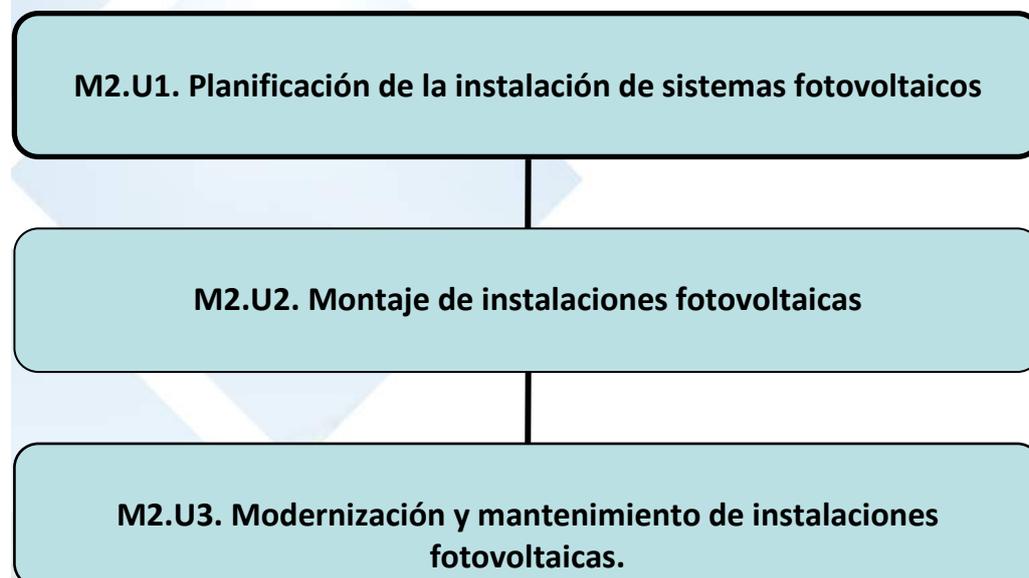
Antes de realizar los ejercicios, verifique si está debidamente preparado. Para ello, utilice listas de verificación después de cada material de enseñanza. Cada materia termina con una prueba de progreso que le permitirá definir el alcance de los conocimientos y habilidades adquiridos. Si sus resultados son positivos, puede pasar al siguiente tema. Si no es así, debes repetir el contenido necesario para habilidades específicas.

Pasar la prueba en una versión de aprendizaje electrónico constituye la base para aprobar la unidad modular.

Nota: en el caso de contenido de enseñanza que incluya referencias a actos jurídicos, debe tenerse en cuenta que son válidos en la fecha de desarrollo del estudio y deben actualizarse. El contenido de enseñanza en el módulo cumple con el estado legal a partir del 15 de agosto de 2018.

La Guía se ha desarrollado en el Marco del proyecto "**Modelo de formación y certificación para formadores fotovoltaicos con el uso del sistema ECVET (EU-PV-Trainer)**" cofinanciado por la Unión Europea en el programa Erasmus + Cooperación para la innovación y el intercambio de buenas prácticas. Alianza estratégica para la educación y formación profesional.

Los materiales incluidos en la guía solo reflejan la posición de sus autores y la Comisión Europea no será responsable de su contenido.



Esquema del sistema de unidades modulares en el módulo **M2. Planificación, instalación, modernización y mantenimiento de instalaciones fotovoltaicas.**

Lista de unidades modulares y número aproximado de horas de enseñanza.

Nombre de módulo	Nombre de tema modular	Número aproximado de horas de enseñanza
<b>M2. Planificación, instalación, modernización y mantenimiento de instalaciones fotovoltaicas</b>	M2.U1. Planificación de la instalación de sistemas fotovoltaicos	28
	M2.U2. Montaje de instalaciones fotovoltaicas	20
	M2.U3. Modernización y mantenimiento de instalaciones fotovoltaicas	16
	<i>Total:</i>	<b>64</b>

## 2. PRERREQUISITOS

Al comenzar la implementación del currículo de la unidad modular [M2.U2. Montaje de instalaciones fotovoltaicas](#) incluidas en el módulo **M2. Planificación, instalación, modernización y mantenimiento de instalaciones fotovoltaicas**, debe ser capaz de:

- utilizar diversas fuentes de información,
- determinar sus propios derechos y obligaciones,
- reconocer los actos jurídicos básicos,
- participar en la discusión, presentación y defensa de su propia posición,
- sentirse responsable por su salud y la de otros (vida),
- aplicar principios éticos básicos (trabajo confiable, puntualidad, mantener la palabra, honestidad, responsabilidad por las consecuencias, veracidad),
- cooperar en un grupo teniendo en cuenta la división de tareas,
- usar la computadora a un nivel básico.

### 3. RESULTADOS EDUCATIVOS DETALLADOS

#### M2.U2. Montaje de instalaciones fotovoltaicas

Después de tomar clases en la unidad modular, el alumno deberá lograr los siguientes resultados de aprendizaje:

Conocimiento (sabe y entiende):	Habilidades (puede):
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Normas de salud y seguridad para la instalación.</li> <li>- Plan de instalación.</li> <li>- Herramientas y equipos para la instalación de sistemas fotovoltaicos.</li> <li>- Principios prácticos de instalación de módulos, selección y dimensionamiento de alambres y cables.</li> <li>- Reglas para configurar y ejecutar sistemas fotovoltaicos.</li> <li>- Cooperación de baterías con sistemas fotovoltaicos.</li> <li>- Protección contra sobretensiones en instalaciones fotovoltaicas.</li> <li>- Protección contra rayos y puesta a tierra.</li> <li>- Reglas de instalación para sistemas fotovoltaicos.</li> <li>- Errores típicos de la instalación de montaje.</li> <li>- Condiciones de recogida y documentación técnica de la instalación.</li> <li>- Presupuesto, oferta, contrato para la instalación de dispositivos y sistemas fotovoltaicos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aplica reglas de salud y seguridad en la instalación y puede pasarlas a los participantes de la capacitación.</li> <li>- Realiza el plan de instalación.</li> <li>- Utiliza herramientas y equipos para el montaje.</li> <li>- Evalúa la calidad de los materiales utilizados y los trabajos realizados.</li> <li>- Instala módulos, selecciona cables y alambres de acuerdo con la documentación de diseño.</li> <li>- Configura y ejecuta sistemas fotovoltaicos.</li> <li>- Selección e instalación de pararrayos de sobretensiones en instalaciones fotovoltaicas.</li> <li>- Selección y montaje de elementos de protección contra rayos y puesta a tierra.</li> <li>- Instalación de sistemas fotovoltaicos.</li> <li>- Detección y análisis de errores típicos de montaje de instalaciones.</li> <li>- Desarrollo de documentación "as-built" de una instalación fotovoltaica.</li> <li>- Realiza mediciones y mediciones de trabajos relacionados con el montaje de dispositivos y sistemas fotovoltaicos.</li> <li>- Prepara las estimaciones de costos y prepara ofertas y acuerdos para la instalación de dispositivos y sistemas fotovoltaicos.</li> </ul>
<b>Competencias sociales:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Finalizar el trabajo según criterios de idoneidad, rapidez, economía y eficiencia.</li> <li>- Reconocer el proceso productivo de la organización.</li> <li>- Cumplir con los estándares de producción establecidos por la organización.</li> <li>- Mantener el área de trabajo con el grado de orden y limpieza requerido por la organización.</li> <li>- Participar y colaborar activamente en el equipo de trabajo.</li> <li>- Interpretar y ejecutar instrucciones de trabajo.</li> </ul>	

## 4. MATERIAL DE ENSEÑANZA

### 4.1. Normas de seguridad y salud para la instalación

Al analizar las normas de salud y seguridad en el trabajo durante la instalación del sistema fotovoltaico, no se pueden omitir los siguientes dos problemas principales:

- rendimiento de trabajo en vivo y,
- realización de trabajos en altura.

Se debe prestar especial atención a la posible aparición de ambos riesgos al mismo tiempo.

Los instaladores que realicen trabajos de ensamblaje en los techos de los edificios deben tener permisos que les permitan trabajar en altura, deben estar equipados con equipos especiales que los protejan contra caídas desde una altura y electrocución.

Los trabajos deben realizarse con cuidado, con el uso de materiales y sistemas de ensamblaje adecuadamente seleccionados, para garantizar un funcionamiento prolongado y sin fallos del sistema fotovoltaico.

#### Actividades básicas previas al inicio del trabajo

Antes del comienzo del trabajo, se deben realizar las siguientes actividades:

- leer la documentación y planificar la secuencia de etapas de trabajo particulares,
- preparación de las herramientas necesarias con mangos aislados que protegen de la electrocución directa,
- preparación de los tableros de advertencia necesarios,
- preparación del equipo de medición necesario y del equipo de aislamiento necesario, como guantes dieléctricos, que evite las consecuencias de un contacto accidental de dos cables de diferente potencial (controlados cada 6 meses), botas de goma, alfombras, plataformas aislantes y gafas protectoras.

#### Trabajos mecánicos

El establecimiento adecuado de la estructura de soporte constituye la primera operación durante la instalación del módulo fotovoltaico. La estructura de soporte debe seleccionarse para un tipo de instalación. Sin embargo, no importa si esta instalación se realiza en el suelo, en el techo o como BIPV (fotovoltaica integrada en edificios) en la fachada, la estructura debe cumplir con los estándares técnicos específicos.



Fig. 1. Instalación de la estructura mecánica del sistema fotovoltaico terrestre

Fuente: <https://solarprofessional.com/articles/products-equipment/racking/ground-mount-pv-racking-systems#.W7uZynszapo>, (acceso: 20 Septiembre 2018).

Luego, los módulos fotovoltaicos deben fijarse a la estructura de soporte en el orden previsto, con el uso de elementos de ensamblaje originales certificados de un productor determinado y con el uso de herramientas y dispositivos recomendados en el manual. Excluyendo la instalación en el suelo, otros métodos de instalación constituirán el trabajo en altura. Existe una serie de disposiciones y recomendaciones sobre cómo realizar dichos trabajos.



Fig. 2. Instalador de instalaciones fotovoltaicas trabajando a la altura en la instalación del módulo  
Fuente: <http://theconversation.com/why-rooftop-solar-is-disruptive-to-utilities-and-the-grid-39032>, (acceso: 20 Septiembre 2018).

Los trabajos en altura pertenecen a los trabajos particularmente peligrosos, ya que una caída desde una altura es muy a menudo una causa de accidentes, generalmente graves o fatales.

Se estima que la caída fue la causa de más del 30% de todos los accidentes en el trabajo. Por lo tanto, durante los trabajos de montaje que a menudo se realizan en altura, se deben garantizar precauciones excepcionales debido al alto nivel de riesgo para la vida y la salud del personal.

El trabajo en altura significa el trabajo realizado en la superficie al menos 1,0 m sobre el nivel del piso o del suelo. Los rieles deben instalarse en superficies superiores a 1,0 m sobre el piso o el nivel del suelo, donde los empleados pueden permanecer debido a la instalación realizada o para constituir pasajes.

Si, debido al tipo y las condiciones de desempeño de los trabajos en altura, la aplicación de este tipo de rieles es imposible, se deben usar otras medidas efectivas para proteger a los empleados de la caída desde la altura, según sea el tipo y las condiciones de desempeño del trabajo.

Los trabajos en altura deben organizarse y ejecutarse de manera que no se obligue a un empleado a inclinarse fuera de la barandilla o el contorno del dispositivo en el que se encuentra.

En trabajos en escaleras, tirantes, andamios y otras plataformas de hasta 2 m, se debe garantizar que las escaleras, tirantes, andamios, plataformas y otros dispositivos estén estables y protegidos de un cambio inesperado en la ubicación y que tengan la resistencia adecuada a la carga esperada.



Fig. 3. Instalador de instalaciones fotovoltaicas en altura

Fuente: <https://easi-dec.co.uk/products/solar-access-system>, (acceso: 20 Septiembre 2018).

En trabajos realizados en andamios a más de 2 m del nivel circundante del piso o área exterior y en plataformas portátiles colgantes, uno debe en particular:

- garantizar la seguridad en la comunicación vertical y el acceso al lugar de trabajo,
- garantizar la estabilidad de los andamios y su resistencia adecuada a la carga esperada,
- antes del inicio del uso del andamio, su aceptación técnica debe realizarse de conformidad con disposiciones separadas.

Mientras se ensamblan las piezas mecánicas, la calidad de las operaciones realizadas debe controlarse y verificarse de manera continua.

### Trabajos eléctricos

Después de las operaciones relacionadas con el ajuste de la estructura, se debe iniciar el rendimiento de las conexiones eléctricas, incluidas las conexiones eléctricas entre los módulos, el rendimiento de las conexiones de los cables a la caja de conexiones, la instalación de protecciones y, si es necesario, las operaciones relacionadas con la instalación del rayo.

El módulo eléctrico es una herramienta eléctricamente activa que produce electricidad.

El contacto con partes del módulo eléctricamente activas puede provocar soplado, chispas, quemaduras o electrocución. El módulo fotovoltaico produce voltaje cuando la radiación solar u otra fuente ilumina su superficie.

Una buena práctica es que durante el ensamblaje el módulo debe cubrirse con una inclinación para aislar la radiación solar durante el momento de la instalación.



Fig. 4. Protección del módulo fotovoltaico con la inclinación

Fuente: <http://securedsolar.com/why/>, (acceso: 20 Septiembre 2018).

Los trabajos eléctricos que incluyen trabajos en el montaje de instalaciones fotovoltaicas constituyen los trabajos relacionados con el rendimiento de muchas conexiones eléctricas tanto en circuitos de CC como de CA.

Estos trabajos se realizan en un terreno abierto (instalaciones en tierra y conexiones de módulos en el techo) y en edificios: guía de la instalación de un inversor y un cuadro de distribución y protecciones de corriente alterna.

Los trabajos eléctricos deben ser realizados por un empleado: un adulto que se graduó de una escuela vocacional como electricista, tiene calificaciones profesionales válidas, está confirmado con un certificado apropiado, goza de buena salud y ha sido capacitado dentro del ámbito de OHS.

El instalador del sistema fotovoltaico contratado para trabajos eléctricos debe estar equipado con ropa de trabajo adecuada, guantes de protección y el kit de herramientas necesario.

Antes del montaje, debe verificarse si todos los módulos instalados actualmente no están dañados. Si se detecta un daño, un elemento o pieza dañada debe reemplazarse de inmediato en base a las piezas originales o reclamarse.



Fig. 5. Módulo fotovoltaico correctamente embalado

Fuente: <http://sinovoltaics.com/solar-basics/basics-of-solar-panel-packaging/>, (acceso: 20 Septiembre 2018).

### Montaje de instalación de corriente continua

La instalación de módulos fotovoltaicos en el techo debe realizarse de acuerdo con las recomendaciones de los fabricantes de módulos, cables eléctricos y conexiones.

Estos trabajos deben realizarse con el uso de herramientas recomendadas por los fabricantes de elementos particulares, mientras que el engarce del cable debe ejecutarse con el uso de herramientas de prensa dedicadas.



Fig. 6. Conjunto ejemplar de herramientas de prensa de cable de CC para instalaciones fotovoltaicas

Fuente: <http://www.solar-test-equipment.co.uk/knipex-mc4-tool-kit-24>, (acceso: 20 Septiembre 2018).

Al colocar los cables, se debe prestar especial atención a su protección contra daños mecánicos. Mientras se forjan ranuras y aberturas en las paredes del edificio, se deben aplicar gafas y guantes protectores.

Cada sección realizada de la instalación eléctrica debe verificarse con respecto a la instalación técnica, principalmente con respecto a la corrección eléctrica con el uso de medidores o medidores.

### **Montaje de instalación de corriente alterna**

En las instalaciones domésticas y las instalaciones de fachada integradas con el edificio, la parte de corriente alterna se encuentra dentro del edificio. Mientras que para instalaciones en tierra, pueden ocurrir instalaciones de corriente alterna en un terreno abierto o en el edificio. En este caso, se debe tener especial cuidado durante el montaje debido a la formación de la tierra y las condiciones atmosféricas.

Se recomienda que todos los trabajos al aire libre relacionados con la guía y la conexión de los elementos de la instalación eléctrica se realicen cuando no llueva y la humedad sea pequeña o limitada.

El montaje de la instalación de CA cubre la instalación de un inversor, el cable de CA principal desde el inversor al tablero de distribución, las protecciones y la conexión a la red eléctrica en el tablero de distribución. Estas actividades deben realizarse de acuerdo con las recomendaciones de los fabricantes de elementos particulares.

Si se detecta un daño en la instalación durante su funcionamiento, la fuente de alimentación debe interrumpirse y apagarse (para la parte de CC, la única solución efectiva es cubrir los módulos con la baldosa), mientras que para la instalación de CA, el circuito FV debe apagarse con el Interruptor de CC principal y la parte de CA – con el interruptor de CA principal en la centralita.

En caso de electrocución, todo instalador debe saber absolutamente y ser capaz de aplicar en la práctica los principios básicos de rescate para personas electrocutadas.

En tal caso, se deben realizar las siguientes actividades:

- remoción de una persona electrocutada tan pronto como sea posible de la operación actual,
- administración de respiración artificial (no puede interrumpirse hasta que llegue el médico),
- administración de primeros auxilios,
- llamada inmediata del médico.

### **Principales causas de los incendios**

En la instalación fotovoltaica, las causas de incendio generalmente se ubican en el circuito de corriente continua (particularmente en aquellos ubicados en el techo del edificio) y en la parte de CA en el inversor o en el tablero de distribución principal.

En la parte de CC, generalmente tenemos que ver con la ignición causada por daños al cableado solar o la conexión.

Luego, se establece un arco eléctrico, aparece fuego abierto y el material del techo se incendia.



Fig. 7. Incendio del generador fotovoltaico

Fuente: <http://www.greenworldinvestor.com/wp-content/uploads/2016/06/PV-on-fire.jpg>, (acceso: 20 Septiembre 2018).

Otra razón está constituida por microdaño de los módulos fotovoltaicos durante su operación o en la etapa de producción o transporte, inadvertidos para el instalador. En lugares de estos daños, se establecen puntos calientes, donde la temperatura es lo suficientemente alta como para provocar la aparición de fuego abierto en el techo.

En el lado de CA, las causas más comunes de incendios incluyen una selección incorrecta del inversor y su daño durante la operación, la selección y el montaje incorrectos de los cables de CA, así como la selección incorrecta de las protecciones.

Este tipo de situaciones generalmente es causada por la falta de control inicial de los componentes aplicados para la instalación, el desempeño incompetente de los trabajos de ensamblaje, el corte accidental de cables. Es resultado principalmente del desempeño inadecuado de los trabajos de montaje de los instaladores.



Fig. 8. Interruptor de CA de fuego en la instalación fotovoltaica

Fuente: [https://www.researchgate.net/publication/254027370\\_Fault\\_analysis\\_in\\_solar\\_PV\\_arrays\\_under\\_Low\\_irradiance\\_conditions\\_and\\_reverse\\_connections](https://www.researchgate.net/publication/254027370_Fault_analysis_in_solar_PV_arrays_under_Low_irradiance_conditions_and_reverse_connections), (acceso: 20 Septiembre 2018).

## 4.2. Plan de instalación

Cualquier trabajo en el montaje del sistema fotovoltaico debe ser planeado en detalle. Un buen plan de trabajo y la verificación de los dispositivos ensamblados permitirá evitar una confusión innecesaria durante el montaje, reducir el tiempo de montaje y el número de situaciones inesperadas.

Algunos elementos pueden exigir la instalación en carcasas resistentes a las condiciones atmosféricas. El instalador debe estimar, en la etapa de planificación inicial, el tamaño del espacio necesario para instalar todos los componentes requeridos.

El ensamblaje comienza a partir de la fijación de las estructuras de soporte y luego de los módulos fotovoltaicos junto con cables y protecciones laterales de CC. La siguiente etapa está constituida por el ensamblaje de los inversores, los cables del lado de CA y las protecciones del lado de CA.

Si es necesario realizar la instalación del rayo, debe ser instalado.

Después de realizar todos los trabajos de instalación, el instalador realiza un inicio inicial del sistema, teniendo en cuenta la secuencia de activación del circuito. En primer lugar, se inicia el circuito de CC y luego el circuito de CA.

La instalación fotovoltaica debe apagarse en el orden opuesto, es decir, primero apagamos el circuito de CA de la red y luego CC.

Durante la puesta en marcha previa del sistema, se realizan operaciones de regulación en inversores, reguladores de voltaje o cargadores de baterías.

Una vez finalizadas las operaciones de puesta en servicio, el instalador debe capacitar al usuario en el ámbito de un servicio continuo del sistema fotovoltaico.



Fig. 1. Etapas durante el proceso de instalación del sistema fotovoltaico

Fuente: trabajo propio.

### ETAPA I – Actividades de preinstalación

Un gráfico en la Fig. 1 muestra actividades particulares previas a la instalación.

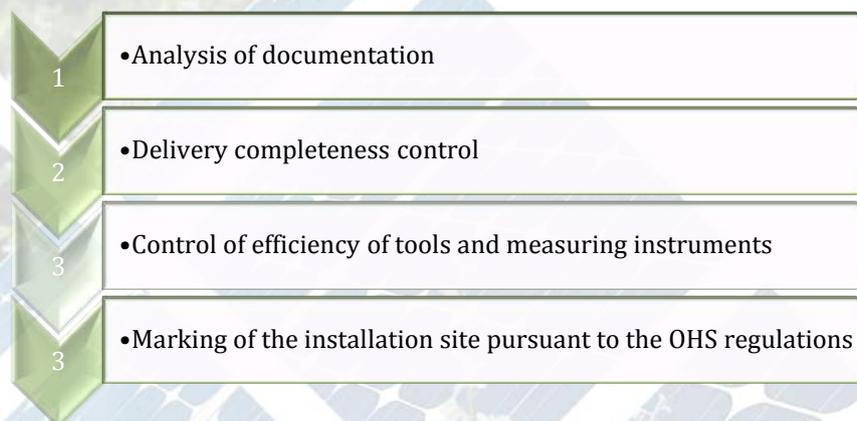


Fig. 2. Actividades de preinstalación

Fuente: trabajo propio.

### Análisis de la documentación

La documentación entregada al equipo de instalación debe verificarse con respecto a los aspectos formales, es decir, si incluye toda la información necesaria para los trabajos de instalación, si está preparada y aprobada por personas autorizadas.

Los permisos para diseñar instalaciones eléctricas en la industria de la construcción se otorgan en todos los países de la UE de acuerdo con las regulaciones internas.

Además, debe verificarse su integridad en una parte eléctrica y mecánica. Solo la documentación correctamente preparada debe permitir el funcionamiento del sistema de montaje de acuerdo con las buenas prácticas de construcción.

### Control de integridad de entrega

El control de la integridad de la entrega constituye el siguiente paso. Directamente, mientras realiza una compra por cuenta propia o inmediatamente durante la entrega, todos los detalles deben verificarse de forma cualitativa y cuantitativa. Esto permitirá evitar futuras disputas con proveedores de elementos particulares. Se debe prestar especial atención a la calidad de los módulos fotovoltaicos, ya que su calidad condiciona la seguridad de los usuarios y la eficiencia del sistema.

### Control de eficiencia de herramientas e instrumentos de medición

Al realizar trabajos de instalación eléctrica, en su mayoría también en altura, se debe prestar especial atención a la finalización de los instrumentos de medición apropiados (medidores de voltaje, corriente, aislamiento, borde recto, etc.), escaleras, equipo de protección personal, ropa de trabajo.

Todos los detalles mencionados anteriormente deben ser eficientes, con certificados válidos relevantes que garanticen la corrección de los trabajos realizados y la seguridad necesaria de los instaladores durante los trabajos y de los usuarios después de lanzar todo el sistema.

### Marcado del lugar de instalación conforme a las regulaciones de OHS

Dado que la mayoría de los trabajos realizados durante la implementación de inversiones fotovoltaicas se realizan en el campo, en el exterior, de conformidad con las disposiciones aplicables, el sitio de instalación debe estar cercado y marcado de forma clara y sin ambigüedades. Esto permitirá evitar la aparición de terceros en un área de riesgo y minimizar el riesgo de la participación de estas partes en un accidente.

## ETAPA II – Operaciones de instalación

El siguiente gráfico muestra operaciones particulares durante la instalación

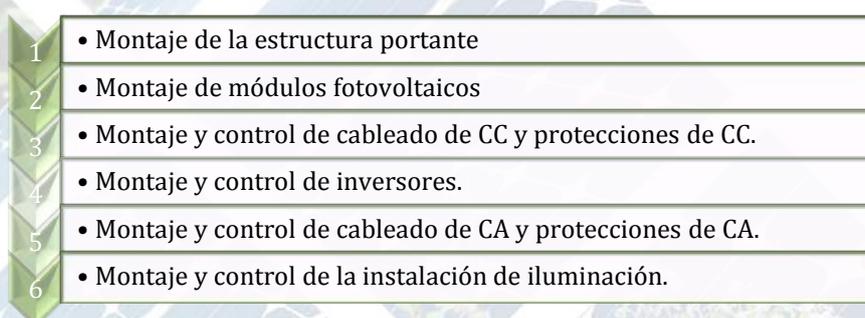


Fig. 3. Pasos de instalación adicionales

Fuente: trabajo propio.

### **Montaje de la estructura portante**

Después de realizar las actividades iniciales mencionadas anteriormente, cada instalación debe iniciarse desde la disposición de la estructura de soporte. No importa si la instalación se realiza en el suelo, en el techo o integrada con el edificio, la estructura de soporte debe realizarse de acuerdo con la documentación.

Uno debe proceder de acuerdo con las recomendaciones de los fabricantes de estos sistemas, utilizando las herramientas recomendadas y los dispositivos de medición necesarios para el desempeño de estos trabajos. Después de su finalización, la exactitud del montaje debe ser controlada.

### **Montaje de módulos fotovoltaicos**

Los módulos fotovoltaicos constituyen un elemento clave del cual depende la seguridad y la eficiencia del generador fotovoltaico. Antes del inicio de las operaciones de ensamblaje, la inspección visual de cada módulo debe realizarse absolutamente para detectar posibles irregularidades (estanqueidad del marco, suavidad del vidrio, instalación correcta de la caja de CC y cables y conectores integrados). El ensamblaje de cada módulo debe verificarse con respecto a su durabilidad, si los cables no están rizados accidentalmente en la estructura de soporte, así como las distancias críticas deben verificarse (por ejemplo, distancia desde el borde del techo, altura desde el plano del techo). Es importante que estos módulos estén ensamblados en un plano.

### **Montaje y control de cableado de CC y protecciones de CC**

Los cables de CC deben guiarse de acuerdo con los principios básicos. El cable de CC entregado al sitio debe verificarse de forma continua con respecto a la calidad. Si no hay cortes de instalación, pliegues de alambre. Además, los conectores de CC y la caja de conexión de CC deben controlarse con respecto a la calidad.

La instalación debe ser guiada estrictamente de acuerdo con las pautas de los fabricantes de acuerdo con las rutas de cable establecidas con el uso de herramientas dedicadas y arrugadores de alambre originales. Estas actividades, aunque parecen ser simples, requieren gran cuidado, ya que su desempeño inadecuado aumenta el riesgo de daños en la instalación, y ciertamente constituye la razón de la reducción de la eficiencia, ya que genera pérdidas de energía en las resistencias de los cables y las conexiones de todo el circuito de CC son adecuadamente superiores.

Después del ensamblaje de todo el generador fotovoltaico, es necesario verificar la exactitud del ensamblaje mecánico y verificarlo con respecto a la electricidad.

### **Montaje y control de inversores**

El montaje del circuito de corriente alterna se iniciará desde la instalación de un inversor (inversores).

De forma estándar comprobamos la integridad y calidad de la entrega. Luego, con el uso de herramientas dedicadas por el fabricante, lo montamos en un lugar apropiado según lo recomendado por el fabricante. El lugar perfecto para la instalación del inversor debe ser frío, seco, sin polvo y ubicado cerca de los módulos fotovoltaicos, la caja de control y las baterías.

Puede estar ubicado en la estructura de soporte, en la centralita o en la pared. En cada uno de estos casos, la instalación debe ser segura y garantizar la ventilación adecuada del dispositivo. Después de verificar la corrección del ensamblaje, a continuación, realizamos la

programación necesaria del dispositivo, los ajustes dedicados de los parámetros eléctricos necesarios para el funcionamiento correcto de toda la instalación.

### Montaje y control de cableado de CA y protecciones de CA

Después de verificar el correcto funcionamiento de la instalación, comenzamos el montaje del cableado de CA. Al igual que en el caso del circuito de CC, los cables de CA deben guiarse de acuerdo con los principios básicos de la guía de la ruta del cable, mientras que el cable de CA entregado al sitio debe verificarse de manera continua con respecto a la calidad. El montaje de las protecciones de instalación de CA se debe realizar después del control de calidad anterior.

### Montaje y control de la instalación de iluminación

Si es necesario, debido a la posibilidad de que se produzcan daños en la instalación como resultado de un rayo, realizamos dicha instalación. Como la mayoría de las instalaciones pequeñas se basan en techos, el montaje se realiza de forma estándar. La instalación de iluminación se ensambla con el uso de espaciadores tradicionales. Su número deberá exceder significativamente el número requerido en el método de tensión. En paredes y en cubiertas planas, se aplican principalmente manijas accionadas y con crudos. Además, las asas se pegan con breca o con adhesivo de silicona (en el caso de techos planos cubiertos con papel de alquitrán o con hoja recubierta). Si el techo es escarpado, por lo general, es necesario aplicar soportes en forma de garrafas ensamblados a la superficie con el uso de garras o clavados a los listones. También hay manijas pegadas en tejas de cerámica con el uso de pegamentos a prueba de agua y congelación.

## ETAPA III – Operaciones posteriores a la instalación

Los trabajos finales particulares en el proceso de instalación del sistema fotovoltaico se presentan en el siguiente esquema.

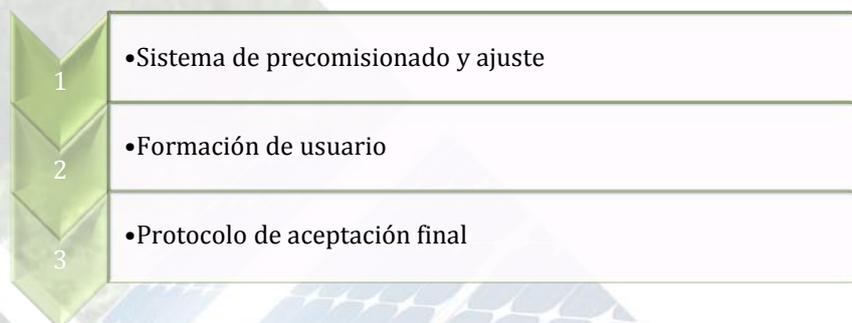


Fig. 4. Operaciones finales en el proceso de instalación del sistema fotovoltaico.

Fuente: trabajo propio.

### Sistema de precomisionado y ajuste

Después de la construcción de toda la instalación, se lleva a cabo la precomisionación y luego se realiza el ajuste necesario para lograr la eficiencia asumida del sistema. Debido a la naturaleza de estos trabajos, deben llevarse a cabo tanto en el día soleado como en el nublado, verificando así el funcionamiento del sistema en diversas condiciones atmosféricas.

### **Protocolo de formación y aceptación del usuario.**

Al final de la instalación, la capacitación del usuario se lleva a cabo dentro del alcance del servicio del sistema (se refiere en particular a la interfaz del usuario y una aplicación asociada a ella, si corresponde). Es una parte muy importante de todo el proceso, ya que gracias a la capacitación adecuada, el usuario no solo conoce los principios clave de operación, sino que también confirma la confianza de la empresa instaladora y puede recomendárselo a otra parte interesada.

Además, mostramos las posibles alarmas que pueden aparecer durante la operación del sistema y los pasos que deben tomarse cuando aparecen.

La etapa final de nuestro trabajo está constituida por la preparación y firma del protocolo de aceptación de la instalación con el inversor.

### **4.3. Herramientas y equipos para la instalación de sistemas fotovoltaicos**

Durante el montaje del sistema fotovoltaico, el instalador debe tener a su disposición herramientas dedicadas que facilitan el montaje de la estructura de soporte y los módulos fotovoltaicos. También se debe prestar atención especial a las herramientas y la preparación de los materiales necesarios para el rendimiento del cableado de CC. Los circuitos eléctricos de CC están expuestos al impacto de las condiciones atmosféricas durante todo el período de uso de la instalación. Cualquier conexión, disposición y fijación de alambres y cables, apretando los conectores de CC debe realizarse con cuidado y minuciosamente. No se deben introducir productos químicos en los conectores de CC, ya que pueden causar una corrosión más rápida de los materiales a partir de los cuales se hacen las juntas de los conectores.

Según el tipo de instalación y la distribución de sus elementos particulares, el lado de CA se puede hacer en el exterior o en el interior. En cada caso, las disposiciones relativas al conjunto de instalación de CA deben aplicarse absolutamente, mientras que en el caso de instalaciones en exteriores, deben aplicarse materiales resistentes a las condiciones atmosféricas. Después de realizar trabajos relacionados con el cableado, el instalador debe realizar mediciones que verifiquen el estado de toda la instalación fotovoltaica..

#### **Herramientas para el montaje de la estructura de soporte**

La estructura de soporte constituye un elemento de carga para toda la instalación. Desde el punto de vista mecánico, constituye un elemento intermedio entre el suelo (que está constituido por el suelo, la superficie del techo o la fachada del edificio) y los módulos fotovoltaicos. En ambos lados se debe garantizar la conexión segura, duradera y mecánica de todos los elementos que cooperan. Esta estructura se construirá con el uso de máquinas y dispositivos para trabajos en tierra: excavadora pequeña, dispositivo de pilotaje (apilador de pilotes), a veces excavadora sobre orugas para nivelar el desnivel del terreno. Para terrenos inestables, es necesario tener dispositivos para verter cimientos sobre los cuales se deben colocar postes de soporte.



Fig. 1. Conductor de pila para conducir estructuras de tierra

Fuente: <https://solarprofessional.com/articles/design-installation/utility-scale-pv-ground-mount-racking-solutions/page/0/1#.W7z-P3szapo>, (acceso: 20 Septiembre 2018).

Además, para todos los tipos de estructuras de soporte, serán necesarias las llaves de tuercas para atornillar módulos, escaleras de andamios, juegos de nivel y equipos de protección personal muy importantes.

### Herramientas e instrumentación para el montaje de módulos fotovoltaicos

Debido a la construcción simple de módulos fotovoltaicos y diversos elementos de ensamblaje dedicados por varios fabricantes y ajustados a ellos, un conjunto de herramientas para su fundación se reduce al mínimo.

El conjunto de llaves sencillas (en algún momento es suficiente), pistola de rosca, medidor, lápiz. También resulta de la necesaria minimización de la cantidad de herramientas obligatorias para el desempeño de estos trabajos, ya que se realizan a una altura y con frecuencia en una superficie de techo con pendiente.



Fig. 2. Conjunto de montaje ejemplar

Fuente: <https://www.solaris-shop.com/blog/essential-tools-for-solar-installations/>, (acceso: 20 Septiembre 2018).

### Herramientas para el montaje del cableado de corriente continua de la instalación fotovoltaica

Es necesario tener un medidor, un lápiz para determinar las dimensiones y el sitio de la ruta del asa y del cable, la herramienta adecuada para la eliminación del aislamiento y el desmonte del cable.

La mayoría de los fabricantes de conectores fotovoltaicos del lado de CC ofrecen a los instaladores los juegos de herramientas profesionales que permiten el rendimiento de las

conexiones con una resistencia mínima y aseguran la estanqueidad incluso a nivel de IP68. Es muy importante, ya que estos cables funcionan durante todo el año al aire libre en diversas condiciones atmosféricas, a menudo en ambientes húmedos o húmedos.



Fig. 3. Conjunto de herramientas para conectores fotovoltaicos.

Fuente: <http://www.lensunsolar.com/Lensun-MC3-MC4-Solar-Crimping-Tools-Solar-PV-Tool-Kits,Crimper-Stripper-cutter-spanners>, (acceso: 20 Septiembre 2018).

### Herramientas para el montaje de inversores fotovoltaicos

Los inversores fotovoltaicos, según la potencia máxima procesada, constituyen herramientas pesadas. Además, a pesar de su alta eficiencia, las pérdidas generadas durante su operación requieren una disipación de calor efectiva a través del sistema del radiador. Cada fabricante incluye una plantilla relevante para marcar los agujeros de las paredes en su manual.

Además, el taladro con las brocas apropiadas y la llave fija (tal vez la pistola de tornillo) para atornillar las manijas para colgar el inversor. Para conectar la parte eléctrica, serán necesarios dispositivos de medición (voltaje, corriente, resistencia).

### Herramientas para el montaje del cableado AC de la instalación fotovoltaica

La instalación de CA se puede realizar con el uso de dispositivos de medición aplicados para el ensamblaje del inversor, mientras que las rutas de los cables de guía, el pelado de cables para la conexión requerirán el taladro, la pistola de tornillo y, a veces, el juego de llaves.



Fig. 4. Ejemplares de herramientas para trabajar en la instalación de aire acondicionado.

Fuente: <https://www.wihatools.com/insulated-slimline-blade-19pc-set>, <http://www.imtechie.in/best-drilling-machine-reviews/>, (acceso: 20 Septiembre 2018).

Deben ser necesarios los dispositivos para determinar la longitud del cable, marcar los puntos posibles para el avellanado a los fines de la fijación de la ruta del cable.

### Aparatos de medición para controlar la instalación fotovoltaica

Una vez finalizada la instalación de la instalación fotovoltaica y el rendimiento del proceso de configuración y ajuste del sistema, se deben realizar las mediciones finales de toda la instalación.

Las mediciones eléctricas deben realizarse con el uso de dispositivos de medición legalizados para la medición de voltaje, corriente y resistencia. Será necesario un dispositivo para controlar la resistencia de tierra.



Fig. 5. Conjunto de dispositivos para medir la instalación fotovoltaica.

Fuente: <https://www.benning.de/products-en/testing-measuring-and-safety-equipment/measuring-devices-for-photovoltaic/photovoltaic-tester-benning-pv-1-1.html>, (acceso: 20 Septiembre 2018).

Si es necesario determinar con precisión toda la capacidad del sistema, será necesaria la determinación de la irradiación solar. Esta medición requiere el uso de un piranómetro, un instrumento para medir la irradiación total de la semiesfera, producida por reflexión y difusión, generalmente dentro del espectro completo del espectro solar.



Fig. 6. Piranómetro

Fuente: <https://www.test-therm.pl/katalog-produktow/meteorologia/pyranometry-promieniowanie-calkowite-rozproszone-i-odbite/lp-pyra-12>, (acceso: 20 Septiembre 2018).

La medición selectiva de los rangos de radiación seleccionados es posible mediante la aplicación de filtros relevantes.

#### 4.4. Principios prácticos de instalación de módulos, selección y dimensionamiento de alambres y cables

La instalación del módulo fotovoltaico debe realizarse de acuerdo con las recomendaciones del fabricante del módulo. Sin embargo, hay algunas pautas generales sobre la mayoría de los módulos fotovoltaicos disponibles en el mercado europeo.

##### Directrices y recomendaciones del fabricante de módulos fotovoltaicos

Cada fabricante de módulos fotovoltaicos especifica el conjunto de recomendaciones necesarias, las pautas necesarias para el montaje correcto de este elemento en la tarjeta de catálogo y en el manual de montaje. Además, define una serie de reservas relativas a las operaciones que no deben realizarse durante el montaje y la operación. El cumplimiento de las condiciones anteriores permitirá el funcionamiento correcto del módulo durante toda su vida útil.

##### Inspección del módulo fotovoltaico, detección de daños mecánicos

La inspección del módulo fotovoltaico se debe realizar para detectar daños mecánicos. El instalador no debe instalar un módulo dañado. Esto provocaría un funcionamiento defectuoso de toda la cadena fotovoltaica en la que está incluida. El marco debe estar completamente controlado, ya sea que no esté dañado, así como la hermeticidad de la parte delantera y trasera del módulo, la calidad de la fijación de la caja de conexión, los cables y los enchufes de CC deben verificarse.



Fig. 1. Ejemplo de módulo fotovoltaico fallido

Fuente: <https://www.homepower.com/articles/solar-electricity/design-installation/potential-pv-problems>, (acceso: 20 Septiembre 2018).

El instalador, mientras comienza a trabajar, especifica en función del diseño del sitio de instalación para los módulos fotovoltaicos y verifica las suposiciones del diseño con respecto al posible sombreado.

## Verificación de las condiciones de campo con respecto al posible sombreado de la instalación fotovoltaica

Obstáculos de campo tales como árboles, edificios anteriores, chimeneas, etc. Constituyen elementos naturales que causan el sombreado de los módulos fotovoltaicos. El instalador debe prever cómo la sombra del elemento anterior reducirá la producción efectiva de electricidad en el caso específico. Puede usar herramientas de software para este propósito, en el que puede simular la capacidad de toda la instalación después de un mapeo adecuado de toda la instalación junto con obstáculos de campo y urbanos.

## Disposición vertical y horizontal de módulos fotovoltaicos

Esta visualización puede cubrir la disposición vertical y horizontal de los módulos. El mejor efecto se puede obtener cuando una parte de los módulos funciona verticalmente y la otra parte, horizontalmente. Esta situación ocurrirá en el caso del tipo de instalación de este a oeste y en ambas direcciones se producirán diversos obstáculos de campo y de construcción.

## Exposición a la radiación solar de módulos que estén en la misma cadena fotovoltaica o colector

Con el fin de maximizar el rendimiento en el proceso de generación de electricidad, uno debe esforzarse por tal disposición de módulos en la misma cadena fotovoltaica para que la exposición a la radiación sea la misma para cada módulo. Al aplicar este principio a cada cadena, podemos esperar la recepción de corrientes de salida máximas para cada una de ellas.

## Verificación de selección de sección de cable

Debido a la naturaleza específica de la instalación de corriente continua en la instalación fotovoltaica, es necesario seleccionar correctamente la sección del cable. Si bien conocemos las corrientes de salida de cada cadena, podemos verificar la selección correcta de cables en los colectores y en todo el generador.

Durante la selección y verificación de la sección transversal del cable, se deben considerar los siguientes factores significativos:

- tensión nominal de los cables,
- corriente nominal de los cables,
- minimización de las pérdidas de transmisión.

Las secciones transversales de los cables deben seleccionarse de manera que constituyan una baja resistencia para la corriente eléctrica que fluye, mientras que el tamaño de las pérdidas en la ruta de los módulos fotovoltaicos → inversor → conexión de la fuente de alimentación no debe superar el 1% (para el lado de CC y CA).

### Resistencia específica de alambres de cobre para:

2.5 mm<sup>2</sup> – 0.0074 Ω/m,  
4.0 mm<sup>2</sup> – 0.0046 Ω/m,  
6.0 mm<sup>2</sup> – 0.0031 Ω/m,

10.0 mm<sup>2</sup> – 0.0018 Ω/m,  
25.0 mm<sup>2</sup> – 0.00073 Ω/m,  
35.0 mm<sup>2</sup> – 0.00049 Ω/m,

## Requisitos para cables fotovoltaicos

Los cables deben estar equipados con una doble capa de aislamiento: básico y adicional, que en caso de daño a un aislamiento protege de la electrocución y el fuego. El radio de curvatura del cable debe ser lo suficientemente grande para facilitar el montaje y protegerlo de daños internos. La flexibilidad del conductor debe pertenecer a la quinta o sexta clase, lo que significa que el cable es muy flexible y resistente a cualquier movimiento.

Un material a partir del cual se realiza el aislamiento externo debe ser resistente a cualquier tipo de aceites y factores químicos que lo afectarán por un largo tiempo. La temperatura de operación debe exceder los 100 grados Celsius, mientras que el conductor en el cortocircuito debe soportar la temperatura que exceda los 200 grados Celsius por un par de segundos. Cuanto mayor sea la resistencia térmica del conductor, mejor. Además, la resistencia del cable a temperaturas bajo cero es muy importante, ya que los cables en las instalaciones fotovoltaicas deben funcionar durante todo el año, también en invierno. Aquí, el estándar es la resistencia a 40 grados bajo cero, sin embargo, algunos fabricantes ofrecen cables con una resistencia de hasta 50 grados. La durabilidad del cable debería ser de al menos tantos años como el período libre de fallas para la instalación fotovoltaica, es decir, aproximadamente. 20 años. Ahora, muchos fabricantes ofrecen cables cuya resistencia se define como 30 años. Los cables de instalación fotovoltaica también deben describirse con insensibilidad a la radiación UV.



Fig. 3. Estructura del cable fotovoltaico, donde: 1. Conductor de cobre flexible de múltiples hilas (conductor), 2. Primera capa de aislamiento, caucho libre de halógenos, blanco LSZH (aislamiento), 3. Segunda capa de aislamiento, goma libre de halógenos, que evita la propagación de las llamas, libre de humo. Negro o rojo (funda exterior)

Fuente: <https://voltaconsolar.com/solar-products/pv-cables/solar-cables/red-solar-cable-100m-drum-6mm.html>, (acceso: 20 Septiembre 2018).

## Parámetros operativos ejemplares

### 1. Temperatura de funcionamiento:

- temperatura máxima de funcionamiento: 120 ° C,
- temperatura máxima del conductor durante el cortocircuito: 250°C (máx. 5 s),
- temperatura mínima de funcionamiento: -40 ° C.

### 2. Propiedades de fuego:

- baja emisión de gases corrosivos según UNE-EN 60754-2 e IEC 60754-2,
- baja emisión de densidad de los humos emitidos durante la combustión según UNE-EN 61034 e IEC 61034,
- degradado transparente > 60%,
- resistencia a la propagación de la llama: UNE-EN 60332-1 e IEC 60332-1 (prueba en un solo cable / cable),
- propiedades libres de halógenos según UNE-EN 60754-1 e IEC 60754-1.

3. Resistencia al agua:
  - protección contra inundaciones AD8.
4. Propiedades mecánicas:
  - radio de curvatura mínimo: 3x diámetro del cable,
  - resistencia al impacto: AG2 – resistencia promedio.
5. Propiedades eléctricas:
  - tensión nominal de CC: 1,8 kV.
6. Resistencia química:
  - resistencia a los aceites y factores químicos: excelente,
  - resistencia a los lubricantes y aceites minerales: excelente,
  - resistencia a los rayos UV según EN 50618, TÜV 2Pfg 1169-08 y UL 2556.

La ruta del cable debe ser lo más corta posible desde un lado, pero también debe considerar la minimización de los riesgos relacionados con los rayos.

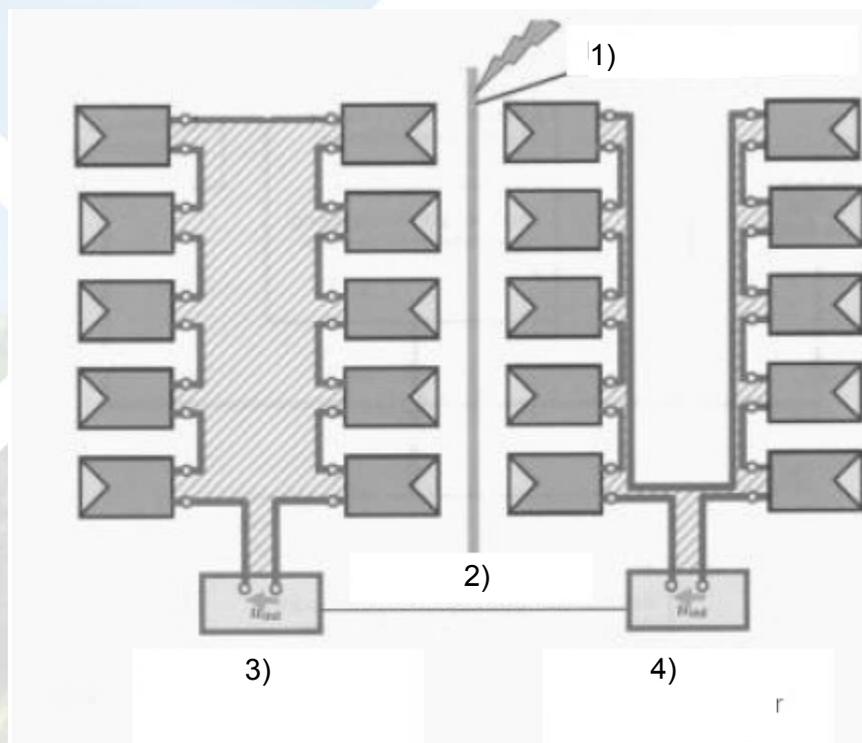


Fig. 4. Disposición adecuada e incorrecta de los cables de CC, donde: 1) Pararrayos, 2) Caja de conexiones del panel, 3) Falso: Área grande para acoplamiento inductivo, 4) Correcto: un área minimizada para el acoplamiento inductivo

Fuente: <http://www.tec-institut.com/construction-of-a-100-kwp-solar-power-system-on-top-of-carports-built-for-a-parking-lot-with-60-parking-spaces-on-company-premises/>, (acceso: 20 Septiembre 2018).

### Cables para partes de la instalación de baja tensión AC

Los cables para el circuito de CA deben ser flexibles, resistentes al aceite y autoextinguibles. Puede disponerse directamente en el suelo e instalarse en canales, escaleras de cable y en canales de cable. El cable debe ser resistente a la radiación UV y preparado para su instalación fuera de las instalaciones sin la aplicación de protección adicional también para aplicaciones en condiciones de humedad, incluida la inmersión total a corto plazo en agua.

Los conductores flexibles de múltiples cadenas deben pertenecer a la clase de flexibilidad 5 según IEC 60228 y están hechos de cobre electrolítico. La alta flexibilidad y el pequeño radio de curvatura (5 x diámetro del cable) facilitan significativamente el proceso de instalación, lo que permite una disposición más rápida de los cables, incluso en condiciones y lugares especialmente exigentes con acceso limitado. El aislamiento del conductor debe estar hecho de polietileno reticulado XLPE. Gracias a esto, es posible obtener mejores parámetros eléctricos del cable (mayor capacidad de carga a largo plazo, menor pérdida, mayor resistencia eléctrica) que en el caso de cables con aislamiento de conductor de PVC. Una gama más amplia de temperaturas de funcionamiento del cable (de -40°C a 90°C), mientras que en el corto circuito la temperatura máxima aceptable llega a 250°C (hasta 5 s).

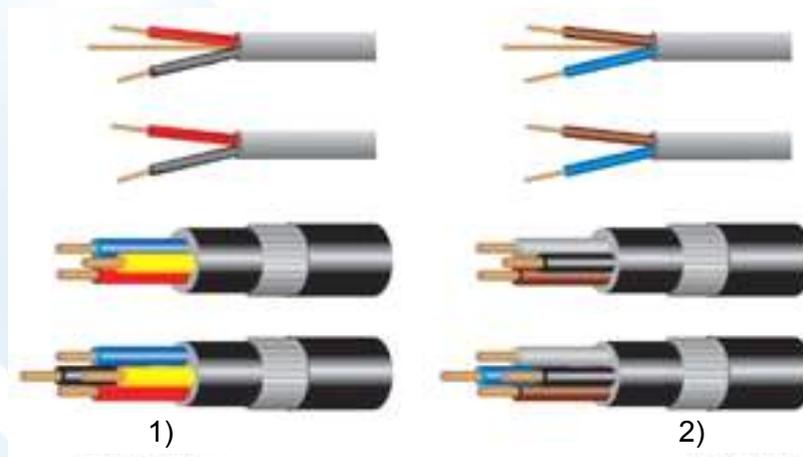


Fig. 5. Estructura del cable AC, donde: 1) Color existente, 2) Nueve color

Fuente: [https://www.emsd.gov.hk/minisites/New\\_Cable\\_Colour\\_Code/en/tech1.html](https://www.emsd.gov.hk/minisites/New_Cable_Colour_Code/en/tech1.html), (Acceso: 20 Septiembre 2018).

Si la instalación fotovoltaica se realiza en edificios de servicios públicos o se requieren parámetros más altos con respecto a la seguridad contra incendios para la parte de CA, se recomienda la aplicación de cables libres de halógenos.

Si hay fuego, no emiten compuestos halógenos venenosos, como el cloro, el flúor, el bromo y el yodo. Se caracterizan por un bajo nivel de emisión de gases tóxicos y gases agresivos corrosivos. La cantidad y densidad del humo emitido son bajas, mientras que su gradiente de transparencia supera el 60%. Tienen propiedades autoextinguibles y, en caso de incendio, no propagan llamas, tanto en un cable individual como en un arnés de cableado. Pueden disponerse directamente en el suelo, así como dentro y fuera de las instalaciones, sin la necesidad de protección adicional contra el impacto ambiental externo. El revestimiento externo de los cables está hecho de plásticos libres de halógenos, altamente resistentes a la radiación UV y bien resistentes a los aceites. El polietileno reticulado aplicado en el aislamiento del conductor permite el funcionamiento dentro del rango de temperaturas de -40°C a +90°C, mientras que la temperatura más alta aceptable del conductor en las condiciones de cortocircuito llega a 250°C. En ambos casos, están disponibles para cables de CC y CA con protección anti-roedores. Todos los tipos incluyen el etiquetado de secciones de un metro, lo que facilita significativamente el trabajo de los instaladores.

## Conectores de corriente continua en instalaciones fotovoltaicas

El conector fotovoltaico está compuesto por el par conector. Los interruptores, apretados en los cables que entran en el conector, están ubicados dentro de los aisladores. Las entradas de cables están protegidas con sellos y tapa. Gracias al mantenimiento de la dependencia entre la polaridad de la conexión y una pieza de conector ensamblada en el cable (ENCHUFE "minus" y ENCHUFE "plus"), el trabajo del instalador se facilita considerablemente. Permite evitar errores relacionados con la polaridad de la conexión si es necesario desconectar y volver a conectar los cables de instalación del módulo fotovoltaico.

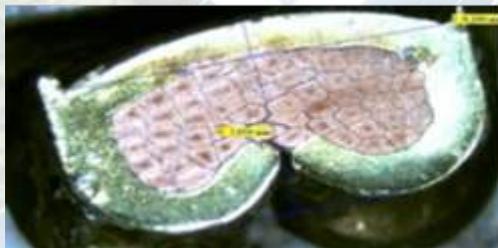


Fig. 6. Enchufe (+) y enchufe (-) del conector fotovoltaico

Fuente: <https://www.fabian.com.mt/en/products/webshop/14928/solar-----power-connector-mc4-plug-and-socket-kitf.htm>, (acceso: 20 Septiembre 2018).

La parte inferior del conector está constituida por interruptores, es decir, elementos conductores apretados en los cables que entran en los conectores y luego aseguran el contacto dentro del conector. Su correcto ajuste y la calidad del contacto en sí es crucial si se trata de la durabilidad de este elemento y las pérdidas que puede introducir como resultado de la resistencia, lo que puede causar fallas. La resistencia del conector es un parámetro muy importante debido a la pérdida de eficiencia que pueden causar en el sistema fotovoltaico. En la sección de cableado del módulo, este valor se multiplica debido a la aparición de más conectores (módulos, cajas agregadas), lo que hace que la resistencia baja (y estable en un período de varios años) de los conectores correctamente apretados sea importante.

(a)



(b)

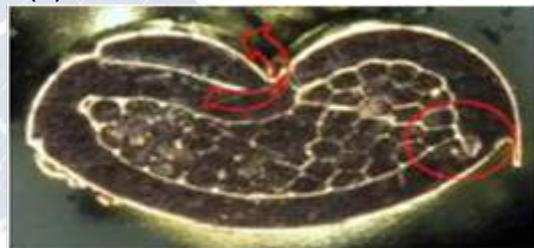


Fig. 7. Corrija (a) e incorrectamente (b) los cables en el conector fotovoltaico

Fuente: [kabelforum.de](http://kabelforum.de), (acceso: 20 Septiembre 2018).

Las razones de fracaso pueden ser varias:

- baja calidad del conector,
- conexión floja que resulta de cambios continuos en la temperatura, vibraciones, fatiga del material o instalación incorrecta,
- daños mecánicos en el aislamiento como resultado de rasguños o impacto directo de fuerzas externas (viento, formación de hielo, temperatura y radiación solar),
- degradación del aislamiento debido a factores ambientales (radiación UV, humedad, productos químicos, calor),
- daños en el aislamiento por roedores e insectos,
- daños por aislamiento contra sobretensiones.

Además de la resistencia al fallo, también es importante que los cables no causen pérdidas en la eficiencia del sistema.

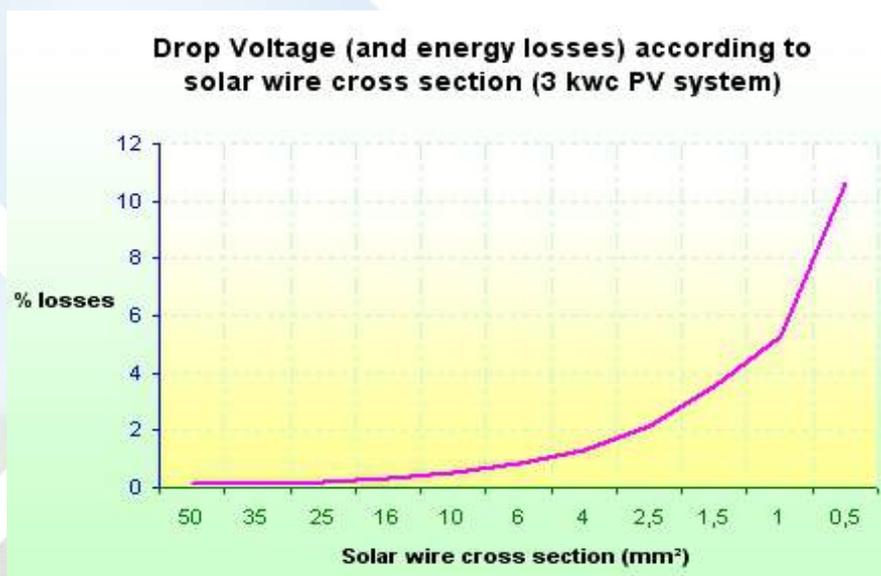


Fig. 8. Pérdidas en el cableado de CC, donde: – Volt Voltaje de caída (y pérdidas de energía) según la sección del cable solar (sistema fotovoltaico de 3 kwc), – % de pérdidas, – Sección transversal del cable solar (mm<sup>2</sup>)

Fuente: <https://photovoltaic-software.com/solar-tools/dc-ac-drop-voltage-calculator>, (acceso: 20 Septiembre 2018).

### Operaciones relacionadas con la conexión y desconexión de elementos del generador fotovoltaico

La conexión del generador debe procesarse en la secuencia estrictamente especificada:

- montaje de la estructura de soporte,
- instalación de módulos en la secuencia consistente con el diseño,
- conexiones de cable de CC en particular en colectores con énfasis en la fijación segura y duradera del cableado a la estructura de soporte o elementos de techo,
- montaje de la caja de conexiones de CC y protecciones,
- conexión de colectores particulares a la caja de conexiones,
- si se produce una instalación eléctrica en la instalación, debe estar conectada,
- verificación de todo lo referente a electricidad y tecnicidad.

## Disposición de los mazos de cables y cables de la instalación fotovoltaica

### Principios del montaje de cables fotovoltaicos en sistemas de cubiertas

Los alambres no pueden colgarse flojamente, "balancearse" o apoyarse sobre la superficie del techo, especialmente en áreas de circulación. Los cables deben estar protegidos, por ejemplo. Con el uso de clips de banda o poner en rutas de cable, tableros, conductos, etc. Además, los cables no pueden estar apretados, doblados excesivamente o no pueden tocar elementos del sistema fotovoltaico o del edificio. Amenaza con daños en el aislamiento. Los cables deben ser guiados a la caja agregada. Se debe asegurar un sello adecuado para evitar fugas hacia el interior de la caja, lo que puede provocar cortocircuitos y la posible aparición de un arco eléctrico.

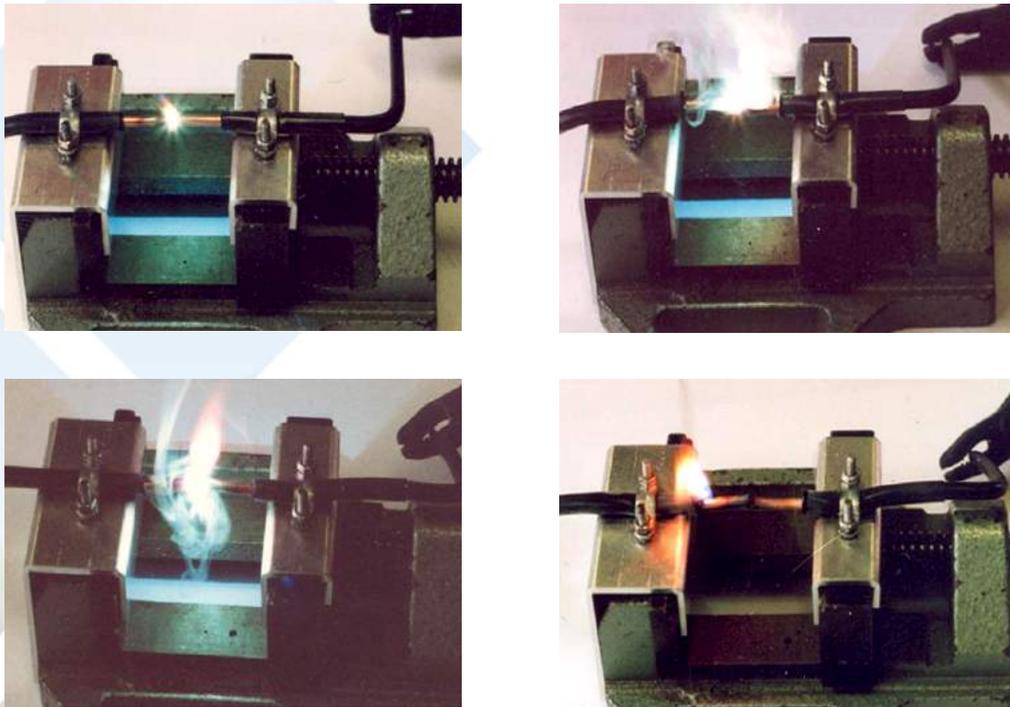


Fig. 9. Arco eléctrico en el circuito de CC.

Fuente: *ALTENER Projekt Soltrain 2004 Fraunhofer ISE*, (acceso: 20 Septiembre 2018).

### Principios del montaje de cables fotovoltaicos en sistemas terrestres

Los cables en los sistemas terrestres se colocan en conductos.

Los conductos deben proteger los cables de las condiciones atmosféricas, la luz solar directa y los daños mecánicos. Los conductos de cables evitan también el acceso no autorizado. Los ductos deben colocarse en el suelo o en la estructura de soporte detrás de los módulos fotovoltaicos y deben llevar a la caja de agregados ubicada cerca de las filas de módulos. Los alambres en los conductos no deben estar dispuestos de manera suelta, pero tampoco se pueden fijar demasiado apretados (expansión térmica, tensiones).

Los cables deben guiarse a la caja de agregados y las glándulas deben sellarse adecuadamente para evitar fugas hacia el interior de la caja. Si es posible, las entradas de cables se deben colocar en el lado inferior de la caja. Para proteger mejor la instalación contra el riesgo de chispas o cortocircuitos, los cables positivos y negativos pueden guiarse por separado, con el uso de canales de cable con un compartimento o en canales separados. Si el aislamiento está dañado, los cables se dividen físicamente.

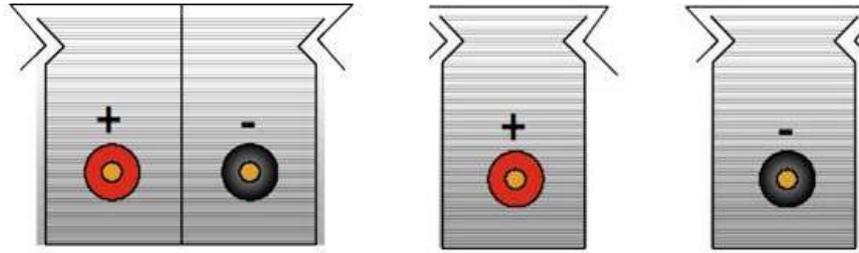


Fig. 10. Corte de cables a través de su disposición en canales.

Fuente: Polskie Towarzystwo Fotowoltaiki. Elementy instalacyjne: kable, złączs i puszki przyłączeniowe.

## 4.5. Puesta en marcha y puesta en marcha del sistema fotovoltaico

### Lanzamiento del sistema fotovoltaico

Cuando todo está finalmente montado, llega el momento del primer lanzamiento de la instalación. La instalación fotovoltaica está compuesta por circuitos de CA y CC, por lo que su puesta en marcha debe realizarse de forma secuencial, verificando y poniendo en marcha cada circuito por separado. La verificación debe incluir el control de la fijación mecánica y la operación eficiente con respecto a la electricidad.

### Secuencia de activación y desactivación de elementos particulares en la instalación fotovoltaica

El elemento básico de cada instalación fotovoltaica está constituido por el dispositivo alcanzado por la energía producida en módulos fotovoltaicos que fluye más hacia los circuitos de salida. Según el tipo de instalación, este será el regulador de carga o el inversor fotovoltaico.

Sin embargo, antes de configurar estos dispositivos, las acciones de control deben realizarse con respecto a otros elementos de instalación.

- En la instalación de CC, se debe realizar el control eléctrico y el control de los generadores de ensamblaje para todos los elementos del generador fotovoltaico.

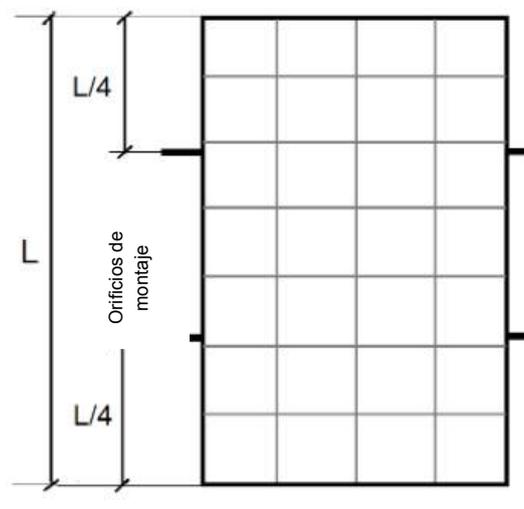


Fig. 1. Distancias de montaje adecuadas para módulos que funcionan verticalmente (orificios de montaje)

Fuente: [http://www.suntrans.pl/produkty/moduly/instrukcja\\_montazu\\_i\\_uzytowania\\_modulu\\_pv\\_05\\_08.pdf](http://www.suntrans.pl/produkty/moduly/instrukcja_montazu_i_uzytowania_modulu_pv_05_08.pdf), (acceso: 20 Septiembre 2018).

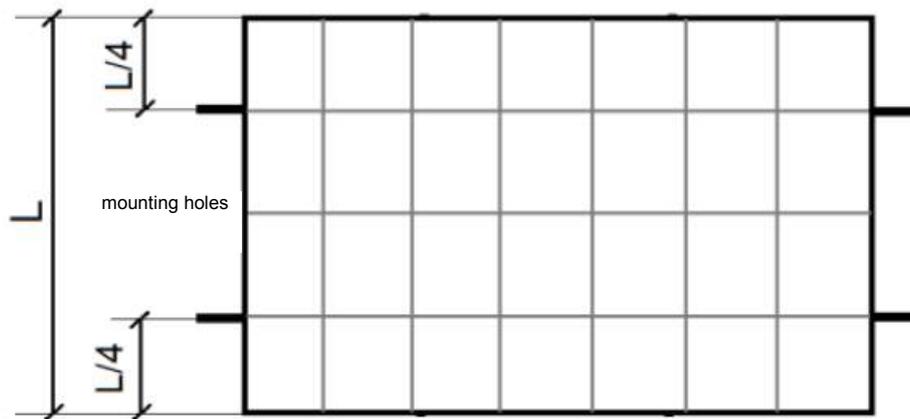


Fig. 2. Distancias de montaje adecuadas para módulos que operan horizontalmente (orificios de montaje)  
 Fuente: [http://www.suntrans.pl/produkty/moduly/instrukcja\\_montazu\\_i\\_uzytkowania\\_modulu\\_pv\\_05\\_08.pdf](http://www.suntrans.pl/produkty/moduly/instrukcja_montazu_i_uzytkowania_modulu_pv_05_08.pdf),  
 (acceso: 20 Septiembre 2018).

- Verificamos si los módulos se ensamblan de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.
- verificamos la ubicación de la caja de montaje en cada módulo.
- controlamos la corrección de las conexiones eléctricas y la fijación de los cables que conectan módulos particulares, poniendo especial énfasis en la polaridad.
- verificamos la tensión de salida del colector (en el caso de una mayor cantidad de colectores, esta acción debe repetirse para todos los colectores) antes de la caja de conexión.
- controlamos la exactitud del ensamblaje de la caja de conexión y los dispositivos ubicados allí: fusibles de CC, protecciones SPD e interruptor principal de CC.
- verificamos el ensamblaje del cable de CC principal desde la caja de conexión a las entradas de CC en el inversor.
- medimos la tensión de salida de CC de los módulos y también la tensión de entrada de CC para el inversor.
- si la instalación del rayo está presente en nuestra instalación, también verificamos la exactitud de su rendimiento, ya que en esta situación constituye una parte integral de la instalación de CC.

### Conexión y configuración del regulador de carga

El regulador de voltaje constituye el dispositivo aplicado en sistemas fotovoltaicos fuera de la red, por lo que no está conectado a la red de alimentación. Tales instalaciones constituyen instalaciones autónomas desde el punto de vista del usuario, ya que aseguran el suministro de electricidad a los receptores.

Como la instalación fuera de la red propia puede constituir la única fuente de energía en la ubicación dada, el regulador debe instalarse con la debida diligencia, garantizando al usuario la exactitud de su funcionamiento. La secuencia de acciones es la siguiente:

- Monte el regulador en posición vertical para garantizar el flujo libre de aire de refrigeración desde la parte inferior hasta la parte superior por el radiador.
- Verifique si la corriente de salida aceptable del generador fotovoltaico y la corriente de entrada del receptor no exceden los datos del modelo instalado.

- En primer lugar, la batería debe estar conectada y luego los receptores.
- Se debe considerar el estado de carga de la batería: de acuerdo con el tipo de regulador, debe ser visible en la pantalla LCD o en el indicador LED.
- Seleccione un tipo de batería para ser conectado.
- Establezca correctamente la tensión nominal de la batería (12V, 24V, 48V u otra disponible en el regulador).
- Dependiendo del estado de carga, se deben realizar las acciones adicionales indicadas en las instrucciones de montaje.
- Conecte el generador fotovoltaico al regulador.
- Encienda el regulador fotovoltaico con el botón ON / OFF.
- Si el regulador tiene la función de autopruueba, debe llevarse a cabo.
- Si no existe tal función, proceda de acuerdo con las pautas del fabricante.
- Si las acciones de conexión se realizan correctamente, el sistema debería funcionar y en condiciones de radiación solar, dependiendo del estado de carga de la batería, debemos observar un modo de operación apropiado (carga de la batería o transmisión de energía a los receptores).

#### Conexión y configuración del inversor de red

Hay muchos tipos de inversores fotovoltaicos y muchos fabricantes. La puesta en marcha de cada uno de ellos se realiza de manera diferente y se describe detalladamente en el manual de instalación y uso de cada uno de ellos. A continuación puede encontrar los problemas básicos discutidos y, cuando sea necesaria una acción en particular, debe consultar el modelo específico y las instrucciones del fabricante para llevar a cabo el proceso correctamente.

Como el inversor constituye un dispositivo de potencia y voltaje relativamente altos, y las corrientes en el lado de CC y CA representan un riesgo para la salud y la vida del usuario y del instalador, los principios y advertencias de SSO proporcionados por los fabricantes deben seguirse absolutamente (los básicos se describen debajo):

- En las pinzas y en los cables del inversor, pueden aparecer voltajes peligrosos para la vida también después de su apagado y desconexión.
- El inversor debe estar cerrado durante su funcionamiento.
- No se deben tocar los cables ni las abrazaderas mientras se enciende y apaga.
- No se deben realizar cambios en el inversor.
- La seguridad operativa debe garantizarse mediante una conexión a tierra adecuada, la selección de cables y la protección adecuada contra cortocircuitos.
- Antes de comenzar los trabajos de inspección o mantenimiento, todas las fuentes de voltaje deben estar apagadas y protegidas de la activación involuntaria.
- Las personas no autorizadas deben mantenerse alejadas del inversor y de la instalación fotovoltaica.
- En particular, se debe seguir la norma PN-EN-60364-7-712 "Requisitos para el establecimiento de trabajo, instalaciones e instalaciones de un tipo especial: sistemas de suministro fotovoltaico".

Durante la ejecución en vivo de las mediciones en el inversor, se deben cumplir los siguientes principios:

- Quítese las joyas de los dedos y las muñecas.

- No toque las conexiones eléctricas.
- Utilizar instrumentos de medida seguros y legalizados.
- Párese en el suelo aislado durante el trabajo en el inversor fotovoltaico.

La seguridad operativa de los inversores está garantizada a través de:

- Los protectores / varistores de rayos protegen los circuitos de entrada de las sobrecargas de energía de alta carga de energía en el lado de la red y el generador.
- Control de temperatura del elemento de refrigeración.
- Filtro EMC que protege al inversor de interferencias de alta frecuencia.
- Varistores en el lado de la red de CA, que protegen los inversores de sobretensiones y series de sobretensiones.

Preste atención a las condiciones en las que debe operar el inversor (instrucciones de uso del inversor):

- En todos los casos, debe garantizarse la eliminación del exceso de calor del inversor.
- Asegurar la circulación de aire sin perturbaciones.
- Garantizar el buen acceso a un mayor servicio y mantenimiento del inversor.
- Proteger del exceso de humedad y radiación solar.
- Si el inversor tiene una pantalla, debe instalarse de manera que permita una fácil lectura de los parámetros de la pantalla.

Posición:

- Montaje autónomo o de pared.
- Capacidad de carga suficiente de las paredes sobre las que se ensambla.
- Paredes realizadas en material resistente a altas temperaturas, resistentes a las llamas.
- Se debe garantizar un espacio mínimo y un fácil acceso para el ingeniero de mantenimiento.

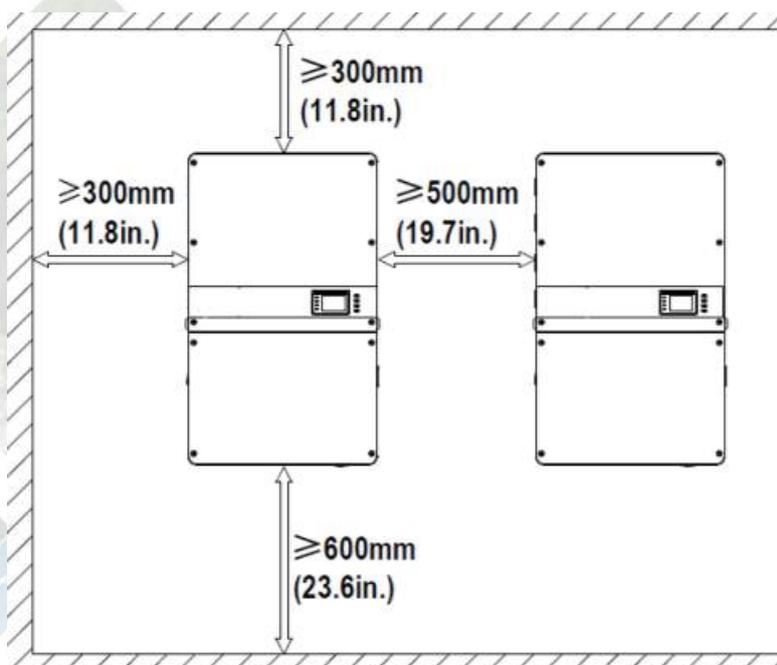


Fig. 3. Distancias ejemplares durante el montaje de un grupo de inversores (tamaños proporcionados en pulgadas)

Fuente: [https://www.solectria.com//site/assets/files/2265/docr-070645-f\\_manual\\_installation\\_and\\_operation\\_pvi\\_50-60tl.pdf](https://www.solectria.com//site/assets/files/2265/docr-070645-f_manual_installation_and_operation_pvi_50-60tl.pdf), (acceso: 20 Septiembre 2018).

Conexión a la red de alimentación:

- El inversor puede ser abierto e instalado solo por un electricista calificado.
- Antes de la conexión a la instalación eléctrica, debe verificarse si el inversor está montado correctamente.
- Desconecte el lado de CA y CC del voltaje y protéjalos de la reactivación.
- Conecte los cables de conexión a la red en la caja de conexión dedicada.
- Antes de introducir un cable de red en el dispositivo, verifique una vez más si el inversor está completamente desconectado de la tensión en el lado de CA y CC.

En el caso de alta resistencia de los cables, es decir, en cables muy largos en el lado de la red, el voltaje en las pinzas de red del inversor aumenta durante la operación en el modo de suministro. El inversor controla este voltaje. Si excede el valor límite para la red dada, el inversor se desconectará. Por lo tanto, se debe prestar atención a secciones transversales de cables suficientemente grandes y a sus pequeñas distancias para minimizar la resistencia del cable.

En instalaciones con muchos inversores, se debe prestar atención a la activación de los inversores en varias fases para evitar la asimetría en la red.

#### Activación del inversor

- Compruebe si el inversor está montado y conectado a la instalación eléctrica.
- Compruebe si la tapa de la caja de conexión está conectada a tierra y cerrada.
- Compruebe si el generador fotovoltaico proporciona una tensión mayor que la tensión de entrada de CC mínima en el inversor.
- Conecte el generador fotovoltaico a través del seccionador de CC.
- Conecte la tensión de red a través de fusibles externos.
- El inversor debe iniciar la operación.
- La primera activación se describe en las instrucciones de uso para inversores específicos.

#### Comunicación remota con el dispositivo (regulador de carga o inversor)

- La comunicación con el uso del sistema de bus RS 485 se produce con el uso de dos cables de señal, Data "plus" y Data "minus". Para eliminar la interferencia, el par trenzado blindado debe utilizarse como cable de comunicación.
- Conecte la pantalla a PE solo desde un lado.
- Debe prestarse atención a la conexión correcta de los conductores Datos "más" y Datos "menos".
- En el caso de cambio de lugares de conductor, la comunicación es imposible.
- Durante la conexión DATA + y DATA-, se debe prestar atención al par de conductores adecuado.
- No coloque los cables del sistema de bus RS485 cerca de cables conductores eléctricos de CC / CA.
- Los dispositivos deben conectarse en paralelo y cada suscriptor del sistema de bus (inversor, sensor) debe tener una dirección única.
- El circuito de comunicación debe terminar con el dispositivo final, denominado terminador.

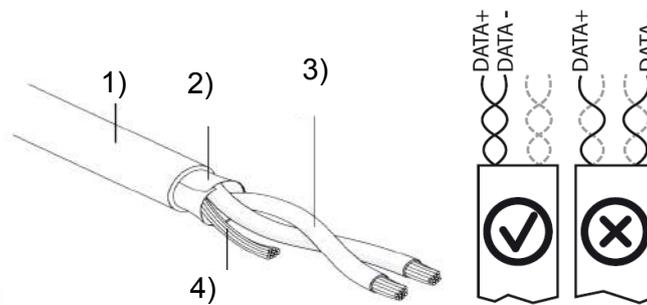


Fig. 4. Par trenzado de comunicación para RS 485, donde: 1) Cubierta – Primera capa de aislamiento, 2) Blindaje (tipo lámina) – Aislamiento tipo lámina, 3) Par trenzado – par de cables, 4) Obtención de escudo – puesta a tierra, 5) Data+, 6) Data-.

Fuente: <https://electrical-engineering-portal.com/correct-cabling-modbus-rs485>, (acceso: 20 Septiembre 2018).

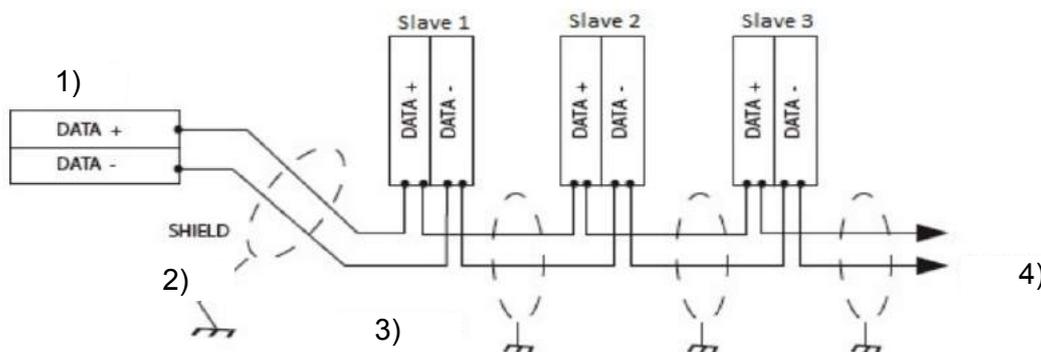


Fig. 5. Conexiones paralelas de varios inversores en el caso de comunicación con el protocolo RS 485, donde: 1) Maestro, 2) Escudo, 3) Un par trenzado, 4) Sobre los dispositivos RS-485 restantes

Fuente: [https://www.solectria.com//site/assets/files/1611/commercial\\_inverters\\_communication\\_manual.pdf](https://www.solectria.com//site/assets/files/1611/commercial_inverters_communication_manual.pdf), (acceso: 20 Septiembre 2018).

## 4.6. Cooperación de baterías con sistemas fotovoltaicos

### Necesidad de almacenamiento de energía

El almacenamiento de energía eléctrica se produce con el uso de baterías. Hay disponibles muchos tipos de baterías, a partir de ácido, gel, níquel, y baterías de litio. Cada tecnología se caracteriza por su vida útil contada en años, número de ciclos de carga y descarga, profundidad de descarga, corriente de salida máxima, etc.

La selección de una buena batería debe ir precedida de un análisis de parámetros en referencia al propósito planificado de la batería.

### Requisitos generales relativos a las baterías:

- gran número de ciclos > 5,000,
- baja autodescarga,
- posible comunicación con los sistemas fotovoltaicos, en particular con el inversor,
- gran capacidad de corriente tanto en la carga como en la descarga,
- amplio rango de temperatura de operación,
- larga vida > 15 años,
- escalabilidad (construcción modular),
- libre de mantenimiento,
- alto nivel de seguridad,
- acceso a los parámetros clave del almacén – en línea.

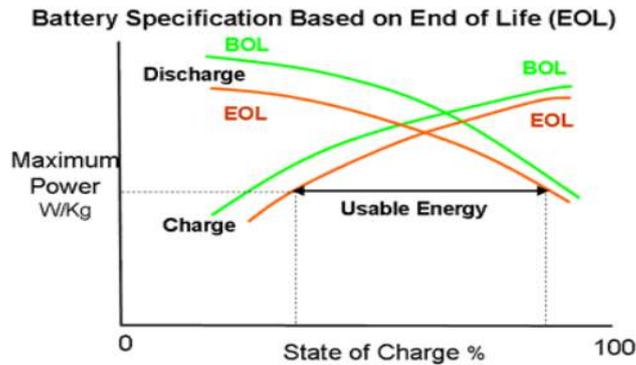


Fig. 1. Densidad de potencia máxima según el estado de carga en todo el ciclo de vida de las baterías, donde:  
 – Especificación de la batería basada en el final de la vida útil (EOL): densidad de potencia máxima según el estado de carga en todo el ciclo de vida de las baterías (EOL): – Potencia máxima, – Estado de carga, – Descarga, – Carga, – Energía utilizable

Fuente: <https://www.mpoweruk.com/traction.html> (acceso: 20 Septiembre 2018).

## Datos generales de las baterías

### Baterías sulfúricas y de plomo

- 1) Compuesto por celdas conectadas en serie.
- 2) Voltaje nominal de una sola celda: 1.8-2.1V
- 3) El plomo constituye el componente básico.
- 4) Los electrodos están hechos de discos de plomo, marcos, con (II) monóxido de plomo (PbO) presionado en ellos. Después de colocar el disco en un plato que está constituido por la caja de la batería, se introduce una solución acuosa al 20% de ácido sulfúrico (VI) con una densidad de  $1.15 \text{ g / cm}^3$  en la temperatura de  $25 \text{ }^\circ \text{C}$ .

### Baterías VRLA (ácido de plomo regulado por válvula)

- 1) Tipo de ácido y batería de plomo, con gel electrolito. El ácido sulfúrico, después de mezclarlo con sílice, crea la masa de gel.

### Baterías AGM (estera de vidrio absorbente)

- 1) Una tecnología en la que el electrolito se absorbe en el separador hecho de estera de vidrio.
- 2) Gran capacidad relacionada con muy alto peso.
- 3) Voltaje obtenido en función de varias celdas conectadas: 6, 12, 24 => 12 V, 24 V, 48 V.
- 4) Aplicaciones estacionarias (cuartos de baterías, UPS), junto con instalaciones solares, pero el número limitado de ciclos.

### Baterías de niCd

- 1) Baja tensión nominal 1.2 V / celda.
- 2) Constancia de alta tensión durante la descarga.
- 3) Baja dependencia de capacidad en la corriente de descarga.
- 4) Buenos parámetros en bajas temperaturas durante la descarga.
- 5) Alta durabilidad cíclica.
- 6) Efecto de la memoria.
- 7) Ciclicidad hasta 1.200 ciclos.

### Baterías de NiMH

- 1) Tensión nominal 1.2 V / celda.
- 2) Baja dependencia de capacidad en la velocidad de descarga.
- 3) Buenos parámetros en bajas temperaturas para bajas.
- 4) Buena aceptabilidad desde el punto de vista de la protección del medio ambiente.
- 5) Ciclos de resistencia 500-1.000 (1.500 \*).

### Baterías de iones de litio

- 1) Densidad de energía 130-200 Wh / k, 300 Wh / L.
- 2) Eficacia de carga / descarga: 99,8%.
- 3) Autodescarga: 2% / mes.
- 4) Durabilidad > 5.000 ciclos.

### Baterías de litio-ferrosas

- 1) Densidad de energía 130-200 Wh / kg; 300 Wh / L.
- 2) Eficacia de carga / descarga: 99,8%.
- 3) Autodescarga: 3% / mes.
- 4) Durabilidad > 5.000 ciclos.

### Existen otras tecnologías de almacenamiento de energía:

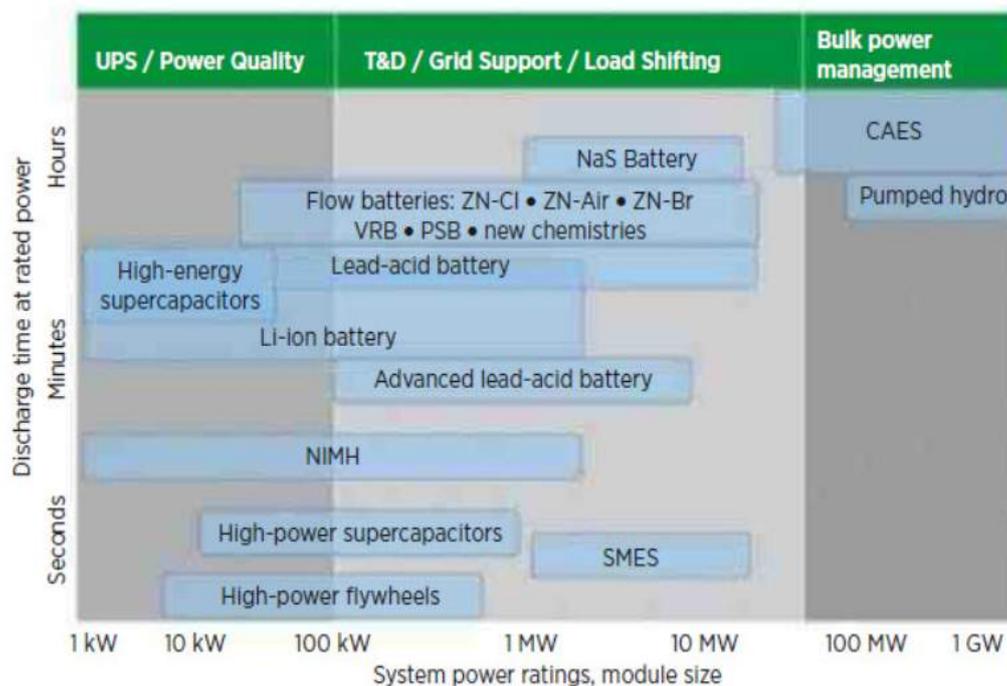


Fig. 2. Disponibilidad de tiempo de varias tecnologías de almacenamiento de energía para varias potencias, donde: Tiempo de descarga a potencia nominal, Segundos, Minutos, Horas, Potencia nominal del sistema, tamaño del módulo, Volantes de alta potencia, PYMES (superconductor de almacenamiento de energía magnética), Supercapacitores de alta potencia, NiMH – Batería de hidruro de níquel-metal; Batería de plomo avanzada, Batería de iones de litio – Batería de litio e iónica, Supercapacitores de alta energía; Batería de ácido sólido, Baterías de flujo: ZN-Cl, ZN-Air, ZN-Br, CRB, PBS, nuevos productos químicos, Batería de NaS, Hidro bombeado, CAES (Almacenamiento de energía de aire comprimido), UPS / Calidad de energía, T&D / Grid Support / Load Shifting, Gestión de potencia a granel

Fuente: <https://hub.globalccsinstitute.com/publications/electricity-storage-and-renewables-island-power-guide-decision-makers/2a-understanding-storage-performance>, (acceso: 20 Septiembre 2018).

### 1) Volantes

La energía se almacena en forma de energía cinética de la masa giratoria. El valor de la energía almacenada aumenta con cada cuadrado de la velocidad angular del giro, que se limita con la resistencia del material aplicado para construir la rueda. Mediante la aplicación de materiales ligeros, es posible lograr mayores velocidades de giro en comparación con materiales más pesados de la misma resistencia al estiramiento, por lo que es posible almacenar más energía.

### 2) Centrales de bombeo

Las centrales hidroeléctricas de almacenamiento están destinadas al almacenamiento de la energía eléctrica recolectada y luego a su retorno a la red. Cuando la demanda de energía es baja, el excedente de energía eléctrica en el sistema se utiliza para bombear agua al contenedor superior. En el período de mayor demanda, el agua fluye desde el contenedor superior al inferior a través de la turbina, generando energía eléctrica. Por lo tanto, los juegos de turbinas reversibles funcionan alternativamente como motor-bomba o turbina-generador. Mientras se considera la disminución del agua evaporada y las pérdidas en el conjunto de turbinas, al producir electricidad, solo se recupera el 70-75% de la energía recolectada para el forzamiento del agua al contenedor superior.

### 3) Aire comprimido

La tecnología abreviada como CAES (almacenamiento de energía de aire comprimido) constituye la modificación de un ciclo tradicional de estaciones de bombeo basadas en turbinas de gas. Esta tecnología aplica energía eléctrica barata y fuera de las horas pico para almacenar aire comprimido, que luego se aplica para impulsar la turbina de gas en el momento pico.

### 4) SMES (Almacenamiento de energía magnético superconductor)

Las SMES almacenan energía en el campo magnético de la bobina hecha de aleaciones especiales. Gracias a los cables de refrigeración a menos de 269°C, la resistencia del material al flujo de corriente disminuye, lo que permite la conducción de valores de corriente muy altos sin pérdidas de energía. Desde el punto de vista de todo el sistema, es necesario considerar el consumo de energía a través del sistema de enfriamiento. El flujo de corriente a través de elementos que no tienen propiedades de superconductividad y conectores electrónicos de potencia, donde se producen pérdidas por cortocircuito, también es necesario. A pesar de esto, la eficiencia general en aplicaciones comerciales es muy alta. La capacidad de almacenamiento (capacidad de energía) de las PYME en aplicaciones comerciales ahora es solo de aprox. 1 kWh, mientras que la potencia de salida máxima es de 1 MW y está limitada por la capacidad de los elementos electrónicos de potencia.

### 5) Supercondensadores

Los supercondensadores almacenan energía en el campo eléctrico creado entre dos electrodos. Sus estructuras básicas y propiedades eléctricas están cercanas a los condensadores convencionales. La estructura del electrodo y la selección del electrolito permiten recibir una alta densidad de carga en la superficie de los electrodos, pero la tensión límite llega a aprox. 2.7V por celda. A pesar del bajo voltaje, la cantidad de energía almacenada es mucho mayor que en los condensadores convencionales y puede alcanzar el nivel de varios Wh para los condensadores más grandes disponibles comercialmente. Los supercondensadores se conectan para obtener módulos más grandes con una capacidad de energía de hasta 1 kWh y además se configuran para crear unidades de almacenamiento de energía más grandes.

Fig. 2 Presenta la disponibilidad de tiempo de varias tecnologías de almacenamiento de energía para varias potencias.

### Tecnologías y costes – hoy y mañana

Como el trabajo cíclico continuo es necesario en los sistemas fotovoltaicos, podemos aplicar los acumuladores que pueden realizar varios miles de ciclos en un amplio rango de temperaturas (Fig. 3).

La necesidad de una comunicación permanente con el sistema y las pequeñas dimensiones requeridas llevan a la conclusión de que solo las tecnologías modernas de ión litio y litio-hierro pueden aplicarse comúnmente en los sistemas fotovoltaicos. Un rápido aumento del interés en el almacenamiento de energía ha llevado recientemente a una reducción significativa de los precios. Desde el nivel de más de EUR 1.000 / kWh a EUR 400 / kWh para un completo sistema de almacenamiento de energía. Se prevé que estos precios bajarán hasta el nivel de 250-300 EUR / kWh en los años más próximos, mientras que los optimistas más grandes dicen que a 150 EUR / kWh.

### Parámetros eléctricos básicos de las baterías:

- 1) Capacidad nominal en Q [Ah].
- 2) Resistencia interna  $R_w$  [m $\omega$ ].
- 3) Voltaje de carga máximo  $U_{max}$  [V].
- 4) Voltaje nominal  $U_n$ [V].
- 5) Voltaje de descarga mínimo  $U_{min}$  [V].

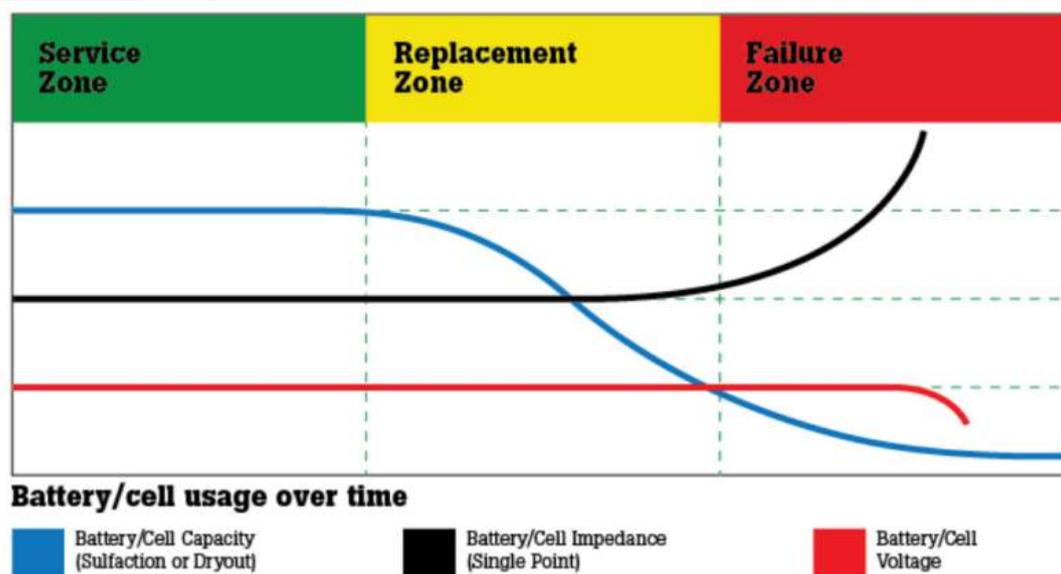


Fig. 3. Zonas de duración de la batería, donde: – Zona de servicio, – Zona de reemplazo, – Zona de falla, – Uso de batería / celda en el tiempo, – Capacidad de la batería / celda (sulfatación o secado), – Impedancia de la batería / celda (punto único), – Voltaje de la batería / celda

Fuente: <https://www.fluke.com/en-us/learn/best-practices/measurement-basics/stationary-batteries/measuring-battery-state-of-health-over-time-to-ensure-optimal-uptime>, (acceso: 20 Septiembre 2018).

### Parámetros que especifican los niveles de funcionamiento de la batería en el tiempo:

- 1) SOH [%]: estado de salud: nivel de capacidad frente a la capacidad de una nueva celda.
- 2) SOC [%] – estado de carga – nivel de carga de la batería
- 3) DOD [%] – profundidad de descarga – nivel de descarga de la batería (Fig. 4)

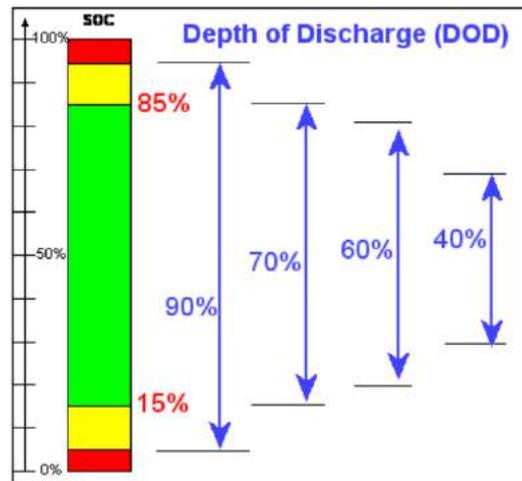


Fig. 4. Varios niveles de descarga de batería, donde: – SOC [%] – estado de carga – nivel de carga de la batería, – DOD [%] – profundidad de descarga – nivel de descarga de la batería  
 Fuente: <https://www.ev-power.eu/blog/Tests-and-diagnosis/Depth-of-discharge-DOD.html>, (acceso: 20 Septiembre 2018).

### Sistemas supervisando el funcionamiento con pilas

El sistema que supervisa el funcionamiento de la batería es necesario para el funcionamiento de la batería en sistemas fotovoltaicos. Su propósito superior es proteger el almacenamiento de energía contra daños a través del exceso de sus rangos requeridos en el área de voltaje, temperatura o corriente, incluido el cortocircuito.

Su segunda tarea importante es la comunicación y el intercambio de información con el sistema de carga sobre el intercambio de energía generalmente entendido entre los sistemas fotovoltaicos, los receptores y el almacenamiento de energía (Fig. 5).

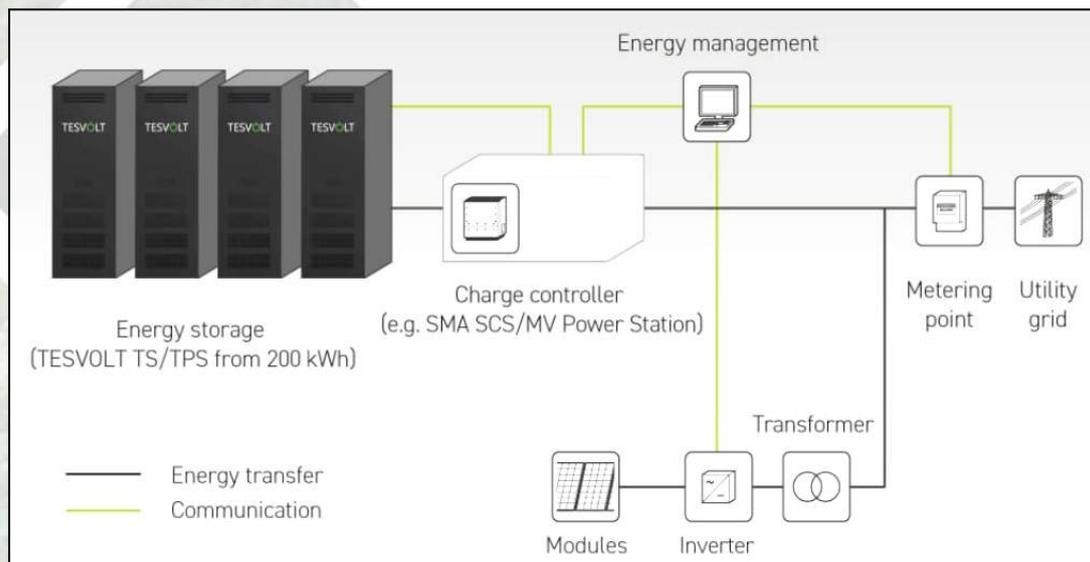


Fig. 5. Esquema de comunicación entre almacenamiento de energía y sistema fotovoltaico, donde: – Almacenamiento de energía (TESVOLT TS / TPS de 200kWh), – Controlador de carga (por ejemplo, SMA SCS / MV Power Station), – Gestión energética, – Módulos fotovoltaicos, – Inversor, – Transformador, – Punto de medición, Red de servicios públicos  
 Fuente: <https://zerohomebills.com/product/tesvolt-tps-200-864kwh-lithium-battery-storage-all-in-one-20ft-container/>, (acceso: 20 Septiembre 2018).

### Operación de almacenamiento con regulador de carga

En sistemas simples sin el inversor, el regulador de carga constituye un dispositivo con el que se comunica el almacenamiento de energía (Fig. 6). Asegura un proceso de carga adecuado a través de la supervisión del valor de la corriente de carga, el voltaje de carga máximo y, en algunos casos, también controla la temperatura de funcionamiento de la batería.

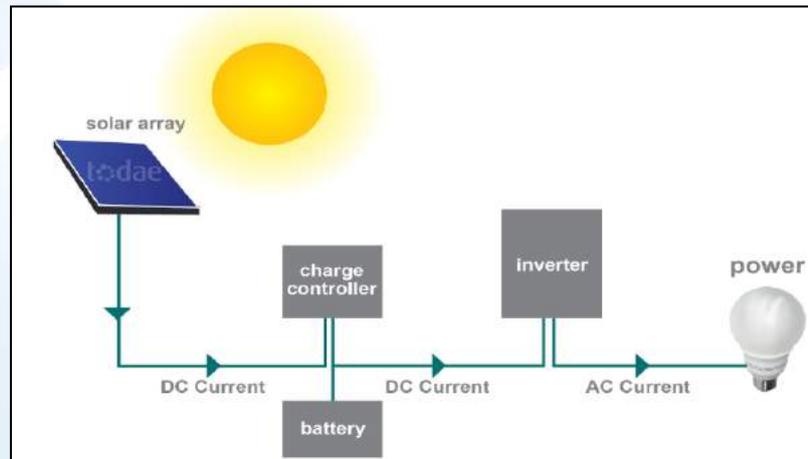


Fig. 6. Almacenamiento de energía en el sistema fotovoltaico con el controlador de carga, donde: – Matriz solar, – Corriente DC, – Controlador de carga, – Inversor, – Corriente AC, – Poder  
Fuente: <https://maandus.com/en/pvsystemeng.html>, (acceso: 20 Septiembre 2018).

### Operación de almacenamiento con inversor

En los sistemas equipados con el inversor (en red, fuera de la red o híbrido (Fig. 7)), el sistema de supervisión (BMS) intercambia información en línea con el inversor durante el proceso de carga y descarga. Los sistemas BMS avanzados proporcionan al sistema información sobre SOH, SOC y DoD (Fig. 8). La información actual sobre los parámetros anteriores permite el funcionamiento óptimo del acumulador de energía, mejorando así su vida útil y aumentando la cantidad de ciclos que puede realizar.

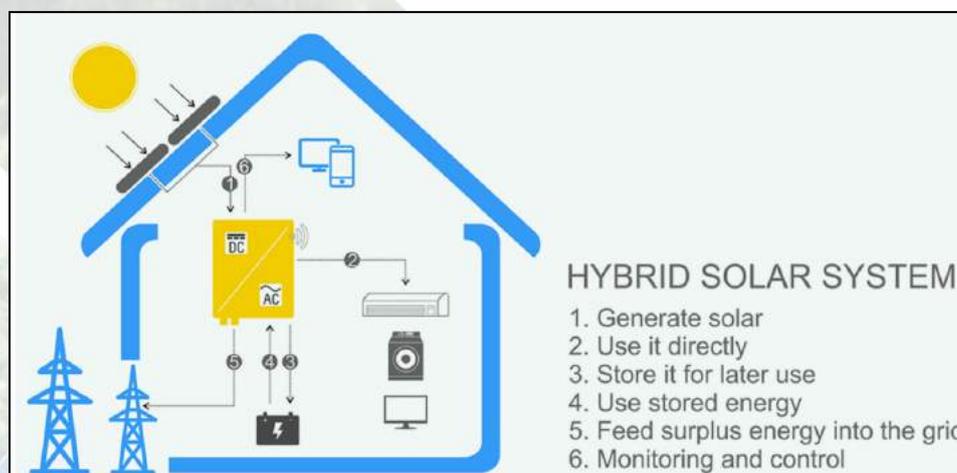


Fig. 7. Almacenamiento de energía en el sistema fotovoltaico con el inversor, donde: Sistema solar híbrido – Sistema fotovoltaico híbrido: 1. Generador solar, 2. Utilízalo directamente – Consumo directo de energía, 3. Almacénelo para su uso posterior – Almacenamiento de energía para su uso posterior, 4. Uso de energía almacenada – Consumo de energía almacenada, 5. Alimentar el excedente de energía en la red: el excedente de energía enviado a la red, 6. Seguimiento y control  
Fuente: <https://www.solarminer.com.au/solar-battery-storage/>, (acceso: 20 Septiembre 2018).

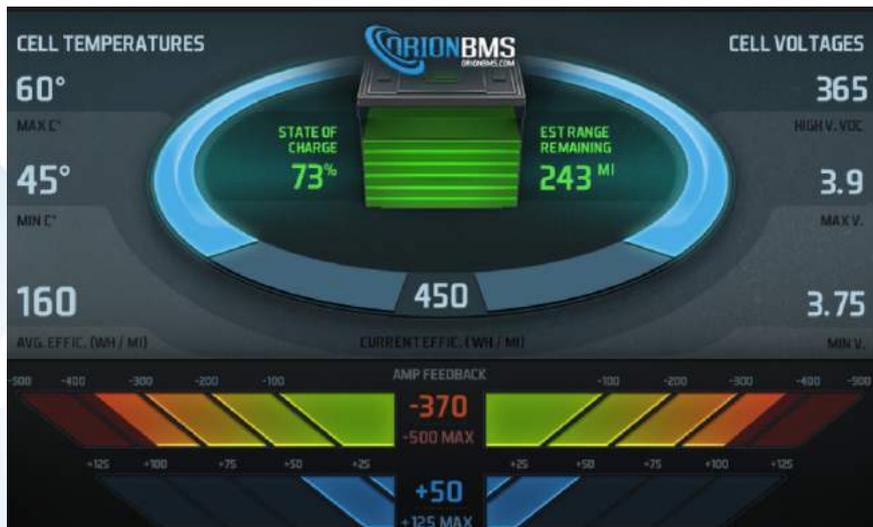


Fig. 8. Aspecto ejemplar de la pantalla del sistema de gestión de energía en el sistema fotovoltaico  
Fuente: <https://www.orionbms.com/>, (acceso: 20 Septiembre 2018).

#### 4.7. Protección contra sobretensiones en instalaciones fotovoltaicas

**La instalación fotovoltaica conectada a la red eléctrica externa está expuesta a daños en varias áreas:**

- En la instalación de CC entre los módulos y el inversor (por ejemplo, la formación de corrientes de cortocircuito causadas por el sombreado del módulo, cortocircuitos en los cables, formación de puntos calientes, rayos),
- En la instalación de CA en el lugar donde el inversor está conectado a la red (por ejemplo, debido al aumento de voltaje en el lugar de conexión del inversor, las fluctuaciones de voltaje en la red, la selección incorrecta de protecciones).

En vista de lo anterior, en la instalación fotovoltaica se aplica lo siguiente:

- fusibles de primer nivel – para colectores fotovoltaicos individuales,
- fusibles del segundo nivel – para todo el generador fotovoltaico,
- arrestadores,
- instalación de puesta a tierra,
- instalación de iluminación.

También se producen otras protecciones incluidas en los mismos elementos en las instalaciones fotovoltaicas, como p. Ej. diodos de derivación (puente).

Fig. 1 Se presentan las protecciones aplicadas en el circuito DC de la instalación fotovoltaica.

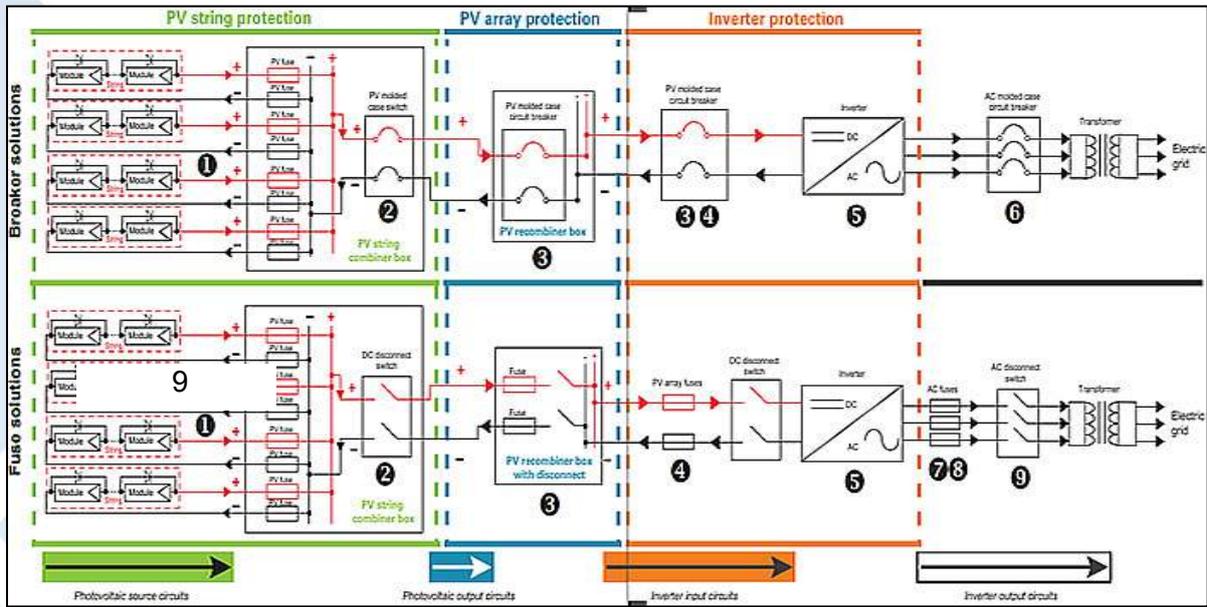


Fig. 1. Protecciones en la instalación fotovoltaica, donde: – Solución fusos, – Soluciones de bronkor, – Protección de la cuerda fotovoltaica, – Protección de matriz fotovoltaica, – Protección del inversor  
 Fuente: <http://www.cleanenergybrands.com/shoppingcart/categories/pv-circuit-protection/pv-circuit-breakers/>, (acceso: 20 Septiembre 2018).

### Fusibles

En la conexión paralela de muchos circuitos en serie (cadenas) de paneles fotovoltaicos, el sombreado de uno de los módulos hace que toda la corriente que fluye en otras cadenas fluya a través de la cadena con un módulo sombreado (Fig. 2). Esta es la llamada corriente hacia atrás o "inversa". Su valor depende de la cantidad de cadenas paralelas y llega a:

$$I_n = (n - 1) \cdot I_{SC}$$

Donde:

$I_n$  – valor de la corriente inversa,

$N$  – número de cadenas paralelas,

$I_{SC}$  – valor de la corriente de cortocircuito del módulo.

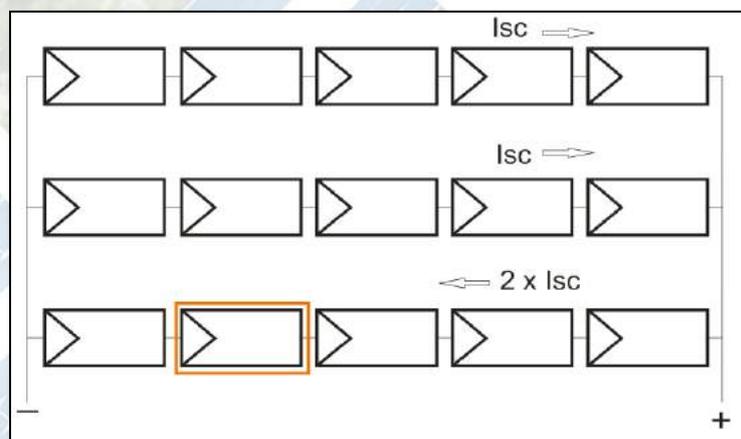


Fig. 2. Flujo de corriente inversa a través del circuito con un módulo fotovoltaico sombreado  
 Fuente: trabajo propio.

La mayoría de los módulos ofrecidos en el mercado son capaces de resistir la corriente inversa que llega a  $1.5-2 I_{sc}$ , por lo que la necesidad de protección aparece generalmente solo en tres y más cadenas conectadas en paralelo. La protección contra corriente inversa está aquí constituida por el fusible con enlace de fusible. Los fusibles gPV (para proteger la energía fotovoltaica) se han diseñado para garantizar una desconexión eficiente de pequeñas sobrecargas de energía que podrían dañar los módulos fotovoltaicos.

De acuerdo con la norma IEC 60269-6, los enlaces de los fusibles no deberían funcionar durante el tiempo actual de  $1.13 I_n$ , mientras que deberían explotar en un tiempo específico para que la corriente llegue a  $1.45 I_n$ . Los enlaces de fusibles distintos de gPV o gR / gPV no protegen los módulos fotovoltaicos.

Los interruptores de circuito de CC presentes en el mercado solo se pueden utilizar para la protección del inversor de CC / CA, pero no deben aplicarse para la protección de módulos fotovoltaicos, ya que en el caso de un cortocircuito en el módulo puede aparecer una corriente inversa que fluye hacia el otro lado y el solenoide en el interruptor de circuito pueden no funcionar.

Los enlaces de fusibles cilíndricos constituyen los llamados fusibles del primer nivel; su tarea es desconectar las corrientes de cortocircuito en el área de los paneles, por lo que deben instalarse lo más cerca posible del último panel FV en la cadena, mientras que el ensamblaje debe tener lugar en el lado del polo positivo y negativo.

El segundo nivel de protección para la instalación fotovoltaica se produce directamente antes de la entrada de CC en el inversor, donde la corriente total fluye desde todo el generador fotovoltaico. Por supuesto, cuando el inversor tiene muchas entradas, cada circuito de entrada independiente debe tener dicha protección. Aquí se aplican los enlaces de fusibles PV CC que funcionan con una corriente continua y una tensión de 750-1100 V. Los enlaces se colocan en bases de fusibles y permiten una rápida desconexión del inversor de todo el generador fotovoltaico. Además, se instalan en el polo positivo y negativo.

Las instalaciones fotovoltaicas grandes pueden tener un sistema descentralizado de muchos inversores pequeños o un inversor fotovoltaico central con una potencia de evento de varios cientos [kVA]. En el segundo caso, muchas cadenas de módulos fotovoltaicos están conectadas en paralelo y luego se producen corrientes totales que fluyen hacia el inversor desde más de una docena hasta varios cientos de amperios.

Para instalaciones tan grandes, los fusibles enlazan gPV con un tamaño estandarizado de NH1 de 32A a 160A en 750V y 1000V DC y NH links (Fig. 3), pero con cuerpo alargado – estos son enlaces NH1xl, NH2xl y NH3xl a 450A en 1100V DC y a 350A en 1500V DC. Estos enlaces pueden instalarse en bases monopolares, interruptores (hasta 630A y voltaje 1000-1200V DC, categoría de utilización DC20B) y en bloques de fusibles bipolares especiales para voltaje de hasta 1500V DC para el sistema de barras colectoras con manómetro de 370 mm. La última solución es particularmente atractiva, ya que permite la construcción de gabinetes de control de cables en cajas de poliéster y cuadros de conmutación para voltaje de 1100 V y 1500 V CC con potencia incluso de hasta 1 MW. Estas soluciones tienen una estructura simple y son relativamente baratas.



Fig. 3. Fusible gPV en casos de NH

Fuente: <http://www.eti.si/images/userfiles/en-GB/documents/products/Ultraquick/PV.pdf>, (acceso: 20 Septiembre 2018).

### Descargadores / supresores

La protección contra sobretensiones de las instalaciones fotovoltaicas tiene como objetivo la protección de la instalación contra los resultados de las sobrecargas de energía en la red eléctrica causada por fallas en la red o rayos. Las sobrecargas por rayos se producen incluso a 1 km de la instalación. Los principios generales de protección contra sobretensiones para sistemas fotovoltaicos están incluidos en la norma PN-EN 61173: 2002 (IEC 61173: 2002). Protección contra sobretensiones de sistemas fotovoltaicos (PV) de producción de energía eléctrica.

Los principios detallados de protección contra sobretensiones se incluyen en los siguientes estándares:

- 1) IEC 61643-1. Dispositivos de protección contra sobretensiones conectados a sistemas de distribución de energía de baja tensión. Requisitos y pruebas.
- 2) IEC-60364-4-442. Instalaciones eléctricas en edificios. Protección para la seguridad. Protección contra sobretensiones. Protección de la instalación en baja tensión contra sobretensiones temporales y daños en la conexión a tierra en redes de alta tensión.
- 3) IEC-60364-4-443: 1999. Instalaciones eléctricas en edificios. Protección para la seguridad. Protección contra sobretensiones. Conmutación y protección contra sobretensiones atmosféricas.
- 4) IEC-60364-7-712: 2007. Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 7-712: Directrices relativas a instalaciones especiales o ubicaciones. Sistemas de energía fotovoltaica (FV).

Para proteger los sistemas fotovoltaicos y los dispositivos electrónicos conectados a ellos contra sobretensiones y acoplamientos, se aplican dispositivos especiales de protección contra sobretensiones (SPD) dedicados para sistemas fotovoltaicos en el voltaje de CC y dispositivos estándar de protección contra sobretensiones en el lado de CA. En las instalaciones de CC, no hay un "paso de corriente a través de cero", lo que dificulta el enfriamiento de las corrientes de cortocircuito. La selección de dispositivos de protección contra sobretensiones inadecuados puede suponer un riesgo de incendio para dispositivos eléctricos y electrónicos.

Tabla 1. Directrices generales para la selección de protecciones SPD en sistemas fotovoltaicos.

¿Hay LPS?	¿Se mantiene el espaciado de aislamiento "s" del LPS?	Distancia entre los módulos fotovoltaicos y el inversor	SPD corriente continua Módulos fotovoltaicos	SPD corriente continua inversor	SPD CA
si	si	< 10 m	–	Tipo 2	Tipo 1
		> 10 m	Tipo 2	Tipo 2	
	no	< 10 m	–	Tipo 1	
		> 10 m	Tipo 1	Tipo 1	
no	–	< 10 m	–	Tipo 2	Tipo 2
		> 10 m	Tipo 2	Tipo 2	

Fuente: PN-HD 60364-7-712:2007 Electrical installations in buildings. Part 7-712: Guidelines concerning special installations or locations. Photovoltaic (PV) power systems.

### Tipos de pararrayos

- 1) Los dispositivos de protección contra sobretensiones de tipo 1 (clase B) protegen contra rayos directos y cercanos.
- 2) Los dispositivos de protección contra sobrecargas de tipo 2 (clase C) protegen a la mayoría de los receptores eléctricos de las sobrecargas de conmutación y las sobrecargas reducidas por los dispositivos de protección contra sobrecargas de tipo 1.
- 3) Los dispositivos de protección contra sobretensiones de tipo 3 (clase D) protegen adicionalmente dispositivos eléctricos y electrónicos particularmente sensibles y costosos.
- 4) Conjuntos de dispositivos de protección contra sobretensiones de tipo 1 + 2 (clase B + C).

Actualmente, en los sistemas fotovoltaicos en el lado de CC, los dispositivos de protección contra sobretensiones especialmente dedicados con el SCI (Interpretación de cortocircuito) se aplican cada vez más, con un sistema de interruptor de CC de tres grados.

### Dispositivos de protección contra sobretensiones para fotovoltaica

Los paneles fotovoltaicos individuales producen corriente continua a un voltaje relativamente bajo de 30-40V. Al conectarlos en serie, aumentamos el voltaje total del circuito de CC al valor de varios cientos de voltios y, a veces, incluso más, ya que los inversores a 1200 o 1500 V CC están disponibles en el mercado. Para la protección de la instalación fotovoltaica, se construyen dispositivos especiales de protección contra sobretensiones y, por lo general, se ajustan a los voltajes nominales dentro del rango de 500 a 1500 V CC, pero también hay versiones para voltaje más bajo.

Dependiendo de la estructura y la ubicación de la instalación fotovoltaica, la longitud del cable, su disposición y la presencia de la instalación del rayo, se realizan cálculos y, sobre esta base, se toma la decisión de si se deben aplicar dispositivos de protección contra sobrecargas de tipo 1 + 2, o si se debe usar el tipo 2 es suficiente (tabla 1).

Los dispositivos de protección contra sobretensiones de dos módulos para sistemas fotovoltaicos que protegen los polos positivos y negativos constituyen la solución más barata pero técnicamente peor (Fig. 4).

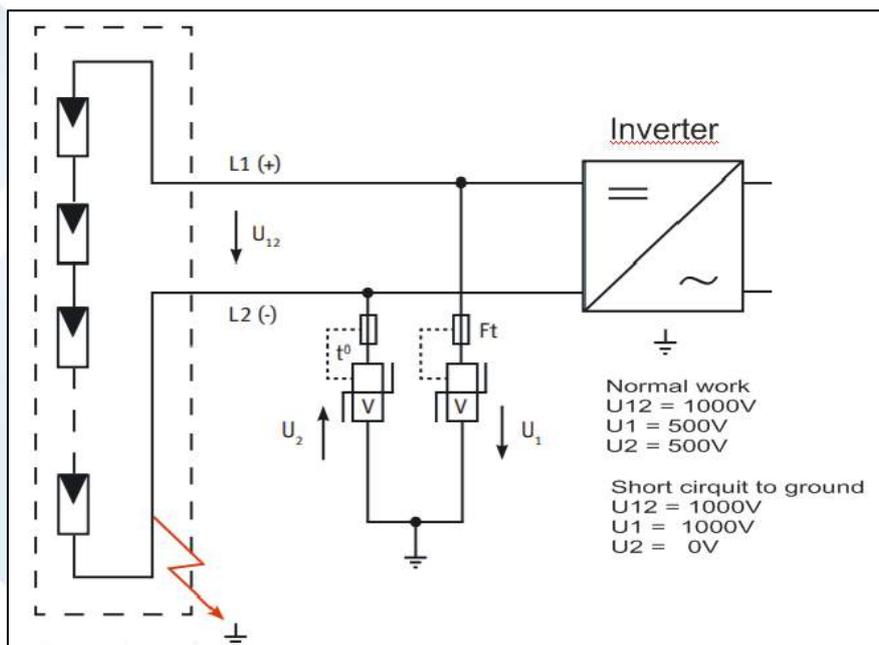


Fig. 4. Dispositivo de protección contra sobretensiones bipolares en el circuito fotovoltaico, donde:  
 – Cortocircuito a tierra, – Inversor, – Trabajo normal

Fuente: <http://www.jeanmueller.pl/pliki/ochrona-instalacji-fotowoltaicznych-2016.pdf>, (acceso: 20 Septiembre 2018).

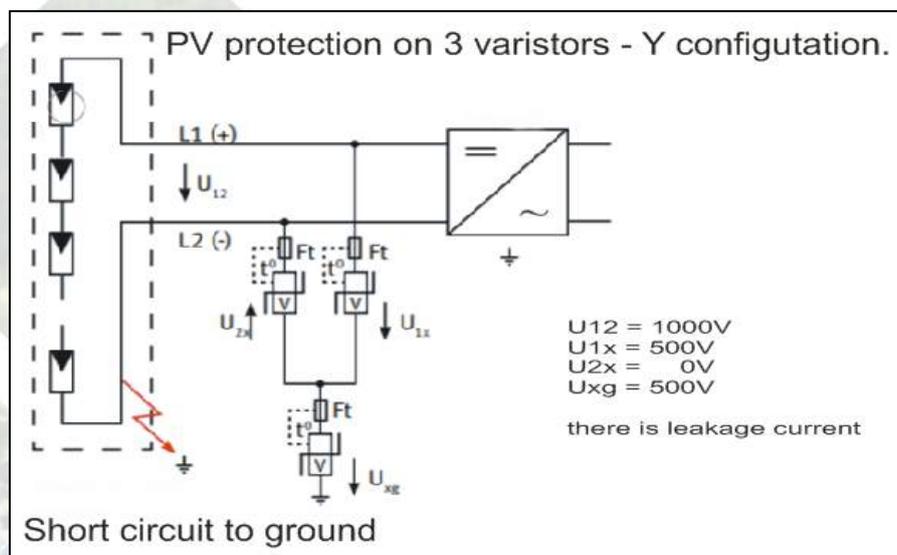


Fig. 5. Dispositivo de protección contra sobretensiones tripolar en la configuración "Y" en el circuito fotovoltaico, donde: – Protección fotovoltaica en 3 varistores – Configuración "Y" – Dispositivo de protección contra sobretensiones tripolar en la configuración "Y", – Cortocircuito a tierra, – Hay corriente de fuga

Fuente: <http://www.jeanmueller.pl/pliki/ochrona-instalacji-fotowoltaicznych-2016.pdf>, (acceso: 20 Septiembre 2018).

Durante el funcionamiento normal de la red, se produce una tensión máxima de 500 V CC en el polo positivo y 500 V CC en el polo negativo, mientras que la tensión de salida total del generador llega a 1000V. Los módulos en los dispositivos de protección contra sobrecargas se seleccionan a una tensión nominal de este tipo: 500 VCC. En el caso de cortocircuito, por ejemplo. Como resultado del daño en el aislamiento del cable, el voltaje 0V aparece en el polo donde ocurrió el cortocircuito, y en el otro polo – 1000V DC. Como el módulo SPD se seleccionó para voltaje de 500 V, no de 1000 V CC, se producirá un daño permanente en estos dispositivos.

Para evitar esto, se debe aplicar el rendimiento tripolar en el sistema de conexión "Y" (Fig. 5), ya que el tercer módulo adicional conectado en serie contra la conexión a tierra también está a 500 V CC, es decir, en el SPD total debe manejar la caída de voltaje de 1000V DC.

En soluciones anteriores, los varistores estaban presentes como elementos ejecutivos en este tipo de protecciones, pero la aparición de corrientes de fuga y la corriente de operación constituían su defecto. En soluciones posteriores, aparecieron brechas de gas. Gracias a esto, se eliminó la corriente de fuga, mientras que la corriente de operación baja entre el polo positivo y negativo se mantuvo.

Hasta ahora, la mejor solución ha sido la aplicación de brechas de chispa en cada rama (Fig. 6), ya que entonces no se producirá ni la corriente de fuga ni la corriente de operación.

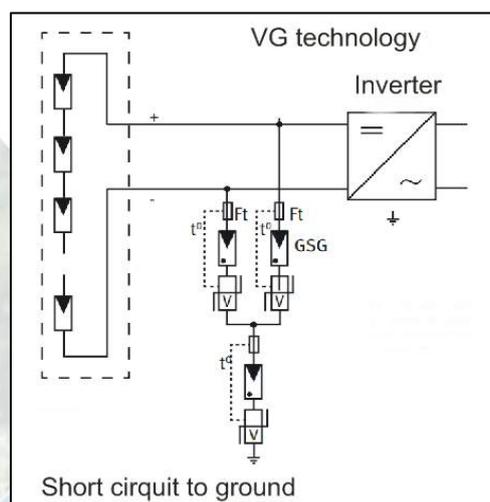


Fig. 6. Dispositivo de protección contra sobretensiones tripolar con chispas en el circuito fotovoltaico, donde: – Cortocircuito a tierra, – Inversor

Fuente: <http://www.jeanmueller.pl/pliki/ochrona-instalacji-fotowoltaicznych-2016.pdf>, (acceso: 20 Septiembre 2018).

## Desconectores

Por lo general, se aplican en ambos lados del inversor, es decir, tanto en el circuito de CA como en el de CC. Protegen al inversor durante el montaje, en el caso de trabajos de mantenimiento, reemplazo de elementos, etc. En el mercado, podemos encontrar toda la gama de seccionadores de varios fabricantes y de varios valores de corriente de desconexión permisibles.

La fuerza electromagnética de Lorentz que causa el dibujo y la ruptura del arco se aplica para la interrupción de la corriente en este tipo de seccionadores. Los dispositivos tienen una estructura simétrica que permite el funcionamiento independientemente de la polaridad, por lo que el seccionador funciona de manera uniforme en ambas direcciones de flujo de corriente.

La buena práctica es aplicar desconectadores con un espacio visible realizado por ventanas grandes en el estuche, lo que permite el control de la posición de los contactos principales del dispositivo. El funcionamiento del desconectador es insensible a las sobrecargas de voltaje mientras que la conmutación se produce a una velocidad independientemente de un operador (encendido y apagado rápido).

Si la operación es necesaria en la categoría de utilización DC22BF, las funciones de aislamiento y apagado pueden realizarse mediante dispositivos que tengan la tensión nominal de conmutación  $U_e$  a 1100V DC y un rango de corriente de 160 a 1600A.

Los seccionadores de aislamiento pueden tener un rendimiento en una versión interna, que debe montarse solo dentro del edificio en cuartos secos, así como un desempeño externo en la clase de protección IP65. Este último tipo de seccionadores generalmente tiene a la vez entradas típicas para los circuitos de salida del generador fotovoltaico, lo que elimina la necesidad de construir cableado temporal de alta potencia, lo que constituiría una fuente innecesaria de pérdidas.

#### 4.8. Instalación de protección contra rayos y puesta a tierra

##### **Los dispositivos del sistema fotovoltaico no aumentan el riesgo de rayos.**

Sin embargo, la instalación del sistema fotovoltaico en el techo aumenta el riesgo de penetración de la corriente del rayo en el interior del edificio en el caso de un rayo directamente en el panel.

Se recomienda que las instalaciones fotovoltaicas estén protegidas contra los efectos de los rayos a través de la aplicación de instalaciones de rayos. Si no hay una instalación de rayo y los dispositivos en el techo se realizan en la clase de protección más baja que la clase II, se debe realizar dicha instalación.

De acuerdo con la ley de la física y las fuerzas de la naturaleza, el sistema de puesta a tierra que conecta el cuerpo electrificado con el suelo permite disipar un número apropiado de cargas positivas, buscando la neutralización eléctrica. Llevar las corrientes de rayo del suelo al rayo protegerá el edificio y las personas ubicadas en él de los efectos de rayo negativos.

El instalador debe familiarizarse con los elementos aplicados para el rendimiento de los terminales aéreos horizontales y verticales. De acuerdo con las normas relativas a las instalaciones de puesta a tierra, uno debe poder clasificar las instalaciones para un grupo relevante de instalaciones y diseñar la instalación de puesta a tierra de acuerdo con las disposiciones de la norma. La puesta a tierra constituye un elemento significativo de la instalación del rayo.

El electrodo de tierra debe caracterizarse con una resistencia más baja que la especificada en la norma, de modo que sea capaz de disipar a tierra el potencial producido durante la iluminación.

### Tareas y principios de aplicación de la instalación de iluminación

Durante el montaje de la instalación fotovoltaica en el techo, de acuerdo con los requisitos de las disposiciones aplicables, debe protegerse de los efectos de los rayos directos y cercanos. Al analizar el riesgo de ocurrencia de daños por rayos según las recomendaciones de la norma EN 62305-2 (estándar referente a la gestión de riesgos en la protección contra rayos), si es significativo, el sistema de protección contra rayos (LPS) debe ensamblarse para crear la zona de protección Proporcionados según sea apropiado para colocar todos los dispositivos ensamblados en el techo dentro de esta zona.

Es responsable de la protección de la instalación contra el impacto de los rayos.

### La instalación de iluminación se compone de (Fig. 1):

- 1) Terminales aéreos que determinan la recepción directa de rayos que luego se disipan a la tierra. Se colocan en techos y paredes de edificios o en mástiles cerca del edificio protegido. Las terminales aéreas se considerarán los elementos estructurales externos naturales del techo: mástiles de antenas, conductos de ventilación, vigas metálicas, varillas de concreto reforzado y cualquier pieza metálica que sobresalga del techo. Los terminales aéreos también pueden ser varas y cables introducidos artificialmente instalados vertical u horizontalmente. Los terminales de aire artificial están hechos de acero inoxidable, cobre o acero galvanizado de al menos 6 mm de espesor;
- 2) Tierra (entre los cables de escape y la conexión a tierra) y los cables de escape (entre los terminales de aire y los cables de tierra) aplicados para la conexión de elementos de instalación particulares en su totalidad;
- 3) Puesta a tierra responsable de la disipación de una carga eléctrica de un rayo e interceptada por partes metálicas de instalación a tierra. La conexión a tierra tiene la forma de un cable hecho de conductor (uso natural de partes subterráneas metálicas, cimientos de concreto reforzado no aislados, tuberías metálicas de agua);
- 4) Clips de prueba para el control y la medición de la resistencia de puesta a tierra y la continuidad galvánica en la parte de superficie del sistema.

5)

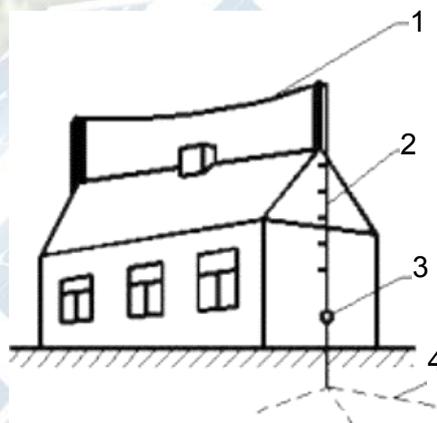


Fig. 1. Dibujo esquemático de la instalación de iluminación, donde: 1. Alto terminal aéreo horizontal; 2. Cable de escape; 3. Clip de prueba; 4. puesta a tierra

Fuente: [https://www.researchgate.net/figure/Lightning-protection-system-LPS-transfer-the-lightning-current-safely-to-the-ground\\_fig1\\_282924315](https://www.researchgate.net/figure/Lightning-protection-system-LPS-transfer-the-lightning-current-safely-to-the-ground_fig1_282924315), (acceso: 20 Septiembre 2018).

## Distribución de la instalación de iluminación en tejados y fachadas de edificios

En el mundo, cuatro métodos básicos que especifican la distribución de los elementos de instalación de rayos para la protección adecuada de los edificios de los rayos.

### 1. Método de la esfera rodante

Este es un método muy simple para determinar el área que se debe proteger. Se aplica para la determinación de las descargas laterales. En este método, la esfera rueda sobre la superficie de la estructura del edificio y el punto donde la esfera toca su pared es el más susceptible a los rayos.

Aquí se debe colocar el extremo de la terminal aérea del rayo.

El radio de la esfera especifica qué clase de protección se requiere para una protección adecuada.

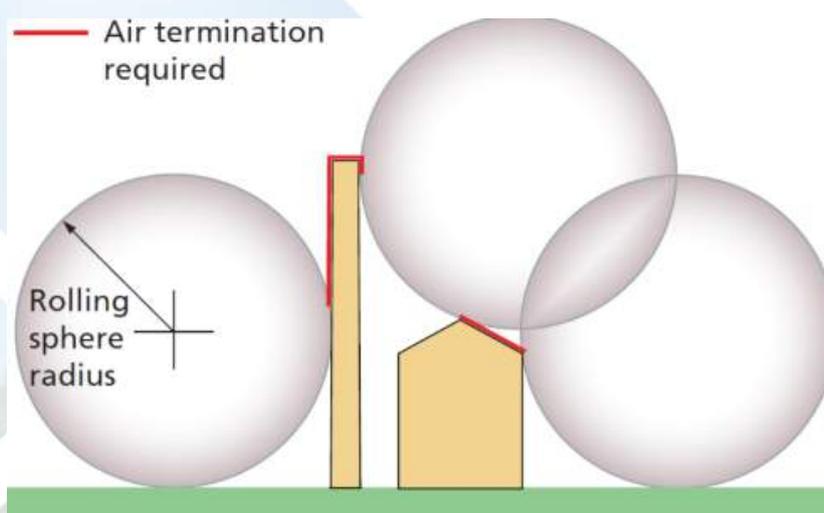


Fig. 2. Esquema de determinación de protección en el Método de la Esfera Rodante, donde: – Se requiere terminación de aire, – Radio de la esfera rodante

Fuente: [https://www.lsp-international.com/bs-en-iec-62305-lightning-protection-standard/figure-15-application-of-the-rolling-sphere-method/#iLightbox\[postimages\]/0](https://www.lsp-international.com/bs-en-iec-62305-lightning-protection-standard/figure-15-application-of-the-rolling-sphere-method/#iLightbox[postimages]/0), (acceso: 20 Septiembre 2018).

Tabla 1. Clases de protección y radios en el Método de la Esfera Rodante

Clase de protección LPS	Radio de la esfera rodante (m)
Clase I	20
Clase II	30
Clase III	45
Clase IV	60

Fuente: [https://sep.com.pl/opracowania/opracowania\\_ochr\\_odgrom\\_bud.pdf](https://sep.com.pl/opracowania/opracowania_ochr_odgrom_bud.pdf)

### 2. Método de ángulo de protección

Este método constituye una simplificación matemática del Método de la esfera rodante.

El ángulo de protección se mide entre el radio del círculo que constituye la proyección de la esfera en la superficie protegida y la altura del terminal de aire protector.

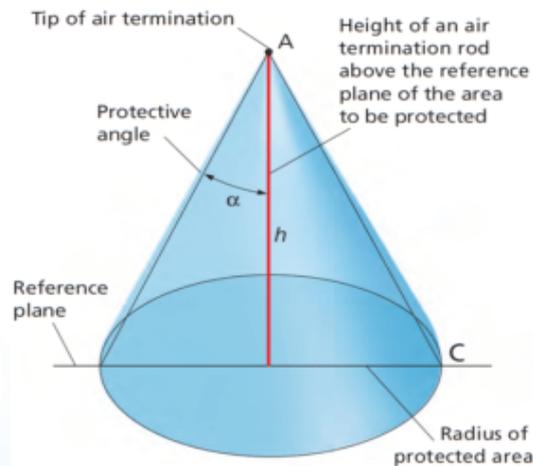


Fig. 3. Esquema de determinación de protección en el Método del ángulo de protección, donde: – Plano de referencia, – Ángulo de protección, – Punta de terminación de aire, – Altura de una barra de terminación de aire sobre el plano de referencia del área a proteger, – Radio del área protegida  
 Fuente: <https://www.lsp-international.com/bs-en-iec-62305-lightning-protection-standard/figure-16-the-protective-angle-method-for-a-single-air-rod/>, (acceso: 20 Septiembre 2018).

El ángulo de protección cambia junto con la altura de la terminal de aire de protección y, por lo tanto, la clase LPS cambia. Este método está limitado a la altura de una sola barra igual o menor que el radio de la esfera.

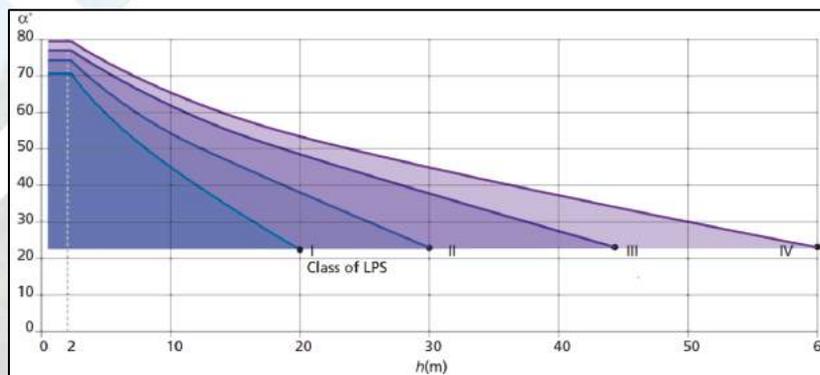


Fig. 4 Dependencia del ángulo de protección  $\alpha^\circ$  en la altura H del terminal aéreo y la clase LPS  
 Fuente: <https://www.lsp-international.com/bs-en-iec-62305-lightning-protection-standard/#post/0>, (acceso: 20 Septiembre 2018).

### 3. Método de malla

Este método aplica para la protección de techos planos o superficies planas. Este método se usa solo cuando los cables tienen la forma de malla y:

- Alambres de malla se colocan en los bordes de la superficie,
- El tamaño de malla es compatible con la tabla estándar,
- Ninguna estructura metálica debe sobresalir del área de la malla,
- Por lo menos dos rutas separadas a la masa deben existir desde cada punto.

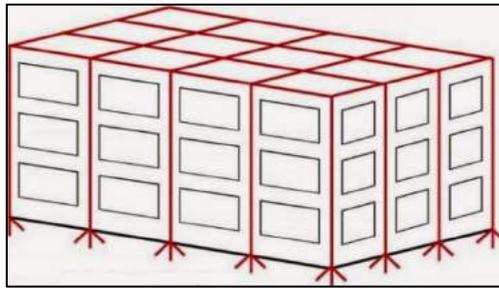


Fig. 5. Esquema de determinación de protección en el método de malla

Fuente: <https://www.electrotechnik.net/2014/09/how-is-mesh-protection-for-lightning.html>, (acceso: 20 Septiembre 2018).

Tabla 2. Clases de protección y superficies de malla

Clase de protección (LPS)	Dimensión de la malla
I	5m x 5m
II	10m x 10m
III	15m x 15m
IV	20m x 20m

Fuente: [https://sep.com.pl/opracowania/opracowania\\_ochr\\_odgrom\\_bud.pdf](https://sep.com.pl/opracowania/opracowania_ochr_odgrom_bud.pdf), (acceso: 20 Septiembre 2018).

#### 4. Sistema mixto

En la práctica, los tres métodos se aplican conjuntamente para la protección efectiva del edificio.

De acuerdo con el lugar protegido, elegimos el método más óptimo para este fragmento de construcción.

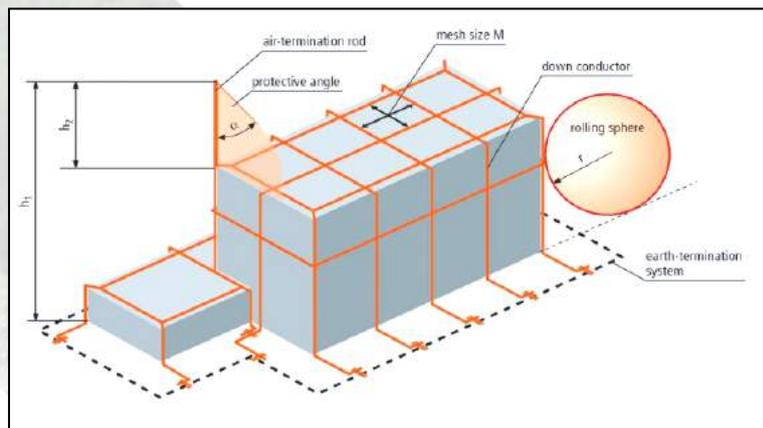


Fig. 6. Esquema de determinación de protección en el sistema mixto, donde: – Ángulo de protección, – Varilla de terminación de aire, – Talla de malla M, – Conductor descendente, – Esfera rodante, – Sistema de terminación de la tierra

Fuente: <http://eurovolt.eu/en/post/5-1-air-termination-systems>, (acceso: 20 Septiembre 2018).

#### Protección contra sobretensiones de la instalación fotovoltaica en el edificio sin la instalación de un rayo

Si la instalación fotovoltaica se basa en la instalación sin la instalación de rayo existente, dicha instalación debe realizarse después de una evaluación de riesgos previa. En Europa, muchas aseguradoras requieren tal protección en la clase III.

Los principios básicos de protección contra el impacto directo de la corriente del rayo dicen que "todos los dispositivos de techo contra materiales aislantes o conductores, que incluyen equipos eléctricos y / o equipos beneficiosos para el procesamiento de la información, deben ubicarse en la zona de protección del sistema de terminales de aire".

Por lo tanto, está claro que si no seguimos esta recomendación, los rayos directos en los elementos del sistema fotovoltaico pueden provocar la destrucción del sistema fotovoltaico y las instalaciones y dispositivos eléctricos instalados dentro del edificio.

Por lo tanto, todo el sistema fotovoltaico debe estar ubicado en el espacio protegido. Dicho espacio puede crearse aplicando sistemas de terminales de aire verticales u horizontales seleccionados apropiadamente. Además, se debe mantener el espacio de aislamiento relevante entre los dispositivos del sistema y los terminales de aire o los cables de escape.

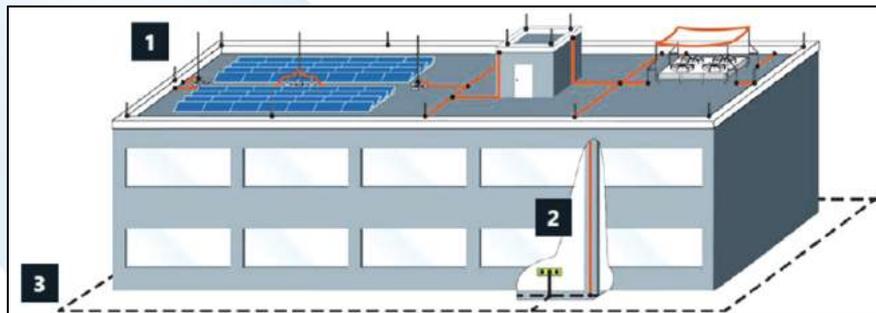


Fig. 7. Instalación fotovoltaica en el edificio sin protección, donde: 1. Sistema de terminación de aire; 2. Conductor de bajada; 3. Sistema de terminación de tierra

Fuente: <http://www.ee.co.za/article/lightning-protection-leave-experts.html>, (acceso: 20 Septiembre 2018).

### Protección contra sobretensiones de la instalación fotovoltaica en el edificio con la instalación de iluminación

Si la instalación del rayo ya está en el edificio, durante el ajuste mutuo de la protección de la instalación fotovoltaica a la instalación del rayo, es importante mantener un espacio de aislamiento adecuado.

Su tarea es proteger los elementos de la instalación fotovoltaica de los relámpagos o arcos eléctricos, que podrían originarse a partir de terminales aéreos o cables de protección contra rayos durante el rayo. El espaciado del aislamiento según la norma PN-EN 62305-3: 2009 se determina según la siguiente fórmula:

$$S \geq k_i \cdot \frac{k_c}{k_m} \cdot l$$

Donde:

- S – Espacio mínimo de aislamiento,
- $k_i$  – Coeficiente según la clase de protección 0.4 para la clase III y LPS.,
- $k_m$  – Coeficiente según el material de separación de aislamiento 1 – para aire,
- $k_c$  – Coeficiente según la distribución de corriente en los cables 1 – para 1 cable de escape, 1... 0.5 – para 2 cables de escape,
- l – longitud en metros, medida a lo largo del terminal de aire o del cable de escape desde el punto donde se considera la separación del aislamiento hasta el punto de la conexión de equalización más cercana.

Por lo general, el espacio suficiente de aislamiento  $S$  está entre 0,5 y 1 m. Aparece algún problema cuando, entre los elementos de instalación fotovoltaica y los elementos de instalación de rayo, no se puede mantener el espacio de aislamiento, por ejemplo. Debido a la estructura de acero del techo o su superficie o debido al relleno completo de la superficie del techo con paneles. En este caso, para proteger el sistema fotovoltaico de los saltos de carga eléctrica de la instalación del rayo, los elementos metálicos de la estructura del panel deben conectarse con la instalación del rayo.

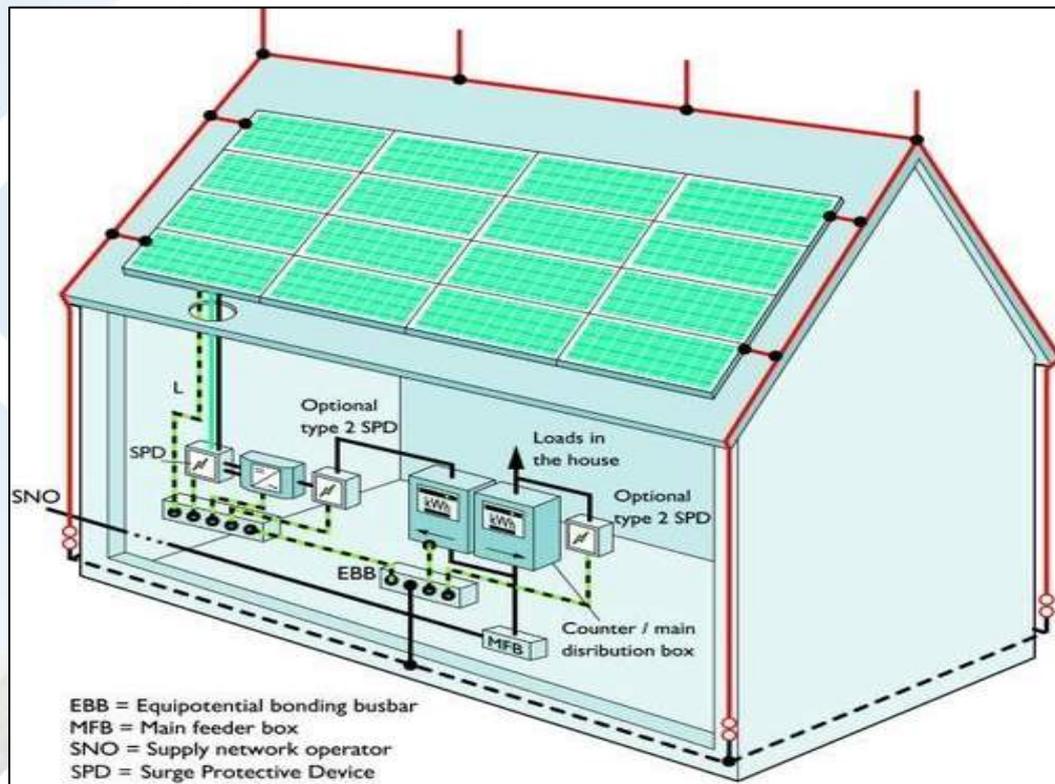


Fig. 8. Instalación fotovoltaica en el edificio con la instalación de iluminación, donde: – EBB = barra de bus de conexión equipotencial; – MFB = caja de alimentación principal; – SNO = Operador de red de suministro; – SPD = Dispositivo de protección contra sobretensiones; – Tipo SPD opcional; – Cargas en la casa; – Contador / caja de distribución principal

Fuente: <https://www.indiamart.com/satcomelektronics/r-f-surge-protector.html>, (acceso: 20 Septiembre 2018).

En la práctica, tenemos que ver con dos casos:

- 1) El edificio está equipado con LPS y la distancia de los elementos fotovoltaicos no cumple con el requisito  $d < s$ ; en tal caso, la estructura de soporte de los elementos fotovoltaicos debe cubrirse con conexiones de igualación.
- 2) El edificio está equipado con LPS y la distancia de los elementos fotovoltaicos cumple el requisito  $d < s$ ; en tal caso, la estructura de soporte de los elementos fotovoltaicos debe conectarse con el sistema de terminal de Lightning Air.

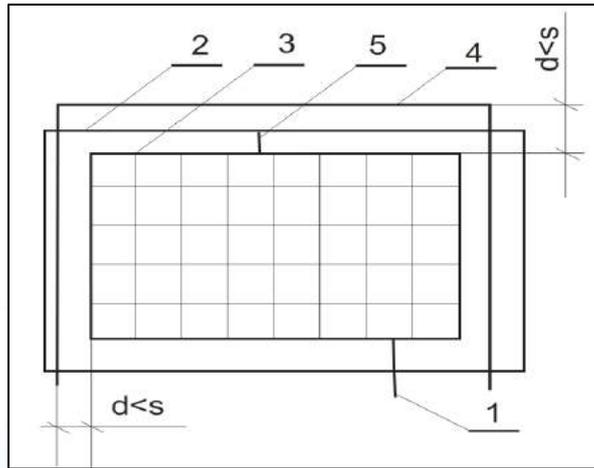


Fig. 9. Ecuación de conexiones cuando  $d < s$ , donde: 1 – Conductor de conexión equipotencial a GSU; 2 – Borde del techo; 3 – Generador fotovoltaico; 4 – Terminales aéreas horizontales; 5 – Conexión de la estructura portante fotovoltaica con LPS

Fuente: propio desarrollo

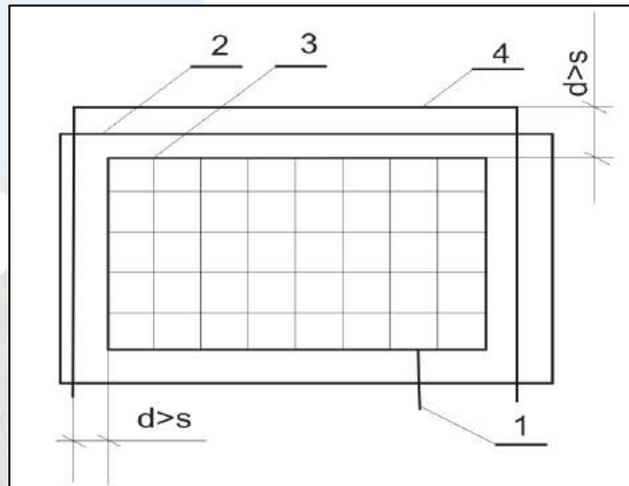


Fig. 11. Ecuación de conexiones cuando  $d > s$ , donde: 1 – Conductor de conexión equipotencial a GSU; 2 – Borde del techo; 3 – Generador fotovoltaico; 4 – Terminales aéreas horizontales

Fuente: desarrollo propio

#### 4.9. Reglas de instalación para sistemas solares

Al comenzar el proceso de instalación fotovoltaica, se deben seguir algunas reglas y la secuencia de desempeño de la acción a lo largo de todo el proceso. Dicho procedimiento garantiza que nuestras acciones serán razonables, efectivas y eficientes, mientras que el servicio realizado para el cliente se prestará a tiempo, con un mantenimiento de buena calidad y costos asumidos en el cálculo del costo.

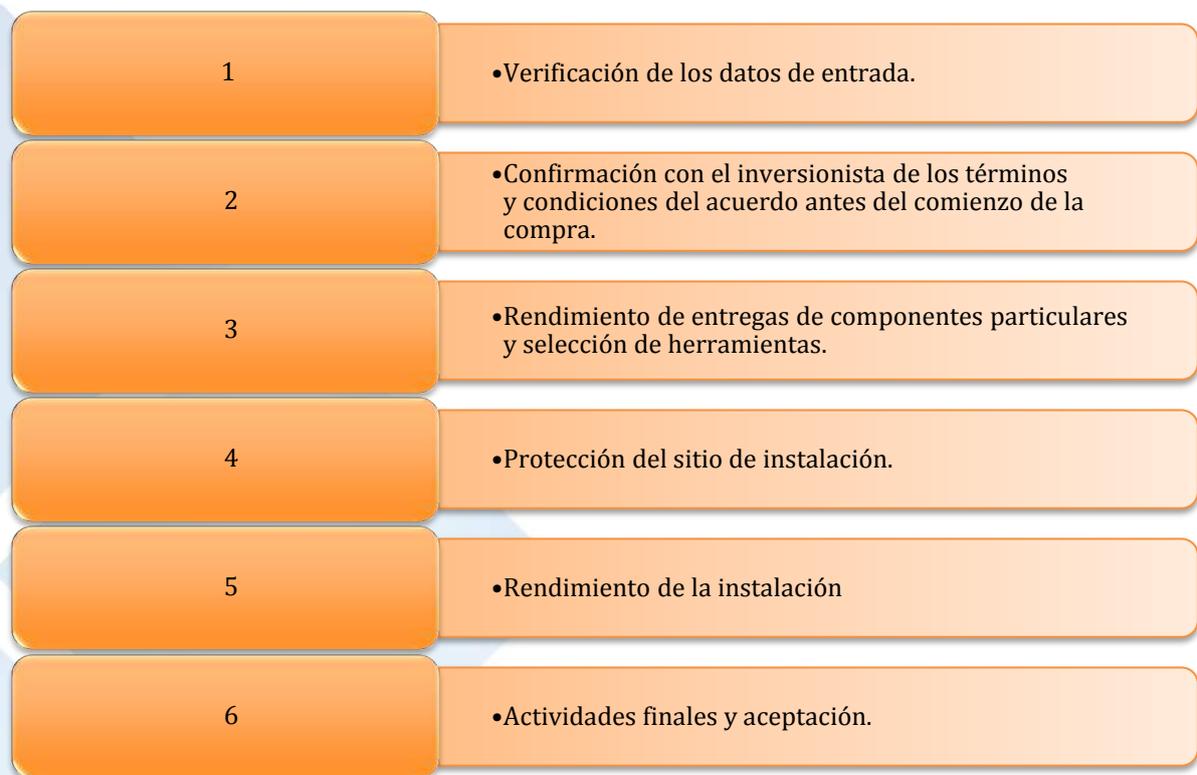


Fig. 1. Verificación de datos de entrada para el diseño  
Fuente: trabajo propio.

### Verificación de datos de entrada para el diseño

Se debe realizar la inspección del sitio de la instalación y se debe verificar si la documentación técnica entregada cumple y se ajusta a la instalación. Esta acción es importante cuando realizamos instalaciones a partir de la documentación preparada por el tercero y nosotros, como instaladores, no participamos en ninguna inspección del sitio y comenzamos a trabajar como una empresa contratada para los trabajos mencionados anteriormente. Si el diseño es nuestro, esta acción se puede omitir, ya que en la etapa de diseño hemos estado en contacto permanente con la instalación.

### Confirmación con el inversionista de los términos y condiciones del acuerdo antes del comienzo de la compra

La buena práctica verificada en todos los casos es la confirmación con el cliente de los términos y condiciones del acuerdo (precios, fechas de inicio del trabajo). Tal vez el cliente necesite pequeños cambios para comenzar el trabajo por varias razones. Si se producen tales cambios, deben acordarse por escrito y confirmarse con firma bilateral. Luego, evitaremos posibles malentendidos y disputas en cuanto a los términos para el cumplimiento del acuerdo.

### Rendimiento de entregas de componentes particulares y selección de herramientas

La siguiente etapa está constituida por la selección de todos los componentes necesarios para realizar los trabajos de instalación y por la seguridad de las herramientas de trabajo relevantes. Los elementos y herramientas entregados en el sitio deben estar protegidos (preferiblemente de acuerdo con el inversionista, tal vez tenga algún espacio donde puedan almacenarse en condiciones adecuadas sin ningún obstáculo para ninguna parte). Si nuestra

instalación es grande y está dividida en etapas, se debe considerar la posibilidad de entregas en etapas particulares, permitiendo así una mejor organización durante las obras, sin perjuicio de la puntualidad de su desempeño.

Un control inicial de los elementos entregados (módulos, inversor, cableado junto con juntas y otros elementos de instalación) es muy importante. Dicho procedimiento permitirá evitar posibles disputas con el proveedor en caso de entrega defectuosa, ya que nuestra intervención será inmediata. Si realizamos la compra por nuestra cuenta, las medidas de control se deben realizar directamente en el sitio de compra.

### Protección del sitio de instalación

Como nuestros trabajos serán eléctricos, por un lado, y trabajos en altura, por otro lado, el sitio de instalación debe estar protegido de acuerdo con las regulaciones de OHS.

Los empleados que participan en trabajos deben ser saludables y tener todos los permisos necesarios confirmados con los certificados válidos relevantes necesarios para realizar actividades particulares.



Fig. 2. Protección ejemplar del sitio

Fuente: <http://odnawialneźrodlaenergii.pl/energia-sloneczna-aktualnosci/item/514-farma-fotowoltaiczna-w-lipsku-na-finiszu>, (acceso: 20 Septiembre 2018).

### Realización de trabajos de instalación

En el siguiente paso, procederemos a la instalación que se realiza por etapas.

En el caso de equipos de instalación pequeños (de dos personas), las etapas se realizan una tras otra, mientras que en el caso de equipos más grandes, podemos realizar etapas particulares al mismo tiempo.

Las etapas particulares resultan directamente de la lógica de la estructura del sistema y son las siguientes:

1. Montaje de la estructura de soporte (en el techo o en el suelo)



Fig. 3. Estructura de apoyo en el techo

Fuente: <http://solarsystemmanufacturers.com/metal-roof-mounting-structure/metal-roof-mounting-structure-manufacturer/>, (acceso: 20 Septiembre 2018).



Fig. 4. Estructura de apoyo en el suelo

Fuente: <https://www.solarbuildermag.com/wp-content/uploads/2013/05/Solar-FlexRack.jpg>, (acceso: 20 Septiembre 2018).

2. Control de corrección de montaje.
3. Montaje de módulos fotovoltaicos a la estructura portante.



Fig. 5. Montaje de módulos sobre la estructura de soporte de techo

Fuente: <http://www.solarpanelsindustry.com/p/portfolio.html>, (acceso: 20 Septiembre 2018).



Fig. 6. Montaje de módulos sobre la estructura de soporte de tierra.

Fuente: <http://www.ticktockenergy.com/ground-mounted-solar-panels/>, (acceso: 20 Septiembre 2018).

4. Control de corrección de montaje.
5. Conexión eléctrica de módulos y provisión de instalaciones de corriente continua..

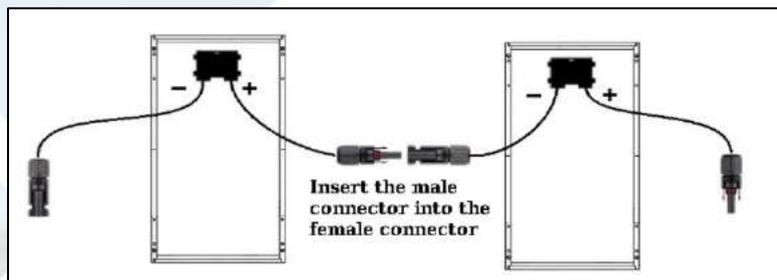


Fig. 7. Conexión eléctrica de módulos, donde:

- Inserte el conector macho en el conector hembra

Fuente: <https://www.solar-electric.com/learning-center/wiring-cabling/how-to-use-mc4-connectors-cables.html>, (acceso: 20 Septiembre 2018).

6. Control y medidas necesarias respecto a la electricidad.
7. Montaje de la instalación de rayos (si existe) y protecciones en el lado de CC.



Fig. 8. Instalación de rayos

Fuente: <http://www.novaris.com.au/wp-content/uploads/2016/02/0015-D29V2-Protection-for-PV-Systems-Australia.pdf>, (acceso: 20 Septiembre 2018).

8. Control y medidas eléctricas necesarias.
9. Montaje de la caja de conexión de CC y el interruptor principal de CC asociado al circuito de CC.



Fig. 9. Montaje de la caja de corriente continua

Fuente: <https://www.etigroup.eu/solution/protection-of-photovoltaics-systems/dc-distribution-and-protection>, (acceso: 20 Septiembre 2018).

10. Control final de todo el sistema de CC en el lado de los colectores fotovoltaicos.
11. Suministro de la instalación del cable de CC principal y de la caja de conexión al inversor.
12. Montaje del inversor como se indica.



Fig. 10. Montaje del inversor.

Fuente: <http://greenpowerco.com.au/wp-content/uploads/2016/11/sma-inverters-1024x354.jpg>, (acceso: 20 Septiembre 2018).

13. Control de la instalación correcta del cable de CC principal y del conjunto del inversor.
14. Provisión de la instalación de CA del inversor al cuadro principal.
15. Montaje de protecciones en el lado AC.



Fig. 11. Protecciones de CA

Fuente: <https://solarbay.com.au/projects/drury-farm-dairy-commercial-solar/dairy-farm-solar/>, (acceso: 20 Septiembre 2018).

16. Control del correcto montaje del circuito de corriente alterna.
17. Conexión del inversor a la red (si corresponde).
18. Montaje y conexión del almacenamiento de energía (si existe).
19. Pre-comisionamiento del inversor sin el circuito de CC conectado para verificar la corrección de la instalación de CA.
20. Desconexión temporal del inversor de la red.
21. Conexión del circuito de CC al inversor y su reactivación.
22. Realización de los ajustes necesarios y operaciones programáticas en el inversor.
23. Activación del sistema de comunicación remota.
24. Desconexión de dispositivos adicionales, si los hay (por ejemplo, Solar Log), para análisis.

#### Actividades finales y aceptación:

1. Formación básica de usuarios.
2. Firmar el protocolo de aceptación, emisión de documentos de garantía finalizando la instalación.
3. Liquidación definitiva con el cliente.

## 4.10. Errores típicos de la instalación de montaje

Los sistemas fotovoltaicos deberían funcionar durante muchos años. Por lo tanto, cualquier información sobre errores típicos y problemas durante el montaje del sistema es útil.

#### Fallos de aislamiento (averías)

Recientemente, la calidad de los cables y las conexiones entre los módulos se ha mejorado significativamente a través de la introducción de conectores. La aplicación de cables y conexiones de cables con poca resistencia a la temperatura y la radiación UV crearon muchos problemas.

La conexión adecuada también está relacionada con la resistencia mecánica adecuada. Todas las conexiones y aislamientos están envejeciendo. La vida útil de los cables aplicados en los sistemas de suministro de energía se determina en 45 años.

El aislamiento del cable puede dañarse por la radiación UV, las fallas de voltaje y mecánicamente. Cualquier daño en el aislamiento en el lado de CC puede causar chispas que representan un riesgo de incendio.

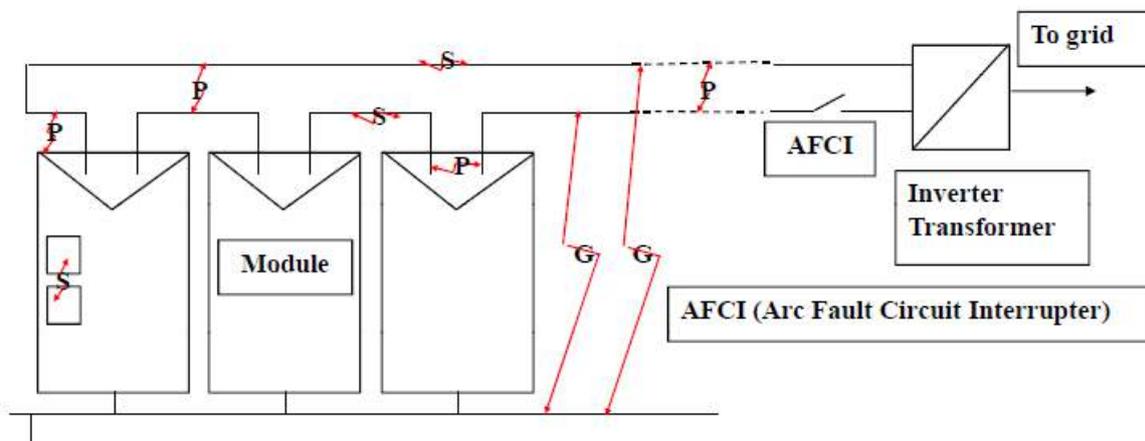


Fig. 1. Lugares probables de daños del cable en la instalación fotovoltaica, donde: – A la cuadrícula, – Inversor, – Transformador, – AFCI (Interruptor de circuito por falla de arco), – Module módulo fotovoltaico

Fuente: <https://www.agcs.allianz.com/assets/PDFs/ARC/Tech%20Talks/TTVol8-FireHazardsofPVSystems.pdf>, (acceso: 20 Septiembre 2018).

Por lo tanto, el cableado debe verificarse periódicamente con respecto a daños mecánicos y térmicos. La medición de la resistencia de aislamiento es la mejor solución.

El monitoreo automático del aislamiento aplicado en los inversores es una función muy útil. El sistema de monitoreo señala daños en el aislamiento y apaga el sistema fotovoltaico de la red de energía. Sin embargo, la corriente de los paneles fotovoltaicos todavía se suministrará. Esto significa que el inversor no puede eliminar las fallas. Si se señala una falla de este tipo, se debe iniciar una acción para eliminarla lo antes posible.

### Fallos del inversor

Las fallas en el inversor son las fallas señaladas con mayor frecuencia (63%). Sin embargo, se puede observar una mejora significativa dentro de este alcance. El dimensionamiento incorrecto o el ajuste de voltaje con los paneles fotovoltaicos constituye el error común. Muchas empresas de instalación han superado este problema mediante la aplicación de herramientas de software que permiten la simulación adecuada de los parámetros del sistema. Otra fuente de problemas con los inversores está constituida por averías causadas por impulsos eléctricos o conmutaciones de red, envejecimiento o sobrecalentamiento.

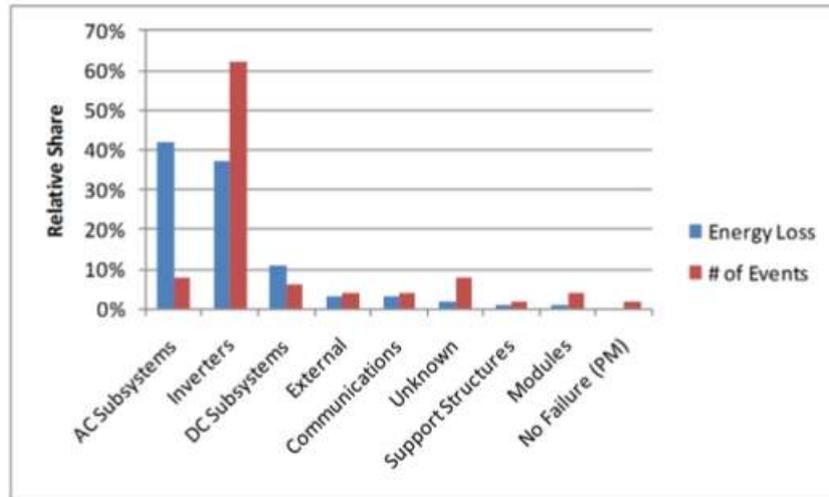


Fig. 2. Distribución porcentual del daño a los sistemas fotovoltaicos, donde: – Parte relativa, – Pérdida de energía, – Energía de Eventos, – Subsistemas AC, – Inversores, – Subsistemas DC, – Externo, – Comunicación, – Desconocido, – Estructuras de soporte, – Módulos fotovoltaicos, – in falla (PM)

Fuente: <https://www.scottmadden.com/insight/solar-photovoltaic-plant-operating-and-maintenance-costs/>, (acceso: 20 Septiembre 2018).

### Fallas mecánicas de los módulos

La destrucción de los módulos fotovoltaicos durante la instalación en el techo, durante su disposición para obtener una superficie plana, constituye un fallo típico. La falta de dilatación entre los módulos o las fijaciones demasiado raras que no consideran la energía eólica constituyen un error típico en el conjunto fotovoltaico. Un módulo seleccionado incorrectamente para condiciones ambientales bajo la influencia de la temperatura y el viento o como resultado del envejecimiento puede estar sujeto a una degradación más rápida y, por ejemplo, el vidrio puede quebrarse, mientras que un material no coincidente para los marcos de ensamblaje puede causar su corrosión.



Fig. 3. Daño del generador fotovoltaico bajo la influencia del viento

Fuente: <https://www.renewableenergyworld.com/articles/print/volume-18/issue-4/features/solar/ensuring-your-solar-array-doesn-t-get-caught-in-the-wind.html>, (acceso: 20 Septiembre 2018).

Los errores y daños en la instalación fotovoltaica se pueden minimizar mediante el diseño, la instalación y el mantenimiento adecuados del sistema fotovoltaico. Por lo general, la mayoría de los errores en los sistemas fotovoltaicos ocurren durante la instalación.

### Errores frecuentes durante la instalación y configuración del panel:

- 1) Cambio en el cableado, sin realizar alteraciones en el esquema del circuito.
- 2) Cambio en un tipo de módulo o fabricante debido a problemas con los suministros.
- 3) Superar el voltaje del módulo o del inversor como resultado de un diseño incorrecto del panel.
- 4) Disposición de un número demasiado pequeño de módulos en serie para el correcto funcionamiento del inversor durante altas temperaturas de verano.
- 5) Instalación de módulos fotovoltaicos sin tener en cuenta el parámetro  $I_{mpp}$  de cada módulo (agrupación)

### Errores frecuentes de instalación en el cableado:

- 1) Errores humanos en el rendimiento de las conexiones durante la instalación.
- 2) Montaje insuficiente de los cables al suelo (pistas de cable).



Fig. 4. Cables fotovoltaicos mal dispuestos

Fuente: <https://solarprofessional.com/articles/design-installation/common-residential-pv-system-code-violations#.W9Hs1nszap0>, (acceso: 20 Septiembre 2018).

- 3) Cables que tocan el techo u otras superficies abrasivas expuestas a daños físicos.
- 4) Rieles de cable montados incorrectamente: montaje a distancias demasiado grandes.
- 5) Demasiados cables en un clip.



Fig. 5. Cables fotovoltaicos mal dispuestos sin la ruta del cable

Fuente: <https://newenglandcleanenergy.com/energymiser/2013/05/09/shady-solar-installers-installment-2-why-wires-matter/>, (acceso: 20 Septiembre 2018).

- 6) Falta de elementos de apoyo para conducir los cables.
- 7) Cables demasiado tensos o demasiado flojos.
- 8) Conectores de enchufe no completamente aplicados.
- 9) Cable doblado demasiado cerca del zócalo.
- 10) Conectores de conexión incorrectamente conectados (no bloqueados).



Fig. 6. Conexión correcta de los cables fotovoltaicos mediante conectores

Fuente: <https://www.homepower.com/articles/solar-electricity/equipment-products/array-wire-management>, (acceso: 20 Septiembre 2018).

#### Errores típicos de instalación en la puesta a tierra de módulos fotovoltaicos:

- 1) Falta de instalación de puesta a tierra en el panel.
- 2) No conectó varias partes del módulo para lograr un potencial de conexión a tierra igual.



Fig. 7. Conexión de los potenciales de equalización de la puesta a tierra del módulo en sistemas fotovoltaicos

Fuente: <https://solarprofessional.com/articles/design-installation/common-residential-pv-system-code-violations#.W9Hs1nszapo>, (acceso: 20 Septiembre 2018).

- 3) Uso de sujetadores de puesta a tierra inadecuados para módulos fotovoltaicos de tierra y estructuras de soporte.
- 4) La suposición de que los marcos de aluminio conducidos a tierra para soportar estructuras aseguran una puesta a tierra eficiente.
- 5) Instalación de puesta a tierra mal dimensionada.
- 6) Protección contra rayos instalada incorrectamente.



Fig. 7. Fragmento de la instalación de rayos en el sistema fotovoltaico

Fuente: <https://www.solarinsure.com/protect-your-solar-power-system-from-lightning>, (acceso: 20 Septiembre 2018).

### Errores típicos relacionados con la instalación de cajas eléctricas, pistas de cable y desinstalación:

- 1) Interrupción de las instalaciones ajustadas al montaje vertical en aplicaciones no verticales: instalación de interruptores para funcionamiento vertical en entornos no verticales.
- 2) Instalación de fusibles de valor incorrecto.
- 3) Cajas eléctricas y pistas de cable ubicadas incorrectamente, debido a que casi no están disponibles para servicio.
- 4) Incumplimiento de las instrucciones del fabricante relativas a la desconexión del cableado en el lado de CC.
- 5) Instalación de cables sin aislamiento o con aislamiento inadecuado en lugares húmedos y en cajas interiores que no sean resistentes al remojo.
- 6) Aplicación de accesorios incorrectos para introducir cables a cajas externas.

### Errores típicos de instalación relacionados con sistemas de montaje:

- 1) Aplicación de equipo de montaje inadecuado.
- 2) Procesamiento incorrecto de techos.
- 3) Aplicación de montajes de techo incorrectos para un tipo de techo específico.
- 4) Aplicación de tornillos incorrectos para las terminaciones de techo, para elementos de techo.

- 5) Perforación de aberturas incorrectas para enchufes de pared y terminaciones de techo rotas (elementos de techo).
- 6) Distancia incorrecta de los módulos desde el techo.

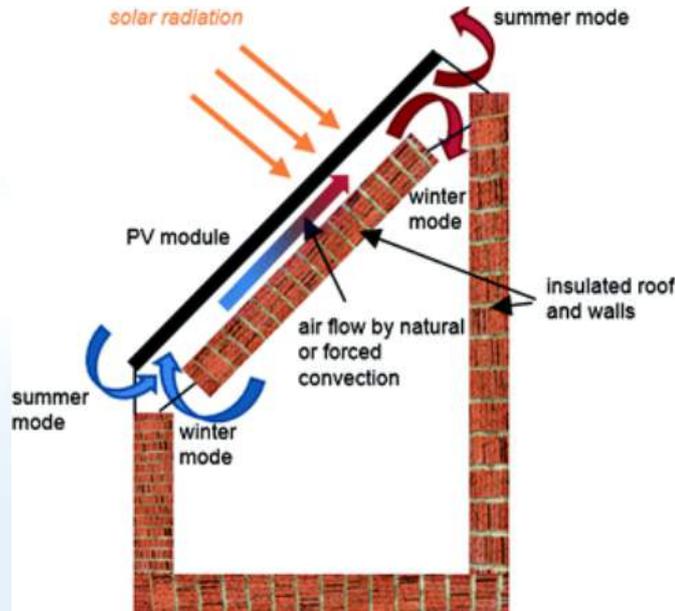


Fig. 8. Intercambio de aire en el módulo fotovoltaico bien ensamblado, donde: – Radiación solar, – Module módulo fotovoltaico, – Modo verano, – modo invierno, – Flujo de aire por convección natural o forzada, – Techo y paredes aislantes

Fuente: Olivier Dupré, Rodolphe Vaillon, Martin A. Green; *Thermal Issues in Photovoltaics and Existing Solutions Springer International Publishing AG 2017.*

#### 4.11. Condiciones de recogida y documentación técnica de la instalación

##### Documentación técnica

La mayoría de las instalaciones fotovoltaicas funcionan en modo conectado a la red, es decir, están conectadas a la red eléctrica. Dicha conexión de cada dispositivo requiere cumplir con las condiciones técnicas específicas requeridas por un operador de red local.

En el caso de las microinstalaciones, una de las condiciones es la presentación de la documentación técnica de la instalación en la etapa de presentación de una solicitud de conexión.

La documentación debe incluir:

- diagrama de la instalación eléctrica de la instalación,
- método de conexión de la microinstalación a la instalación eléctrica de la instalación y a la red,
- si el solicitante está constituido por un empresario, el sistema de conexión debe incluir el sistema de medición de la energía eléctrica producida en la microinstalación..

Además, la aplicación para la conexión de la instalación fotovoltaica debe incluir información detallada sobre elementos de instalación particulares:

### 1. Información sobre la instalación fotovoltaica.

- a) Ubicación suelo / techo / fachada / otro .....
- b) Número de secciones \* ..... [pc.].
- c) Potencia nominal de la sección... .. [W].
- d) Tensión máxima admisible ..... [V].
- e) Tipo montado permanentemente en: ..... ..
- f) Altura máxima de la estructura \*\* ..... [metro].

\* Un grupo de paneles conectados a un inversor debe tratarse como secciones.

\*\* Se refiere solo a estructuras ensambladas en el suelo, contadas desde el suelo hasta el elemento más alto que sobresale de la estructura / panel.

### 2. Célula fotovoltaica

- a) Fabricante / país / tipo:
- b) Duración prevista de la operación en años: .....
- c) Potencia nominal máxima: ..... [W].
- d) Voltaje de circuito abierto de CC (V): ..... [V].
- e) Voltaje máximo de CC: ..... [V].
- f) Corriente de cortocircuito: ..... [A].
- g) Corriente máxima para condiciones óptimas: ..... [A].
- h) Eficiencia nominal ..... [%].
- i) Dimensiones (ancho / alto) ..... [m].

### 3. Convertidor CC / CA (inversor)

- a) Tipo de convertidor
- b) Fabricante / país ....
- c) Número de convertidores ..... [pc.].
- d) Potencia nominal de CA ... [kW].
- e) Potencia nominal de corriente continua.... [kW]
- f) Voltaje máximo de entrada.... [V].
- g) Tensión nominal de salida.... [V].
- h) Rango de cambio de tensión de salida.... [V].
- i) Entrada de corriente nominal.... [UNA].
- j) Corriente nominal de salida.... [UNA].
- k) Corriente de salida mínima / máxima.... [UNA].
- l) Consumo de energía en modo nocturno.... [W].
- m) Frecuencia.... [Hz].
- n) Rango de cambios de frecuencia.... [Hz].
- o) Factor de distorsión.... [%].
- p) Factor de potencia.... [-].

### Rendimiento de la instalación

Además, se debe enfatizar que la construcción de la microinstalación y su conexión a la red eléctrica solo puede realizarla una persona que posea los permisos pertinentes especificados en las disposiciones del país en cuestión.

### **Pruebas finales, arranque y puesta en marcha**

El proceso de instalación finaliza con la etapa de pruebas y comienzo. Esta etapa está precedida por el procedimiento de elaboración de un informe escrito por el instalador, incluidos los resultados de las pruebas de ejecución, incluidos los especificados en las instrucciones de instalación de los fabricantes de dispositivos fotovoltaicos aplicados.

Las mediciones de prueba deben ir precedidas de una inspección inicial del sistema que debe realizarse incluso antes de la conexión de la fuente de alimentación de la instalación. La inspección debe realizarse de acuerdo con los requisitos de la norma IEC 60364-6.

Nota: En el caso de cableado eléctrico que se puede encontrar en lugares de difícil acceso después de la instalación del sistema, puede ser necesario verificarlos antes de que la instalación funcione o en su curso.

Se debe verificar si los siguientes elementos, típicos de los sistemas fotovoltaicos conectados a la red, deben controlarse durante la inspección inicial:

### **Lado CC del sistema fotovoltaico – control general**

Verificación general de la instalación de CC debe verificar si:

- 1) El sistema de CC se diseñó, especificó e instaló de acuerdo con los requisitos de la norma IEC 60364, en particular su parte IEC 60364-9-1.
- 2) El voltaje máximo del campo del módulo fotovoltaico es apropiado para la ubicación del sistema fotovoltaico (IEC 60364-9-1 y las regulaciones locales pueden estipular que las instalaciones con un voltaje superior pueden estar ubicadas solo en sitios específicos).
- 3) Todos los elementos del sistema y las estructuras de instalación se seleccionaron y se ensamblaron de manera que se pueda soportar un impacto de las condiciones externas esperadas, como viento, nieve, temperatura o exposición a la corrosión.
- 4) Las fijaciones de techo y los cables para cableado eléctrico son resistentes a las condiciones atmosféricas (si corresponde).

### **Sistema de corriente continua – protección contra la electrocución.**

El control de la instalación de CC debe cubrir al menos la verificación de las medidas asumidas de protección contra la electrocución en caso de defectos de aislamiento, incluidos:

- a) Medidas de protección previstas en la aplicación de muy baja tensión (SELV / PELV) – sí / no;
- b) Protección mediante la aplicación de clase II o aislamiento igual en el lado de CC – sí / no;
- c) Los cables y las conexiones de las cadenas fotovoltaicas y el campo del módulo fotovoltaico se seleccionaron e instalaron de manera que se minimice el riesgo de cortocircuitos y fallas a tierra; Usualmente se logra mediante la aplicación de un cable con aislamiento protector y reforzado (a menudo llamado "doble aislamiento") – sí / no;

### **Sistema de corriente continua – protección contra las consecuencias del daño del aislamiento.**

El control de la instalación de CC debe cubrir al menos la verificación de medidas válidas de protección contra las consecuencias de daños en el aislamiento, incluidas:

- a) Aislamiento galvánico dentro del inversor y en el lado de CA – sí / no;
- b) Tierra funcional de cada elemento conductor – sí / no;

**NOTA:** el conocimiento del aislamiento galvánico y las bases funcionales son necesarios para el establecimiento si se especificaron correctamente las medidas para proteger contra los resultados del daño del aislamiento;

- c) El sistema de alarma para detectar una baja resistencia de aislamiento entre el campo del módulo fotovoltaico y la tierra: cumplimiento de los requisitos estándar IEC 60364-9-1.

**NOTA:** opción generalmente asegurada por el inversor.

### ***Sistema de corriente continua – protección de sobrecorriente.***

El control de la instalación de CC debe cubrir al menos la verificación de la protección de sobrecorriente en los circuitos de CC:

- a) En el caso del sistema sin protección contra sobrecorriente en las cadenas de módulos fotovoltaicos, se debe garantizar que:

- $I_{MOD\_MAX\_OCPR}$  (la corriente nominal máxima del fusible en serie en la cadena) es mayor que la corriente inversa posible;
- El cableado de la cadena del módulo fotovoltaico se selecciona de manera que permita la transferencia de la corriente máxima de cortocircuito de las cadenas conectadas en paralelo.

**Nota:** La norma IEC 60364-9-1 debe aplicarse para calcular la corriente inversa del campo del módulo fotovoltaico;

- b) En el caso de sistemas con protección contra sobrecorriente en cadenas, uno debe asegurarse de que los dispositivos de protección contra sobrecorriente sean apropiados, estén instalados correctamente y cumplan con los requisitos de la norma IEC 60364-9-1; se debe implementar un procedimiento similar cuando se haya instalado la protección contra sobrecorriente para todo el campo de los módulos fotovoltaicos o su sección.

### ***Sistema CC – instalación de puesta a tierra***

El control de la instalación de puesta a tierra del lado de CC debe cubrir al menos la verificación de:

- a) Cuando el sistema fotovoltaico contiene una toma de tierra funcional de uno de los cables de CC: el cumplimiento de las especificaciones y la instalación de esta toma de tierra con los requisitos de la norma IEC 60364-9-1;
- b) Cuando el sistema fotovoltaico tiene conexión directa a tierra en el lado de CC: el cumplimiento del interruptor aplicado con los requisitos de la norma IEC 60364-9-1;
- c) Cumplimiento del método de conexión a tierra de la estructura de campo del módulo fotovoltaico con los requisitos de la norma IEC 60364-9-1.
- d) **NOTA:** Las regulaciones locales pueden requerir varias conexiones.
- e) Si se instalan cables de conexión a tierra de protección y / o de igualación de nivel, debe verificarse si están dispuestos en paralelo a los cables de CC y conectados con ellos.

### ***Sistema de CC: protección contra las consecuencias de los rayos y las sobrecargas de energía***

El control de la instalación de CC debe cubrir al menos:

- a) Para minimizar el voltaje causado por un rayo, verifique si la superficie de los bucles creados por el cableado eléctrico es lo más pequeña posible;
- b) Verificación de medidas dirigidas a la protección de cables largos (por ejemplo, a través de pantallas o instalación de fusibles de tierra – SPD);

- c) Si se aplican fusibles a tierra SPD, verifique si están instalados de acuerdo con los requisitos de la norma IEC 60364-9-1.

### ***Sistema DC – selección e instalación de equipos eléctricos***

El control de la instalación de CC cubre al menos la verificación de si:

- a) Todos los elementos están dedicados al trabajo continuo de CC y a los valores máximos posibles de voltaje y corriente, como se define en la norma IEC 60364-9-1;  
**NOTA:** se requiere el conocimiento del voltaje y la corriente máximos del sistema durante el control del sistema de CC.
- Voltage el voltaje máximo del sistema es la función de configuración de las cadenas de módulos fotovoltaicos / campo de módulos fotovoltaicos, voltaje de circuito abierto (VOC) de los módulos y el multiplicador considerando los cambios en la temperatura y la intensidad de la iluminación (generalmente 1.3),
  - Current la máxima corriente de cortocircuito posible es la función de configuración de las cadenas de módulos fotovoltaicos / campo de módulos fotovoltaicos, la corriente de cortocircuito (Isc) de los módulos y el multiplicador considerando los cambios en la temperatura y la intensidad de radiación (generalmente 1,5);
- b) Se han seleccionado e instalado instalaciones eléctricas para resistir el impacto esperado de factores externos, como el viento, la formación de hielo, la temperatura, la radiación solar y UV;
- c) El método de aislamiento y separación de las cadenas, el módulo del módulo fotovoltaico y la sección del módulo fotovoltaico cumple con los requisitos de la norma IEC 60364-9-1;
- d) El seccionador de CC se instala en el lado del inversor de CC de acuerdo con los requisitos de la norma IEC 60364-9-1;  
**Nota:** El estándar IEC 60364-9-1 define cuatro métodos diferentes de instalación del interruptor; El tipo y la ubicación aplicados del interruptor se deben presentar en el informe de aceptación del sistema.
- e) Si se instalan diodos de bloqueo, debe verificarse si su voltaje nominal inverso llega a al menos 2 x VOCSTC de la cadena del módulo fotovoltaico, donde se instalaron los diodos (estándar IEC 60364-9-1);
- f) Los enchufes y las ranuras de conexión son del mismo tipo y del mismo fabricante y cumplen con los requisitos de la norma IEC 60364-9-1.

### ***Lado de CA del sistema fotovoltaico – control general***

**La verificación del sistema fotovoltaico en el lado de CA incluye al menos la verificación de si:**

- a) El interruptor de desconexión del inversor se coloca en el lado de la tensión de CA;
- b) Todos los dispositivos de desconexión y conmutación aplicados en la instalación fotovoltaica están cableados desde el lado de "cargas", mientras que la red pública – desde el lado "fuente";
- c) Los parámetros del inversor fueron programados de acuerdo con las regulaciones locales;
- d) Si el elemento RCD de protección diferencial se instaló en el circuito de corriente alterna que alimenta al inversor, debe verificarse si ese elemento se seleccionó de acuerdo con los requisitos de la norma IEC 60364-9-1.

**NOTA:** En el caso de algunos inversores, pueden requerirse fusibles RCD tipo B (quemado lento).

### Etiquetado e identificación

La verificación del sistema fotovoltaico incluye al menos la verificación de si:

- a) Todos los sistemas, dispositivos de protección, interruptores y terminales fueron etiquetados de acuerdo con los requisitos de la norma ICE 60364 en general y 60364-9-1 en particular;
- b) Se colocaron etiquetas de advertencia en todas las carcasas de las cajas de conexión eléctrica de CC (campos del generador fotovoltaico y del módulo fotovoltaico) que muestran que las partes activas dentro de la caja se suministran desde el campo del módulo fotovoltaico y aún se pueden electrificar, incluso después de la desconexión del inversor fotovoltaico y red pública;
- c) El interruptor del seccionador en el lado AC estaba claramente etiquetado;
- d) Los puntos de conexión del sistema y la red están equipados con etiquetas de advertencia que notifican la doble fuente de alimentación;
- e) El esquema de cableado eléctrico de una sola línea está disponible en el sitio de instalación;
- f) Los datos del instalador están disponibles en el sitio de instalación;
- g) Los procedimientos de desactivación del sistema están disponibles en el sitio de instalación;
- h) Los procedimientos de alarma están disponibles en el sitio de instalación (si corresponde);
- i) Todas las etiquetas están fijadas permanentemente..

NOTA: los requisitos para el etiquetado e identificación del sistema fotovoltaico se especifican en la norma IEC 60364-9-1.

Se debe proporcionar una copia de los resultados de la prueba al cliente. Una vez que se inicia el sistema, el instalador emite un certificado para el cliente, que contiene los siguientes datos:

- Dirección de la propiedad real.
- Datos de contacto del instalador.
- Tipos y números de serie de los dispositivos instalados.
- Fecha de puesta en servicio del sistema fotovoltaico.
- Clasificación de potencia del sistema fotovoltaico.
- Eficiencia energética anual estimada del sistema fotovoltaico.
- Periodo de garantía otorgado por el instalador.
- Garantías del fabricante para los módulos e inversores fotovoltaicos, y detalles de contacto de los servicios de estos proveedores de componentes..

Dicha información es particularmente importante cuando no existe una empresa de instalación. Además, permite al cliente verificar un intento de evitar la responsabilidad por la instalación no válida.

### Garantías y servicio

Una vez finalizado el proceso de instalación, el cliente debe asegurarse de que tiene soporte en caso de cualquier problema con el sistema fotovoltaico. Los detalles de las garantías que

cubren la calidad de los productos y los trabajos de instalación deben incluirse en la documentación de inicio que se le entrega al cliente al momento de la instalación.

Los instaladores deben proponer la conclusión de un acuerdo de servicio, pero no deben insistir en su uso. Es una buena práctica dejar al cliente una copia de instrucciones, que describa los requisitos relacionados con el mantenimiento del sistema.

Todos los instaladores deben tener y aplicar un procedimiento de quejas transparente, así como dejar su descripción en el cliente.

Una encuesta de satisfacción del cliente retornable es una herramienta útil para controlar la satisfacción del cliente. Por lo tanto, dejar tal formulario en un conjunto de documentos proporcionados al cliente constituye una buena práctica.

## 4.12. Presupuesto, oferta, contrato para la instalación de dispositivos y sistemas solares

### Principios relacionados con la calidad

Cada empresa de instalación debe construir sistemas fotovoltaicos de acuerdo con estándares válidos y en todo el proceso de construcción debe aplicar buenas prácticas para instalar sistemas fotovoltaicos de forma recurrente con el mismo nivel de calidad.

El sistema de gestión de la calidad (SGC) constituye una herramienta para este fin.

La idea básica del SGC es que todo el proceso, desde el primer contacto con el cliente, es decir, desde hacer una oferta, hasta el ensamblaje, la activación y la puesta en servicio del sistema fotovoltaico, debe especificarse en un plan escrito que sea implementado por un instalador durante todas las instalaciones.

Los procedimientos estándar, los formularios y el software que crean el sistema de gestión de la calidad contribuyen a la coherencia de las actividades y su trazabilidad. La trazabilidad se vuelve importante en el caso de problemas inmediatamente después de la activación, pero también puede ayudar muchos meses o años después.

Tal documentación ayuda a entender dónde, por ejemplo. El instalador cometió un error o demostró que el instalador no cometió ningún error y la falla está en otro lugar (es particularmente útil en caso de disputa).

La norma ISO 9001 es un ejemplo de sistema de gestión de calidad aplicado por muchas medianas y grandes empresas y puede ser una guía útil para todos aquellos que consideran cómo configurar el sistema de gestión de calidad en su actividad. Debe tenerse en cuenta que cada empresa es diferente, por lo que cada entidad debe desarrollar su propio sistema de gestión de la calidad, que se adapte mejor a su método de acción.

La implementación de todo el sistema ISO 9001 no es necesaria para lograr propósitos cualitativos.

Acortado, pero cubriendo los procedimientos clave, la versión del sistema es más precisa para compañías más pequeñas y empresarios individuales.

La siguiente lista es una muestra de algunos elementos que pueden considerarse al escribir procedimientos operativos para una empresa que instala sistemas fotovoltaicos:

1. Procedimiento de recogida de datos para el proyecto, formulario de oferta.
  - a) Datos a oferta inicial,
  - b) Datos de la inspección del sitio..
2. Ofrezca el espécimen.
3. Ejemplar de un contrato con el cliente.
4. Procedimiento para seleccionar las herramientas de software que se aplicarán para el diseño del sistema fotovoltaico.
5. Procedimiento de compra y control de los componentes del sistema fotovoltaico entregados.
6. Procedimiento de ejecución de la instalación del sistema fotovoltaico: diseño, disposición, montaje.
7. Procedimiento para la aceptación del sistema fotovoltaico.
8. Procedimiento para la actualización de QMS, incluidos los documentos aplicados en ella.
9. Otros documentos que deben incluirse en el SGC, por ejemplo,:
  - a) Lista de regulaciones nacionales relacionadas con la construcción del sistema fotovoltaico: normas técnicas, normas de construcción y guías sectoriales.
  - b) Instrucciones del fabricante para cada producto fotovoltaico instalado por la empresa.
  - c) Lista de documentos para proporcionar al cliente, incluidos los relativos a trabajos de mantenimiento.
  - d) Bond de rendimiento con requisitos de garantía específicos.
  - e) Principios de protección de la salud y la seguridad, con especial atención a la especificidad de los sistemas fotovoltaicos (por ejemplo, desarrollo de arco eléctrico y diferentes reglas para el riesgo de incendio que a la corriente alterna).
10. Otros documentos cubiertos por el SGC que puedan aplicarse:
  - a) Lista de dispositivos (incluidos los números de serie) que requieren calibración, quién es responsable de la calibración del equipo a tiempo, programa de calibración.
  - b) Registros de la capacitación de los empleados: útiles para establecer quiénes están adecuadamente preparados para implementar un procedimiento determinado y establecer un camino para el desarrollo de las habilidades de los empleados, a fin de motivarlos adecuadamente para realizar el plan de acción.
  - c) Procedimiento de quejas y registro de quejas (sin importar si están justificadas o no) para registrar problemas, incluso casos individuales, y para saber cómo se resolvieron.

## Formulario de oferta ejemplar para el proyecto:

Datos de dirección:

Proyecto: nº., nombre	
Dirección del sitio de construcción:	
Nombre y dirección del inversor:	
Contacto con el inversor:	
Contacto con el contratista:	
Arquitecto / diseñador de edificios:	
Nº teléfono:	Dirección email
Electricista	
Nº teléfono:	Dirección email
Techador	
Nº teléfono:	Dirección email

Datos de la red eléctrica:

Distribuidor de red	Nº teléfono:	Dirección email
Potencia y suministro	Descripción de la situación	
La energía planificada para la instalación no es superior a la especificada en las condiciones de conexión emitidas: notificación necesaria.		
La energía planificada para la instalación es superior a la especificada en las condiciones de conexión emitidas: aplicación necesaria.		
Suministro a la red autorizado por el repartido bajo las siguientes condiciones:		

Documentos adjuntos:

✳ Plan de construcción	✳ Plano	✳ Plano de techo
✳ Vista desde el lado	✳ Sección de construcción	✳ Descripción del edificio
✳ Foto del techo	✳ Foto de la casa	✳ Foto del sombreado
✳ Foto del medidor eléctrico	✳ Foto de la conexión de la casa a la red	✳ Historia del consumo de energía.
✳Otros.....		

Requerimientos del cliente:

Potencia nominal del sistema fotovoltaico, en kWp:	Fondos de inversión previstos en PLN:
Producción prevista de energía eléctrica en kWh / año.:	Superficie máxima del techo para el sistema fotovoltaico en. m <sup>2</sup> :
Otros:	

**Detalles de la forma del techo:**

Potencia nominal del sistema fotovoltaico, en kWp:	Fondos de inversión previstos en PLN:
Producción prevista de energía eléctrica en kWh / año.:	Superficie máxima del techo para el sistema fotovoltaico en m <sup>2</sup> :
Otros:	

Detalles de la forma del techo:

Superficie del techo disponible para el generador fotovoltaico (se recomienda que el ancho de la distancia desde el borde desde cada lado alcance al menos 0,5 m):

Longitud en m =	Anchura en m =	Superficie en m <sup>2</sup> =
-----------------	----------------	--------------------------------

Elementos del techo que causan el sombreado de los paneles de los generadores fotovoltaicos:

<input type="checkbox"/> Chimenea	<input type="checkbox"/> Antena	<input type="checkbox"/> Ventana
<input type="checkbox"/> Pararrayos	<input type="checkbox"/> Buhardilla	<input type="checkbox"/> Otro

Dibujo adjunto / boceto de la zona sombreada.

Superficie utilizable después de la deducción del lugar sombreado: .....m<sup>2</sup>

### Disponibilidad de techo:

<input type="checkbox"/> Conector requerido	<input type="checkbox"/> Andamio requerido	<input type="checkbox"/> Posible acceso para camión
---	--	---

### Montaje de módulos-protección contra rayos-inversor-alimentación, cableado:

Orientación módulo	-90° = este 0° = sur +90° = oeste
Inclinación del módulo (0° = horizontal)	
Instalación sobre cubierta plana con uso de cuerdas y clips <input type="checkbox"/>	

¿Hay puesta a tierra? Inspección requerida <input type="checkbox"/>	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
¿Hay protección contra rayos? ¿Inspección requerida?	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>

Tipo de protecciones existentes	
Ubicación de la caja del generador	
Ubicación del interruptor de CC	
Ubicación del inversor	
Ubicación del medidor y fusibles	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
Modernización requerida	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>

### Cableado CC en el techo:

<input type="checkbox"/> a través de canales de techo	<input type="checkbox"/> en los desagües del techo	<input type="checkbox"/> construido en el chasis
Longitud de los cables desde el generador fotovoltaico hasta el divisor (m)		
Longitud de los cables desde el divisor hasta el interruptor / inversor de CC (m)		

<b>Cableado</b> ☼ en la parte superior de yeso	<b>CA:</b>	☼ debajo de yeso	☼ en el canal de cableado
Longitud de los cables desde el inversor al medidor (m)			
Longitud de los cables desde el medidor hasta el fusible (m)			

**Otras condiciones de montaje:**

Descripción:
--------------

Cada empresa debe desarrollar su propio sistema de gestión de la calidad con una descripción del procedimiento que se utilizará en cada etapa, desde el primer contacto con el cliente hasta los servicios de puesta en servicio y postventa de la instalación. También debe especificarse quién es el responsable de la ejecución de un procedimiento determinado. Dicho documento se especifica generalmente como el Plan de Calidad.

Después de la implementación del SGC, vale la pena realizar una verificación periódica para controlar qué tan bien funciona (por ejemplo, anualmente) y registrar los resultados de cada verificación. Permite evitar errores cometidos anteriormente y aplicar buenas prácticas en el trabajo diario de la empresa. Dichos controles también son una oportunidad para verificar los cambios en las regulaciones y estándares que son importantes en las instalaciones fotovoltaicas y para identificar problemas y reclamos, lo que permite mejorar la calidad del trabajo y la cooperación con los subcontratistas.

**Servicio al cliente**

El proceso completo, desde el primer contacto con el cliente, hasta la puesta en marcha y la puesta en servicio del sistema fotovoltaico, debe ser claro, transparente, documentado y comprensible para el cliente. La renuncia a estos principios generales conduce inevitablemente a problemas y quejas.

Por lo tanto, todas las etapas del proceso deben documentarse en una forma comprensible para el cliente, todos los puntos clave deben explicarse oralmente y el proyecto no puede continuar si no es bueno para el cliente y no ha aceptado el cálculo del costo presentado.

**Venta del sistema fotovoltaico.**

En el proceso de ventas, se deben aplicar los siguientes principios:

**1) Publicidad**

Las actividades de publicidad y promoción deben presentar los productos y servicios ofrecidos de manera objetiva y no forzar el desempeño del servicio. La información básica dirigida al cliente, que está constituida por la eficiencia esperada del sistema, debe resultar de los datos de la base de aislamiento en la ubicación del proyecto, por ejemplo. desde el sitio web:

<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php?lang=it&map=europe> y considere las condiciones de sombreado, que pueden afectar significativamente la eficiencia.

## 2) Formación de personal

Los asistentes de ventas deben estar capacitados al nivel que les permita presentar en detalle el sistema fotovoltaico ofrecido para la instalación o asesorar dentro del alcance de su modernización requerida. También deben poder evaluar adecuadamente el rendimiento energético del edificio y asesorar al cliente dentro del alcance de la eficiencia energética.

La capacitación para el personal de ventas debe incluir un módulo sobre los métodos de venta permitidos para evitar una estrategia inadecuada (presión de ventas demasiado fuerte).

El personal debe ser informado sobre posibles sanciones en el caso de su aplicación.

## 3) Principios básicos relativos al trabajo del asistente de ventas

Durante la primera reunión, no se debe ejercer presión sobre la firma del acuerdo.

Durante la primera inspección del sitio, uno no puede permanecer en la instalación por más de dos horas (inspección, mediciones, etc.).

En la fase inicial del proceso de venta, el pago no puede ser aceptado.

Debe notificar al cliente el proceso de venta, incluidos los términos de retiro del acuerdo después de su firma.

Debe notificar al cliente de cualquier permiso o certificado requerido (por ejemplo, permiso de construcción, conexión de red) antes del inicio de la instalación, para que quede claro quién es responsable de su adquisición.

Debe estimar de forma fiable la capacidad esperada del sistema fotovoltaico.

### Estimación de costos y acuerdo – estimación de la eficiencia energética.

El costo estimado, junto con las condiciones de rendimiento, a menudo constituye un acuerdo entre una empresa instaladora y el cliente. Las disposiciones contractuales deben ser claras, comprensibles e incluir toda la información necesaria. Es una buena práctica, antes de presentar una propuesta financiera relacionada con la instalación fotovoltaica, presentar a los clientes la estimación de la eficiencia energética anual mediante un sistema fotovoltaico propuesto. Es importante porque el cliente espera que la producción de energía de una fuente de energía renovable mejore su equilibrio financiero relacionado con la energía usada (será más beneficioso financieramente en un período supuesto que el suministro de energía). Por lo tanto, es crucial estimar las características energéticas previstas del sistema, que deberían ocurrir antes de la conclusión de cualquier acuerdo relacionado con la instalación.

Tabla 1. Ejemplar de estimación de coste de sistema

No.	Componentes de sistema	Tipo	Cantidad	Parámetros
	<b>Nombre</b>	<b>Fabricante</b>		
1	Módulos fotovoltaicos			
2	Sistema de montaje			
3	Inversor			
4	Regulador de carga			
5	Herrajes y cableado.			
6	Protecciones			
7	Baterías			
8	Sistema de monitoreo			
9	Precio de montaje PLN (bruto)			
	Precio total PLN (bruto)			

En las condiciones de desarrollo doméstico de la energía fotovoltaica, el parámetro más importante del pronóstico es la determinación precisa del porcentaje de energía producida que puede constituir el autoconsumo y permite ahorrar gastos de energía, y lo que debe liberarse a la red (debido a las características de La operación del sistema fotovoltaico) a tasas válidas, actualmente bajas.

En esta etapa, la determinación de la eficiencia energética puede ser solo aproximada. Los cálculos pueden volverse más complejos, según el nivel de precisión requerido. Uno debe explicar al cliente el impacto en la eficiencia del sistema fotovoltaico, los factores clave, como el clima, la orientación geográfica y la inclinación de los módulos, el ensombrecimiento, la temperatura y determinar qué método de cálculo se aplicó (manual o con el uso de un paquete de software de modelado).

Los supuestos principales adoptados para los cálculos también se deben presentar al cliente para permitir la verificación de los resultados recibidos. Es importante porque ayuda a explicar que el rendimiento del sistema fotovoltaico no se puede prever con precisión, debido a las diferencias en la cantidad de energía solar disponible en cada lugar y año. Sin embargo, en un enfoque de varios años, las previsiones basadas en programas de proyectos profesionales, teniendo en cuenta todos los parámetros técnicos, metroológicos y locales, y principalmente un análisis de eclosión, se corresponden con la realidad con varios a más de una docena de error por ciento. Sin embargo, es útil proporcionar al cliente la posibilidad de realizar un análisis simplificado conjunto, por ejemplo, con consideración de la base de datos PVIGS.

**Otra información que se debe entregar al cliente en la etapa de solicitud de propuesta incluye:**

- 1) Explicación de cualquier incentivo financiero disponible (por ejemplo, subsidios, etc.).
- 2) Obtención de la relación precio / calidad para el sistema propuesto.
- 3) Información sobre qué elementos pueden requerir reemplazo en el período de operación del sistema y el costo aproximado de este reemplazo.
- 4) Una lista de todos los componentes principales que se han entregado, incluida su marca, modelo y número de serie. Estos datos son particularmente importantes con respecto a la garantía de funcionamiento sin problemas del sistema fotovoltaico.
- 5) Duración prevista del proceso de instalación.
- 6) Posible extensión disponible del tiempo de instalación (según las normas y prácticas locales).

**Lo que el instalador puede esperar durante la instalación:**

- 1) Todos los demás servicios requeridos (por ejemplo, suministro de energía, acceso al agua y al inodoro).
- 2) Almacén para el almacenamiento seguro del equipo antes del montaje.

**Lo que el cliente puede esperar:**

- 1) Información sobre forma de pago aceptable y fechas.
- 2) Acuerdos escritos sobre pequeños cambios en la especificación.
- 3) En caso de grandes cambios en la especificación por parte de cualquiera de las partes, debe prepararse una nueva especificación y el trabajo puede continuar después de su aprobación bilateral.

## 5. EJERCICIOS

### 5.1. Normas de salud y seguridad para la instalación – Ejercicios

#### Ejercicio 1. (epígrafe 4.1)

Frase completa con frase del cuadro.

Realización de obras en altura pertenecientes a las obras...

particularmente peligroso	particularmente seguro	no requiere permisos especiales	realizado con viento fuerte
---------------------------	------------------------	---------------------------------	-----------------------------

#### Ejercicio 2. (epígrafe 4.1)

Entre los factores mencionados, seleccione aquellos que afectan las actividades básicas antes del comienzo del trabajo.

	Actividades básicas previas al inicio del trabajo
Preparación de herramientas necesarias con mangos aislados que protegen de la electrocución directa.	
Preparación del equipo de medición necesario y del equipo de aislamiento necesario, como guantes dieléctricos, que evite las consecuencias de un contacto accidental de dos cables de diferente potencial (controlados cada 6 meses), botas de goma, alfombras, plataformas aislantes y gafas protectoras.	
Preparación de los tableros de advertencia necesarios.	
Asegurarse de que todos los instaladores estén en el techo del edificio	
Protección de elementos sueltos en el vehículo.	
Mantenimiento de una distancia segura de la escalera en caso de caída del instalador.	
Compra de materiales apropiados de escritura y dibujo.	
Lectura de la documentación y planificación de la secuencia de etapas de trabajo particulares.	
Leyendo el acuerdo de venta de energía eléctrica.	

#### Ejercicio 3. (epígrafe 4.1)

Tacha un artículo que no sea adecuado para el resto:

El montaje de la instalación de corriente continua está conectado con:

- montaje de cables que conectan módulos fotovoltaicos,
- montaje de terminaciones tipo MC4 en cables,
- conexión de módulos fotovoltaicos en cadenas,
- conexión del generador fotovoltaico al inversor,
- montaje del interruptor automático de corriente residual tipo AC.

## 5.2. Plan de montaje – Ejercicios

### Ejercicio 1. (epígrafe 4.2)

Entre las actividades listadas, seleccione estas pertenecientes a las actividades de pre-montaje.

	Actividades básicas de pre-montaje.
Análisis de la documentación	
Control de integridad de entrega	
Control de eficiencia de herramientas e instrumentos de medición.	
Protocolo de aceptación final	
Montaje y control de inversores.	
Montaje y control de la instalación de iluminación.	
Montaje y control de cableado de CA y protecciones de CA.	
Montaje y control de cableado de CC y protecciones de CC.	
Montaje de la estructura portante.	
Montaje de módulos fotovoltaicos.	
Marcado del lugar de instalación conforme a las regulaciones de OHS.	
Entrenamiento de usuario	
Sistema de precomisionado y ajuste.	

### Ejercicio 2. (epígrafe 4.2)

Entre las actividades listadas, seleccione estas pertenecientes a las actividades de montaje.

	Actividades básicas de montaje
Análisis de la documentación	
Control de integridad de entrega	
Control de eficiencia de herramientas e instrumentos de medición.	
Protocolo de aceptación final	
Montaje y control de inversores.	
Montaje y control de la instalación de iluminación.	
Montaje y control de cableado de CA y protecciones de CA.	
Montaje y control de cableado de CC y protecciones de CC.	
Montaje de la estructura portante.	
Montaje de módulos fotovoltaicos.	
Marcado del lugar de instalación conforme a las regulaciones de OHS.	
Entrenamiento de usuario	
Sistema de precomisionado y ajuste.	

### Ejercicio 3. (epígrafe 4.2)

Entre las actividades enumeradas, seleccione estas que pertenecen a las actividades posteriores al montaje.

	Actividades básicas de post-montaje
Análisis de la documentación	
Control de integridad de entrega	
Control de eficiencia de herramientas e instrumentos de medición.	
Protocolo de aceptación final	
Montaje y control de inversores.	
Montaje y control de la instalación de iluminación.	
Montaje y control de cableado de CA y protecciones de CA.	
Montaje y control de cableado de CC y protecciones de CC.	
Montaje de la estructura portante.	
Montaje de módulos fotovoltaicos.	
Marcado del lugar de instalación conforme a las regulaciones de OHS.	
Entrenamiento de usuario	
Sistema de precomisionado y ajuste.	

## 5.3. Herramientas y equipos para la instalación de sistemas fotovoltaicos – Ejercicios

### Vídeo 1. (epígrafe 4.3)

Vídeo instructivo sobre cómo usar herramientas para ensamblar conexiones MC4

Con el uso de un removedor de aislamiento, retire aprox. 1 cm de aislamiento del cable fotovoltaico. Luego, sin tocar los conductores de cable con los dedos, coloque el pasador de conexión de metal MC4. Coloque el pin y el cable en la herramienta de prensa. Presione la herramienta de prensa con fuerza hasta que el bloqueo permita abrir la herramienta de prensa. Coloque la tapa de conexión en el cable prensado y luego pegue el pasador en la caja de conexión. Atornille la tapa a la caja de conexión con llaves específicas.

Ayudas didácticas: cable solar 4mm<sup>2</sup>, terminaciones MC4, herramienta de presión para MC4, separador de aislamiento, llaves para atornillar conexiones MC4

## 5.4. Principios prácticos de instalación de módulos, selección y dimensionamiento de alambres y cables – Ejercicios

### Vídeo 1. (epígrafe 4.4)

Vídeo – montaje de módulos en la línea del techo.

Módulos fotovoltaicos, estructura de ensamblaje junto con los elementos y llaves necesarios (según el fabricante de la estructura), línea del techo (posiblemente fragmento de la línea del techo), cuerda, nivel (posiblemente láser).

### Vídeo 2. (epígrafe 4.4)

Video – Arreglo de cables en el techo.

### Vídeo 3. (epígrafe 4.4)

Video – Conexión de módulos en cadenas y su conexión al inversor fotovoltaico.

## 5.5. Puesta en marcha y puesta en marcha del sistema fotovoltaico – Ejercicios

### Ejercicio 1. (epígrafe 4.5)

Completa oración con frase del cuadro.

En el montaje vertical de módulos fotovoltaicos, la caja de terminales del módulo fotovoltaico debe estar ubicada en ...

en la parte superior del módulo	en la parte inferior del módulo	en la parte superior del módulo	en el lado izquierdo del modulo
---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------

### Ejercicio 2. (epígrafe 4.5)

Entre los factores mencionados, seleccione aquellos que afectan la eficiencia energética semanal de la instalación fotovoltaica.

	Factores que afectan la eficiencia energética semanal de la instalación fotovoltaica
Buen acceso a un mayor servicio y mantenimiento del inversor.	
Si el inversor tiene una pantalla, debe instalarse de manera que permita una fácil lectura de los parámetros de la pantalla.	
Circulación de aire no perturbado	
Protección contra humedad excesiva y radiación solar.	
Eliminación del exceso de calor del inversor.	
Acceso aéreo limitado al inversor	
Operación en ambiente húmedo asegurando un mejor enfriamiento del inversor.	
Obstrucción permanente de la pantalla que protege del acceso no autorizado.	

### Ejercicio 3. (epígrafe 4.5)

Tacha un artículo que no sea adecuado para el resto:

Las actividades realizadas durante la activación del inversor incluyen:

- desconexión del generador fotovoltaico del inversor.
- conexión del generador fotovoltaico a través del seccionador DC.
- conexión de la tensión de red a través de fusibles externos.

- comprobar si el inversor está montado y conectado a la instalación eléctrica.
- verificando si el generador fotovoltaico proporciona un voltaje mayor que el voltaje de entrada de CC mínimo en el inversor.
- verificando si la tapa de la caja de conexión está conectada a tierra y cerrada.

## 5.6. Cooperación de baterías con sistemas fotovoltaicos – Ejercicios

### Ejercicio 1. (epígrafe 4.6)

Completa oración con frase del cuadro.

El almacenamiento de energía eléctrica es posible gracias a la aplicación de ...

baterías	colectores solares	bombillas de bajo consumo	Tanque amortiguador para agua caliente
----------	--------------------	---------------------------	--

### Ejercicio 2. (epígrafe 4.6)

Entre los parámetros listados, seleccione los parámetros que describen el almacenamiento de energía.

	Parámetros de almacenamiento de energía
Frecuencia de voltaje de salida $f$ [Hz]	
Voltaje de carga máximo $U_{\max}$ [V]	
Voltaje de descarga mínimo $U_{\min}$ [V]	
Voltaje nominal $U_N$ [V]	
Capacidad nominal $Q$ [Ah]	
Velocidad rotacional $n$ [rot/min]	
Resistencia interna $R_w$ [m $\omega$ ]	
Temperatura de fusión [°C]	

### Ejercicio 3. (epígrafe 4.6)

Tache un artículo que no sea adecuado para el resto.

Los parámetros que especifican los alcances del funcionamiento de la batería a tiempo incluyen:

- SOC.
- SOH.
- DOD.
- RISC.

## 5.7. Surge protection in photovoltaic installations – Ejercicios

### Ejercicio 1. (epígrafe 4.7)

Complete sentence with phrase from the frame.

Surge protection devices of type ... protect from direct and close lightning.

1	2	3	4
---	---	---	---

### Ejercicio 2. (epígrafe 4.7)

De entre las protecciones enumeradas, selecciónelas que protejan la instalación eléctrica de los efectos de rayos o sobretensiones.

	Condiciones de funcionamiento correctas del inversor fotovoltaico
Protección contra sobrecorriente B	
Protección contra sobrecorriente D	
Protección contra sobretensiones de tipo 1	
Protección contra sobretensiones de tipo 1 + 2	
Protección contra sobretensiones de tipo 2	
Protección contra sobretensiones de tipo 3	
Disyuntor de corriente residual B	

## 5.8. Instalación de protección contra rayos y puesta a tierra – Ejercicios

### Ejercicio 1. (epígrafe 4.8)

Completa oración con frase del cuadro.

Un elemento de la instalación de iluminación colocada en la tierra es ...

La tierra	terminal aérea horizontal	clip de prueba	cable de escape
-----------	---------------------------	----------------	-----------------

### Ejercicio 2. (epígrafe 4.8)

De entre los métodos enumerados, seleccione métodos que especifiquen la distribución de los elementos de instalación de electricidad.

	Métodos que especifican la distribución de elementos de instalación de rayos.
Método de ángulo de protección	
Método de primera huelga	
Método del rayo	
Método actual de impulso	
Método de malla	
Método de la esfera rodante	

### Ejercicio 3. (epígrafe 4.8)

Tacha un artículo que no sea adecuado para el resto:

Los elementos de la instalación del rayo incluyen:

- módulo fotovoltaico.
- cable de escape.
- puesta a tierra.

- clip de prueba.
- terminal aérea vertical.
- terminal aérea horizontal.

## 5.9. Reglas de instalación para sistemas solares – Ejercicios

### Ejercicio 1. (epígrafe 4.9)

Completa oración con frase del cuadro.

Antes de comenzar el montaje de módulos fotovoltaicos en el techo, se debe realizar la siguiente actividad:

Montaje de elementos de soporte para módulos fotovoltaicos.	Verificación de la corrección de las conexiones eléctricas.	Activación del inversor fotovoltaico.	Montaje de la protección contra sobrecorriente en el lado de corriente continua.
---	---	---------------------------------------	--

### Ejercicio 2. (epígrafe 4.9)

El proceso de instalación del sistema fotovoltaico cubre los siguientes problemas:

	El proceso de instalación del sistema fotovoltaico abarca
Operaciones finales y aceptación.	
Confirmación de los términos y condiciones del acuerdo.	
Rendimiento de entrega	
Adquisición de crédito a la inversión.	
Recibo de ayuda en forma de subvención	
Verificación de los datos de entrada.	
Rendimiento de la instalación.	
Protección del sitio de instalación.	

### Ejercicio 3. (epígrafe 4.9)

Tacha un artículo que no sea adecuado para el resto:

El desempeño de los trabajos de instalación consiste entre otros en:

- montaje del inversor fotovoltaico
- montaje de la estructura de soporte
- montaje de módulos fotovoltaicos.
- montaje de protecciones en el lado de CA y CC de la instalación fotovoltaica
- firma de un acuerdo para la realización de la instalación fotovoltaica.
- conexión de módulos fotovoltaicos

## 5.10. Errores típicos de la instalación de montaje – Ejercicios

### Ejercicio 1. (epígrafe 4.10)

Completa oración con frase del cuadro.

Los defectos más comunes en la instalación fotovoltaica incluyen fallas de ...

inversores fotovoltaicos	módulos fotovoltaicos	cableado en el lado de CC	cableado en el lado CA
--------------------------	-----------------------	---------------------------	------------------------

### Ejercicio 2. (epígrafe 4.10)

De entre los errores mencionados, seleccione los errores típicos que pueden ocurrir en el montaje de módulos fotovoltaicos.

	Errores típicos que pueden ocurrir en el montaje de módulos fotovoltaicos
Instalación de protecciones de sobrecorriente en el lado de CA con corriente nominal demasiado baja	
Selección incorrecta de módulos al inversor en la etapa de diseño de la instalación fotovoltaica	
Conexión de un número demasiado pequeño de módulos fotovoltaicos en la cadena fotovoltaica.	
Cambio en el cableado, sin realizar alteraciones en el esquema del circuito.	
Cambio en un tipo de módulo o fabricante debido a problemas con los suministros	

### Ejercicio 3. (epígrafe 4.10)

Tacha un artículo que no sea adecuado para el resto:

Errores típicos relacionados con la instalación de sistemas de montaje para módulos fotovoltaicos:

- aplicación de montajes incorrectos en el techo.
- aplicación de tornillos incorrectos.
- aplicación de equipo de montaje inadecuado.
- procesamiento de techos incorrectamente realizado.
- conexiones realizadas incorrectamente de módulos fotovoltaicos.

## 5.11. Condiciones de recogida y documentación técnica de la instalación. Ejercicios

### Ejercicio 1. (epígrafe 4.11)

De entre la información enumerada, seleccione la información que se debe colocar en la información relacionada con la instalación fotovoltaica.

	Información sobre la instalación fotovoltaica que se debe colocar en la documentación
Número de cadenas fotovoltaicas.	
Potencia máxima de conexión de la fuente de alimentación.	
Tensión máxima admisible en la instalación fotovoltaica.	
Ubicación suelo / techo / fachada / otro	
Potencia nominal de la instalación fotovoltaica.	
Propósito del edificio	
Potencia nominal total de los receptores pertenecientes al inversor.	

### Ejercicio 2. (epígrafe 4.11)

Tache un artículo que no sea adecuado para el resto.

La documentación técnica de la microinstalación adjunta a la aplicación para la conexión a la red eléctrica debe incluir:

- diagrama de flujo del inversor fotovoltaico.
- esquema de la microinstalación fotovoltaica,
- método de conexión de la microinstalación a la instalación eléctrica de la instalación y a la red,
- información detallada sobre elementos particulares de la instalación fotovoltaica.,

## 5.12. Presupuesto, oferta, contrato para la instalación de dispositivos y sistemas solares – Ejercicios

### Ejercicio 1. (epígrafe 4.12)

Completa oración con frase del cuadro.

El rendimiento de la instalación fotovoltaica según las normas aplicables de la empresa instaladora garantiza ...

la introducción del sistema de gestión de calidad.	el establecimiento del trabajo del especialista en calidad.	el cumplimiento de los principios de SSO.	el rendimiento de la tarea rápida
--	---	---	-----------------------------------

### Ejercicio 2. (epígrafe 4.12)

Tacha un artículo que no sea adecuado para el resto:

La planificación adecuada de la instalación fotovoltaica de techo requiere la adquisición de la siguiente información:

- forma y ubicación del techo en dirección sur,
- tipo de cubierta de techo,
- posibles fuentes de sombra del techo,
- rendimiento energético esperado de la instalación fotovoltaica planificada,
- número de personas alojadas en el edificio.

## 6. TEST DE PROGRESO

Puedes:	Si	No
1) ¿Explicar en qué consiste el montaje de instalación de corriente continua?		
2) ¿Listar las actividades básicas antes del comienzo del trabajo?		
3) ¿Discutir las actividades relacionadas con los trabajos mecánicos durante el rendimiento de la instalación fotovoltaica?		
4) ¿Discutir actividades relacionadas con trabajos eléctricos?		
5) ¿Indicar las principales causas de incendios de la instalación fotovoltaica?		
6) ¿Explicar en qué consisten las actividades de preinstalación?		
7) ¿Listar las actividades de instalación en una secuencia apropiada?		
8) ¿Discutir actividades particulares de instalación?		
9) ¿Discutir las actividades relacionadas con el montaje del inversor fotovoltaico?		
10) ¿Listar las actividades posteriores a la instalación?		
11) ¿Explicar el sentido de aplicación de herramientas de montaje dedicadas?		
12) ¿Listar herramientas de montaje básicas dedicadas a la instalación fotovoltaica?		
13) ¿Discutir las ventajas de la aplicación de herramientas de montaje dedicadas?		
14) ¿Discutir el procedimiento en el montaje de conexiones fotovoltaicas de CC?		
15) ¿Indicar las herramientas necesarias para el montaje del inversor fotovoltaico?		
16) ¿Explicar los principios del montaje correcto del módulo fotovoltaico?		
17) ¿Listar secciones típicas de alambre aplicadas en instalaciones fotovoltaicas en el lado del generador fotovoltaico?		
18) ¿Discutir la estructura del cable de CC aplicado en generadores fotovoltaicos?		
19) ¿Discutir la estructura del cable de CA en la instalación fotovoltaica?		
20) ¿Indicar las razones típicas de las fallas de las instalaciones fotovoltaicas en el lado del generador fotovoltaico?		
21) ¿Explicar en qué consiste el montaje del inversor fotovoltaico?		
22) ¿Listar principios básicos del montaje de módulos fotovoltaicos?		
23) ¿Discutir las actividades relacionadas con la activación y desactivación del inversor fotovoltaico?		
24) ¿Discutir temas relacionados con la comunicación remota con inversores?		
25) ¿Indicar los principios principales válidos en la realización de mediciones de inversores fotovoltaicos?		
26) ¿Explicar en qué consiste el almacenamiento de energía?		
27) ¿Listar las tecnologías básicas de rendimiento de la batería?		
28) ¿Discutir los parámetros de funcionamiento de las baterías?		
29) ¿Discutir cuestiones relacionadas con la supervisión de la operación de la batería?		
30) ¿Indicar los parámetros, desventajas y ventajas nominales de tecnologías particulares de rendimiento de la batería?		
31) ¿Explicar en qué consiste la protección contra sobrecargas de energía de la		

instalación fotovoltaica?		
32) ¿Explicar los principios básicos de selección de protecciones contra sobretensiones en la instalación fotovoltaica?		
33) ¿Discutir los tipos de protecciones contra sobrecargas de energía?		
34) ¿Discutir el papel de la instalación de rayos en la protección contra sobretensiones de las instalaciones fotovoltaicas?		
35) ¿Indicar los principios fundamentales del montaje de protecciones contra sobretensiones?		
36) ¿Explicar por qué deben aplicarse las instalaciones de rayos?		
37) ¿Listar de principios básicos de distribución de la instalación de iluminación?		
38) ¿Discutir los métodos de distribución de los elementos de instalación de rayos?		
39) ¿Discutir los problemas relacionados con la protección de la instalación fotovoltaica de los efectos de los rayos?		
40) ¿Indicar cuándo ocurre el riesgo de impacto de un rayo directamente en la instalación fotovoltaica?		
41) ¿Explicar en qué consiste la protección del sitio de instalación?		
42) ¿Explicar las actividades básicas relacionadas con el montaje de la instalación fotovoltaica?		
43) ¿Discutir las actividades relacionadas con el montaje de la instalación de soporte?		
44) ¿Discutir temas relacionados con el desempeño de las mediciones de aceptación de la instalación fotovoltaica?		
45) ¿Indicar los principios principales válidos en la activación de la instalación fotovoltaica?		
46) ¿Explicar el impacto de los errores que ocurren en la conexión del módulo en el funcionamiento de la instalación fotovoltaica?		
47) ¿Listar errores típicos que ocurren en el montaje de módulos fotovoltaicos?		
48) ¿Discutir los errores típicos que ocurren en el ensamblaje de las estructuras de soporte?		
49) ¿Discutir los errores relacionados con la disposición de alambres y cables en instalaciones fotovoltaicas?		
50) ¿Indicar los principales errores que ocurren en el montaje de instalaciones de rayos?		
51) ¿Explicar la preparación de la documentación técnica de la instalación fotovoltaica?		
52) ¿Enumerar los elementos básicos que deben incluirse en la documentación técnica?		
53) ¿Discutir la información que debería incluirse en una descripción de la instalación fotovoltaica?		
54) ¿Discutir los elementos de la documentación posterior a la finalización?		
55) ¿Indicar los principios fundamentales del etiquetado de los elementos de la instalación fotovoltaica?		
56) ¿Explicar en qué consiste la introducción de los sistemas de gestión de la calidad?		
57) ¿Listar información básica que ayude a planificar instalaciones fotovoltaicas?		
58) ¿Discutir los principios básicos de la gestión de clientes?		

59) ¿Discutir los problemas relacionados con la conclusión de un acuerdo para el rendimiento de la instalación fotovoltaica?		
60) ¿Indicar los componentes principales de las instalaciones fotovoltaicas?		

Si seleccionaste la respuesta "NO", te proponemos que regreses al material de enseñanza y a su análisis repetido para lograr los resultados de aprendizaje previstos (conocimiento, habilidades). Posiblemente, puedes utilizar fuentes de información adicionales propuestas en cada tema.



## 7. GLOSARIO

English	Spanish
Assembly of PV modules	Montaje de módulos fotovoltaicos.
Assembly of the inverter	Montaje del inversor.
Assembly of the supporting structure	Montaje de la estructura portante.
Battery capacity	Capacidad de la batería
Battery discharging current	Corriente de descarga de la batería
Cabling assembly	Montaje de cableado
Charging cycle	Ciclo de carga
Cylindrical fuse link	Fusible cilíndrico enlace
Discharging cycle	Ciclo de descarga
Earth	Tierra
Earthing	Toma de tierra
Energy storage	Almacen de energia
Fuses	Fusibles
Horizontal air terminal	Terminal aerea horizontal
Installation activities	Actividades de instalación
Insulation class	Clase de aislamiento
Lightning installation	Instalacion de rayos
Lightning protection	Protección contra rayos
Live work	Trabajo en vivo
Maximum voltage of battery	Tensión máxima de la batería
Minimum voltage of battery	Tensión mínima de la batería.
Overcurrent circuit breaker	Disyuntor de sobrecorriente
Overcurrent protection	Protección contra la sobretensión
Photovoltaic cell	Celda fotovoltaica
Photovoltaic chain	Cadena fotovoltaica
Photovoltaic connection	Conexión fotovoltaica
Photovoltaic generator	Generador fotovoltaico
Photovoltaic installation	Instalacion fotovoltaica
Photovoltaic installation design	Diseño de instalaciones fotovoltaicas.
Photovoltaic module	Módulo fotovoltaico
Post-installation activities	Actividades post-instalación
Power surge protection	Protección contra sobretensiones
Pre-installation activities	Actividades de preinstalación.
PV chain wire	Cable de cadena fotovoltaica
Residual current circuit breaker	Disyuntor de corriente residual
Residual current device	Dispositivo de corriente residual
Reverse current	Corriente inversa
Specific resistance	Resistencia especifica
Technical documentation	Documentación técnica
Tracking system of the point of maximum power	Sistema de seguimiento del punto de máxima potencia.
Vertical air terminal	Terminal de aire vertical
Work at height	Trabajar en alturas

## 8. LITERATURA

1. Bernaciak A.: *Ochrona środowiska w praktyce. Aspekty ekonomiczno-prawne.* [Environmental Protection in Practice. Economic and Legal Aspects] Wydawcy Sorus sc and Ekoprofil, Poznań 1994.
2. Brzeziński W.: *Ochrona prawna naturalnego środowiska człowieka.* [Legal Protection of the Natural Human Environment] PWN, Warszawa 1975.
3. Dębski M., Luberański A., Petrukanec A., Polewka P.: *Praktyczny poradnik Instalatora. Systemy fotowoltaiczne i słoneczne systemy grzewcze.* [Practical Fitter's Guide. Photovoltaic Systems and Solar Heating Systems] Wydawnictwo ATUM Sp. z o.o., Warszawa 2016.
4. Jarzębski Z. M.: *Energia słoneczna, konwersacja fotowoltaiczna.* [Solar Energy, Photovoltaic Conversion] Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1990r.
5. Jastrzębska G.: *Ogniwa słoneczne. Budowa, technologia, zastosowanie.* [Solar Cells. Construction, Technology, Application] Wydawnictwa Komunikacji i Łączności WKŁ, Warszawa 2013.
6. Klugmann-Radziemska E.: *Fotowoltaika w teorii i praktyce.* [Photovoltaics in Theory and Practice] Wydawnictwo BDC, Legionowo 2010.
7. Michałowska-Knap K., Wiśniewski G.: *Stan obecny i potencjał energetyki odnawialnej w Polsce.* [The Current Condition and Potential of Renewable Energy Production in Poland] PIGWO studies 2008.
8. Szymańska B.: *Instalacje fotowoltaiczne. Teoria, praktyka, prawo, ekonomia.* [Photovoltaic Installations. Theory, Practice, Law, Economy] Kraków, Wydawnictwo Glob Energia, 2013.
9. Tytko R.: *Urządzenia i systemy energetyki odnawialnej.* [Devices and Systems of the Renewable Energy Production] Wydawnictwo Towarzystwo Słowaków w Polsce, Kraków 2014.
10. Tytko R.: *Odnawialne źródła energii.* [Renewable Energy Sources] Wydawnictwo OWG, Warszawa 2010.
11. Znajdek, K., Sibiński, M.: *Ogniwa fotowoltaiczne różnych typów.* [Photovoltaic Cells of Various Types] Świat Szkła, issue 9, section 16, Wydawnictwo Euro-Media Sp. z o.o., 2011.

### **Fuentes electrónicas (acceso: 20 Septiembre 2018)**

1. Gnatowski M.: *Falownik, czyli inwerter w pigułce.* <http://www.solartime.pl/porady-eksperta/item/554-falownik-czyli-inwerter-w-pigulce>
2. [www.zielonewrota.pl](http://www.zielonewrota.pl) (October 2012).
3. [www.gramzielone.pl](http://www.gramzielone.pl)
4. [www.sep.com.pl](http://www.sep.com.pl)
5. [www.systemy-fotowoltaika.pl](http://www.systemy-fotowoltaika.pl)
6. [www.fotowoltaikainfo.pl](http://www.fotowoltaikainfo.pl)
7. <https://pvmonitor.pl>
8. [www.fotowoltaika.com.pl](http://www.fotowoltaika.com.pl)

