



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.U1. Planning of photovoltaic system installation

GUÍA PARA EL FORMADOR Y EL ALUMNO

RESEARCH NETWORK
ŁUKASIEWICZ

INSTITUTE
FOR SUSTAINABLE
TECHNOLOGIES



PV
POLAND



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.U1. Planning of photovoltaic system
installation

GUÍA PARA EL FORMADOR
Y EL ALUMNO

Curso: Formador fotovoltaico

**Módulo 2. PLANIFICACIÓN, INSTALACIÓN, MODERNIZACIÓN
Y MANTENIMIENTO DE INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS**
M2.U1. Planificación de la instalación de sistemas fotovoltaicos

Guía para el formador y el alumno

Autores:

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

Revisores del material:

Tomasz Magnowski

Consulta metodológica:

Edyta Kozieł

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

1. INTRODUCCIÓN.....	6
2. PREREQUISITOS.....	8
3. RESULTADOS EDUCATIVOS DETALLADOS	9
4. MATERIAL DE ENSEÑANZA	10
4.1. Asuntos Generales. Bases para el uso de sistemas fotovoltaicos.	10
4.2. Célula fotovoltaica – estructura y principio de funcionamiento.	13
4.3. Tipos de células y módulos fotovoltaicos	20
4.4. Tipos de sistemas fotovoltaicos	25
4.5. Elementos y dispositivos de instalación fotovoltaica	32
4.6. Selección de soluciones técnicas	38
4.7. Perfil energético de los consumidores.....	44
4.8. Dimensionamiento del sistema fotovoltaico	48
4.9. Sistema fotovoltaico – conexión a la red.....	57
4.10. Normas y especificaciones técnicas relacionadas con un grupo temático	64
4.11. Factores que afectan la productividad laboral	70
4.12. Cooperación de la instalación fotovoltaica con fuentes alternativas de energía	77
5. EJERCICIOS	81
5.1. Asuntos Generales. Bases para el uso de sistemas fotovoltaicos – Ejercicios	81
5.2. Celda fotovoltaica – estructura y principio de funcionamiento – Ejercicios	82
5.3. Tipos de células y módulos fotovoltaicos – Ejercicios	82
5.4. Tipos de sistemas fotovoltaicos – Ejercicios	83
5.5. Elementos y dispositivos de instalación fotovoltaica – Ejercicios	85
5.6. Selección de soluciones técnicas – Ejercicios.....	86
5.7. Perfil energético de los consumidores – Ejercicios	87
5.8. Dimensionamiento de instalaciones fotovoltaicas – Ejercicios.....	87
5.9. Sistema fotovoltaico – Conexión a la red – Ejercicios	89
5.10. Normas y especificaciones técnicas relacionadas con un grupo temático – Ejercicios	91
5.11. Factores que afectan la productividad laboral – Ejercicios	91
5.12. Cooperación de la instalación fotovoltaica con fuentes alternativas de energía – Ejercicios	92
6. TEST DE PROGRESO	93
7. GLOSARIO	95
8. LITERATURA	97

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.U1. Planificación de la instalación de sistemas fotovoltaicos** incluido 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.

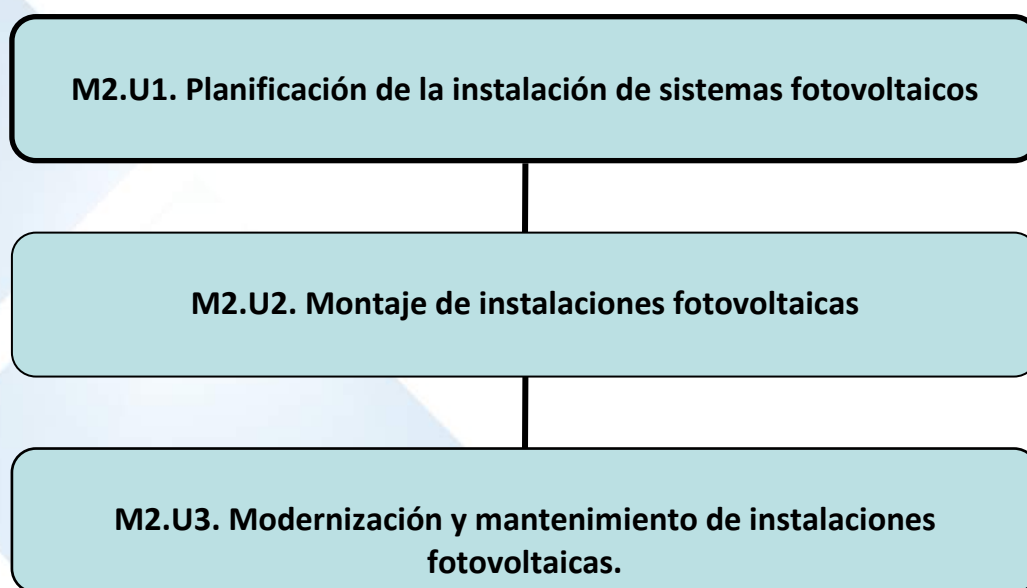
Antes de realizar los ejercicios, verifique si está debidamente preparado. Para ello, utilice listas de verificación después de cada material de enseñanza. Cada materia termina con una prueba de progreso que le permitirá definir el alcance de los conocimientos y habilidades adquiridos. Si sus resultados 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
M2. Planificación, instalación, modernización y mantenimiento de instalaciones fotovoltaicas	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>	64

2. PREREQUISITOS

Al comenzar la implementación del currículo de la unidad modular M2.U1. Planificación de la instalación de sistemas fotovoltaicos incluidos 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.U1. Planificación de la instalación de sistemas fotovoltaicos

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

Conocimiento (sabe y entiende):	Habilidades (puede):
– Historia y perspectivas del desarrollo fotovoltaico en Europa y en el mundo. – Beneficios económicos, ambientales y sociales de las aplicaciones fotovoltaicas. – Regulaciones y estándares nacionales para el uso y uso de energía fotovoltaica. – Regulaciones sobre salud y seguridad en el trabajo, protección contra incendios y el medio ambiente utilizado durante la instalación – identificación de peligros. – Ejemplos de sistemas de certificación de productos (p.ej. Solar Keymark). – Términos básicos y definiciones para sistemas fotovoltaicos. – Conocimiento básico de instalaciones eléctricas de baja tensión e instalaciones fotovoltaicas (Ingeniería eléctrica general relacionada con instalaciones fotovoltaicas). – Registros del proyecto (documentación). – Celda solar – construcción y principios de operación. – Tipos de células y módulos fotovoltaicos. – Tipos de sistemas fotovoltaicos. – Equipos y componentes de sistemas fotovoltaicos. – Selección de soluciones técnicas. – Perfiles de energías de los receptores. – Dimensión del sistema. – Conexión del sistema fotovoltaico a la red eléctrica. – Normas y especificaciones técnicas relacionadas con el grupo temático. – Características de voltaje de corriente de los módulos. – Factores que afectan la eficiencia del trabajo. – Cooperación de instalación fotovoltaica con fuentes alternativas de electricidad.	– Usar documentación del proyecto y materiales técnicos (instrucciones de operación, DTR etc.). – Vinculación de células en módulos y módulos en conjuntos. – Medición de los parámetros de célula/módulo solar bajo condiciones estándar (STC). – Elegir el tipo y la potencia de los módulos fotovoltaicos, configurando el generador solar. – Determinar la sección transversal requerida de los cables de conexión. – Definir los requisitos de protección contra rayos, conexión a tierra y sistema (instalación) de supresión de sobretensiones. – Calcular la superficie del sistema y el tamaño nominal del sistema, los subsistemas y dispositivos necesarios y el equipo apropiado. – Seleccionar al inversor como convertidor de energía. – Ajustar la generación a la inversión. – Evaluación del funcionamiento del sistema – análisis de indicadores de calidad.
Competencia social	
– Ser responsable durante el desempeño del trabajo. – Demostrar una buena actuación profesional. – Proponer alternativas con el objetivo de mejorar los resultados. – Mantener el área de trabajo con el grado de orden y limpieza requerido por la empresa. – Participar y colaborar activamente en el trabajo de equipo. – Interpretar y ejecutar las instrucciones laborales.	

4. MATERIAL DE ENSEÑANZA

4.1. Asuntos Generales. Bases para el uso de sistemas fotovoltaicos.

Historia de la energía fotovoltaica

La energía fotovoltaica tiene una larga historia que comenzó en 1839 a partir de las observaciones de Edmond Becquerel, hijo de Antoni Cesar Becquerel y padre de Henri Becquerel, ambos famosos físicos. Becquerel notó que si se colocaban dos electrodos de platino en la solución y se los exponía a la luz solar, la corriente fluía. Ese efecto fue muy pequeño y no tuvo un significado práctico en ese tiempo, sin embargo, no se ha olvidado.

El nombre de la energía fotovoltaica fue utilizado formalmente por primera vez por A. Einstein en su artículo del año 1905 publicado en la revista Annalen der Physik bajo el título "Sobre un punto de vista heurístico sobre la producción y transformación de la luz". Explicó el efecto fotoeléctrico externo como la emisión de electrones desde la superficie del metal a través de su desempeño de la función de trabajo bajo el impacto de la radiación de partículas con la longitud de onda adecuada. Por lo tanto, la energía fotovoltaica es el campo de la ciencia y la tecnología que se ocupa de la investigación de la conversión directa de la energía de la radiación solar en energía eléctrica. La primera célula solar fue construida en 1954 en los Laboratorios Bell en Murray Hill, EE. UU., Por los investigadores Chapin, Fuller y Pearson. La célula solar alcanzó la eficiencia del 6%, que pronto se mejoró y aumentó al 10%. En aquel entonces, la tecnología espacial constituía la aplicación más importante de las células solares. El comienzo fue en 1958, cuando se instalaron las primeras 108 células en el satélite Vanguard. Los resultados superaron las expectativas: las células proporcionaron al satélite energía eléctrica durante mucho más tiempo de lo que se suponía originalmente. Permitió el desarrollo de un mercado limitado de células fotovoltaicas, aunque se caracterizó por su alta calidad.

Debido a sus altos costos, la aplicación de energía fotovoltaica en la Tierra había sido rechazada durante mucho tiempo por ser poco realista. Sin embargo, sus beneficios fueron fascinantes para los científicos y la opinión pública, por lo que la investigación nunca se ha abandonado por completo. Paso a paso, las células solares encontraron su camino a aplicaciones autónomas en sistemas de suministro independientes en la red. Comenzó con calculadoras y relojes, y luego se usó en dispositivos más grandes, como parquímetros. La aparición de la primera crisis de combustible en 1973 estuvo acompañada por el pensamiento sobre el uso de células solares en la Tierra, y poco después se lanzaron plantas de producción de células y módulos silícicos. A principios de la década de 1980, el comercio mundial de células solares se situó en un nivel inferior a 20 MWp / año. En 2008, un comercio anual de células solares alcanzó más de 7000 MWp. Constituyó un aumento de 400 veces en solo 27 años. En 2017, la potencia total de los sistemas fotovoltaicos instalados llegó a 40 GW. Un papel clave en el desarrollo de la energía fotovoltaica fue desempeñado por la promoción del mercado de energía solar, que comenzó en 1990 a partir del programa 1000 Roofs en Alemania. Ese programa fue muy exitoso y luego se implementó en muchos países. Poco tiempo después, en el turno de 1998 y 1999, se introdujo el programa 100 mil

techos, y en 2004 entró en vigencia la Ley de Energía Renovable (EEG). EEG parecía ser la herramienta más adecuada para la promoción de la energía fotovoltaica. El mercado anotó un aumento dinámico.

Durante muchas décadas, se han hecho esfuerzos para reemplazar el silicio con otros materiales. Se buscan materiales de alta absorción de luz para hacer que las células sean más delgadas y baratas. Las búsquedas dan como resultado células de capa delgada que son 100 veces más delgadas que las del silicio cristalino. La primera célula solar fue hecha de silicio amorfo ya en 1976 por David Carlson y Chris Wronski. Sin embargo, en la década de 1980 no se realizaron grandes expectativas con respecto a ese material. Otro material de capa delgada que aún se encuentra en una etapa temprana de implementación en el mercado es el CIS (seleniuro de indio y cobre), también conocido como CIGS, si contiene una adición de galio. Estas células se caracterizan por su alta estabilidad y logran, al menos en el laboratorio, altas eficiencias. El telururo de cadmio es otro material de capa delgada a partir del cual se producen las células solares. Las llamadas células fotovoltaicas micromortales (estructura de silicio amorfo y microcristalino) también están presentes en el mercado.

Los campos de aplicación de sistemas fotovoltaicos independientes en la red suelen ser sistemas autónomos en países en desarrollo, ocio (camping, vela, etc.), sistemas de telecomunicaciones, así como sistemas híbridos de combustible fotovoltaico. El papel desempeñado por las células fotovoltaicas en los productos de consumo (relojes, juguetes, etc.) no debe ser subestimado. En el pasado, los sistemas fotovoltaicos se instalaron casi exclusivamente en los techos existentes, por lo que se consideraron como elementos adicionales. Sin embargo, desde hace varios años se dispone de productos fotovoltaicos, que se pueden aplicar directamente como cubierta del techo, por lo que constituyen una parte integral del techo. También hay componentes fotovoltaicos en forma de ventanas de buhardilla. Además, todos los principales fabricantes de vidrio ofrecen elementos fotovoltaicos que pueden integrarse fácilmente con fachadas calientes o ventiladas.

En el mundo de hoy, las prioridades energéticas están cambiando. Las nuevas tecnologías, más limpias, más rápidamente instaladas y mejor ajustadas a las necesidades locales atraen el interés de los inversores y las autoridades locales, compitiendo lentamente con el sector energético monopolizado y centralizado. Al comparar varias opciones de energía, los costos económicos ya no son un criterio vital: los factores cuyo valor económico es difícil de calcular directamente, como la independencia energética, la diversificación de las fuentes de energía o la estabilidad de los suministros, son cada vez más importantes. Es particularmente importante contra la posible aparición de otra crisis energética.

A lo largo del año 2017, se instalaron casi 100 GW de potencia en todo el mundo, lo que constituye otro récord para la energía fotovoltaica global. La potencia fotovoltaica instalada total llegó a 400 GW a finales del año 2017, lo que significa un aumento del 25% en comparación con 2016. En 2017, se establecieron 9.2 MW de nuevas instalaciones fotovoltaicas en Europa.



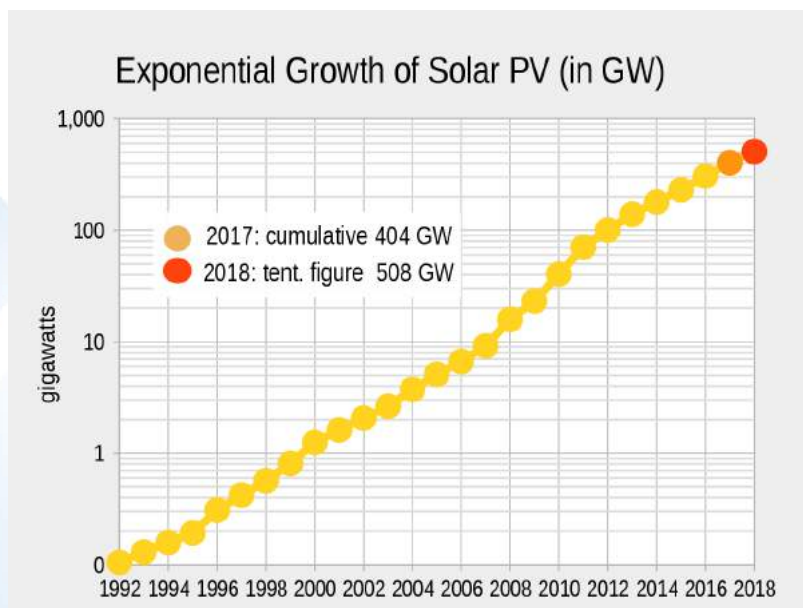


Fig. 1. Potencia fotovoltaica total instalada desde 1992 hasta 2018

Fuente: https://en.wikipedia.org/wiki/Growth_of_photovoltaics#/media/File:PV_cume_semi_log_chart_2014_estimate.svg [acceso: 20 Junio 2018]

Las ventajas de la fotovoltaica son múltiples:

- El suministro de energía primaria del sol es mayor que el de todas las demás fuentes de energía.
- Está disponible en todas las regiones del mundo.
- Su diseño modular varía desde milivatios (mW) en productos de consumo hasta gigavatios (GW) en plantas de energía a escala de servicios públicos.
- Durante la operación, produce electricidad sin emisiones atmosféricas ni producción de residuos.
- No requiere prácticamente ningún mantenimiento.
- Es silencioso durante la operación.
- No requiere agua para generar electricidad.
- Los sistemas fotovoltaicos ofrecen una huella de carbono que es de 10 a 20 veces menor que las tecnologías de generación de energía convencionales.
- El tiempo de recuperación de energía de los sistemas fotovoltaicos es de entre 0,5 y 1,5 años, dependiendo de la tecnología y la ubicación.
- Tiene una vida técnica probada de más de 30 años.

Fotovoltaica en sistemas de generación de energía dispersa

La liberalización del mercado energético europeo significa que habrá una competencia más intensa en el sector energético en el área de producción, distribución y venta de energía eléctrica. Los nuevos jugadores aparecerán debido a un acceso abierto a las redes de energía en el mercado. Deberán aumentar la tendencia actual de aumentar la proporción de generación de energía dispersa. Los sistemas fotovoltaicos pueden convertirse en una parte importante de la infraestructura energética en este proceso.

4.2. Célula fotovoltaica – estructura y principio de funcionamiento.

Fundamentos del uso de la energía solar

Una de las tareas más importantes en la actualidad es el desarrollo de estrategias y sistemas para proporcionar energía sobre una base ecológica. Desde la perspectiva de hoy, solo las fuentes de energía renovable como el sol y el viento satisfacen todas las condiciones, que se deben colocar en los suministros de energía para el futuro. Además, estas fuentes de energía son inagotables, mientras que la explotación de las reservas de combustibles fósiles puede continuar solo por un período limitado.

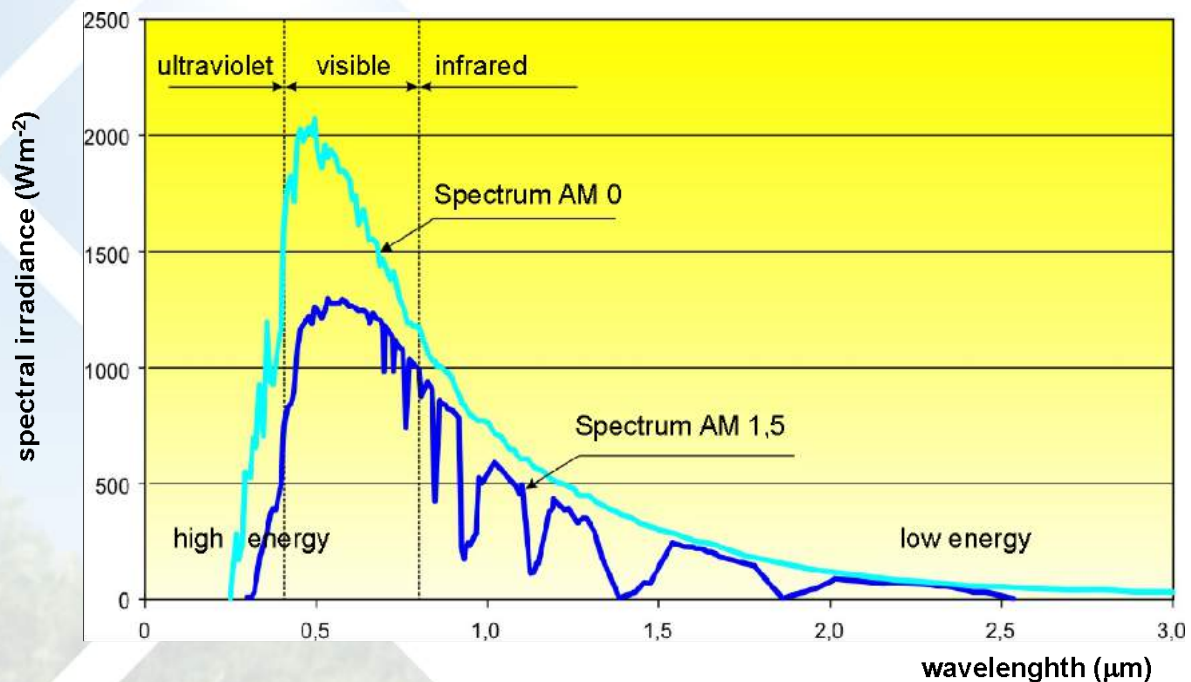


Fig. 1. Espectro de radiación solar

Fuente: Fraunhofer ISE, Freiburg, Germany; Solarpraxis AG, Berlin, Germany.

Radiación solar sobre la superficie de la tierra

La intensidad de radiación cambia continuamente según la hora del día, la temporada y las condiciones climáticas. Esta intensidad de radiación se mide en vatios o kilovatios por metro cuadrado [Wm^{-2} , kWm^{-2}]. La energía de radiación, es decir, la potencia generada durante un cierto período de tiempo, se da en vatios-hora (también kilovatios-hora, julios) por metro cuadrado. Cabe señalar que en el uso común, el término 'radiación' se aplica tanto a la intensidad de la radiación como a la energía.

La intensidad de radiación fuera de la atmósfera terrestre está entre 1325 y 1420 Wm^{-2} . La media de esta llamada radiación extraterrestre es la constante solar.

$$\text{constante solar: } E_0 = 1367 \text{ kWm}^{-2}$$

La reflexión, la dispersión y la absorción por parte de la atmósfera reducen este valor en aproximadamente un 30%, de modo que alrededor de 1000 Wm^{-2} inciden en la superficie de la tierra al mediodía cuando el cielo está sin nubes. La llamada radiación global consiste en dos componentes, la radiación directa y la difusa. La radiación directa (o rayo) proviene directamente del sol, mientras que la radiación difusa incide desde todas las direcciones del

cielo; Así, el cielo parece ser igualmente brillante en todas las direcciones. El componente difuso se puede ver en días soleados como el cielo azul. Cuando el cielo está completamente nublado, solo la radiación difusa alcanza la superficie de la tierra.

Tab. 1. Intensidad de radiación para diferentes condiciones climáticas

Cielo			
Clima	Cielo azul claro	Brumoso / nublado, sol visible como un disco amarillo blanquecino	Cielo nublado, día opaco
Irradiancia global	600 – 1000 Wm ⁻²	200 – 400 Wm ⁻²	50 – 150 Wm ⁻²
Fracción difusa	10 – 20%	20 – 80%	80 – 100%

Fuente: Fraunhofer ISE, Freiburg, Germany; Solarpraxis AG, Berlin, Germany.

La distribución anual y la cantidad total de energía solar están determinadas por factores climáticos y meteorológicos que dependen de la ubicación y la estación. Estas diferencias en el clima sobre la tierra se deben a los cambios durante el año de la posición del sol y la duración de la luz del día, que a su vez son causados por la inclinación del eje de la tierra con respecto a su órbita alrededor del sol.

En regiones soleadas, como los desiertos en África o el sur de EE. UU., El doble de energía está disponible en promedio como en Europa Central.

Existen diferencias en la distribución de la energía a lo largo del año (Fig. 4). En Europa Central, la cantidad de energía solar incidente en los meses entre noviembre y enero es aproximadamente cinco veces menor que en los meses de verano, mientras que el suministro de radiación es mucho más uniforme en las latitudes bajas.

El uso óptimo de la radiación directa solo se logra cuando la superficie del receptor es siempre perpendicular a la radiación incidente. Cuanto más oblicuo sea el ángulo incidente, menor será la cantidad de energía útil. En Europa Central, como el sol está bajo en el cielo en invierno incluso al mediodía, es ventajoso un gran ángulo de inclinación, mientras que en verano es mejor un pequeño ángulo de inclinación (Fig. 2).

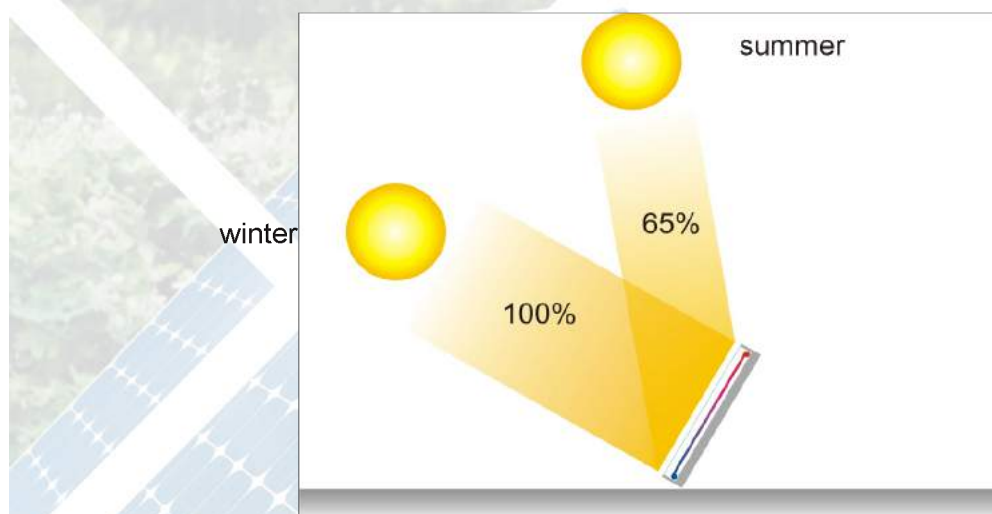


Fig. 2. Radiación directa en un receptor inclinado

Fuente: Fraunhofer ISE, Freiburg, Germany; Solarpraxis AG, Berlin, Germany.

Los llamados receptores de seguimiento, para los cuales la orientación y la inclinación se pueden ajustar continuamente de manera que siempre apuntan hacia el sol, generalmente solo se justifican en regiones climáticas donde la fracción de radiación directa es muy alta, por ejemplo, en los desiertos. Aunque el seguimiento también aumenta la cantidad de energía recibida en Europa Central (alrededor del 30%), su valor es discutible, ya que exige una considerable complejidad técnica.

Para el montaje estacionario del receptor, el ángulo de inclinación óptimo depende de las condiciones operativas del sistema (Tabla 2).

Tab. 2. Ángulo de inclinación del receptor para diferentes condiciones (en Europa Central)

Condiciones de frontera	Ángulo
Rendimiento energético total anual máximo	30°
Optimización para los meses de invierno	60°
Buen desempeño en primavera y otoño	45°

Estos valores dependen de la ubicación; cuanto más cerca esté el sistema del ecuador, menor será el ángulo de inclinación óptimo.

Masa de aire óptico (AM): longitud de la distancia a través de la atmósfera de la Tierra cubierta por un haz óptico de radiación solar directa, expresada como distancia múltiple cubierta hasta el punto en el nivel del mar, en el sol en el cenit. AM se especifica en la fórmula:

$$AM = \frac{P}{P_0} \cdot \frac{1}{\sin \theta}$$

donde:

P – presión atmosférica local (Pa),

$P_0 = 1,013 \cdot 10^5$ Pa (presión normal),

θ – ángulo de incidencia del sol.

El valor de AM es igual a 1 (**AM 1**) a nivel del mar, en un cielo sin nubes, cuando el sol está en el cenit y la presión atmosférica $1,013 \cdot 10^5$ Pa (IEC 60904-3).

Si el Sol se fija perpendicularmente a la superficie de la Tierra, la luz solar atraviesa la masa de aire óptica (AM – masa de aire) solo una vez. Tal condición tiene el símbolo AM 1. En otros casos, la distancia de la radiación solar a través del aire. Esta distancia depende de la altura a la que se encuentra el sol. La AM 2 muestra que la distancia de la luz solar a través del aire es dos veces más larga que la AM 1. Lo mismo sucede cuando el Sol está en un ángulo de 30 ° sobre el horizonte ($\gamma_s=30^\circ$).

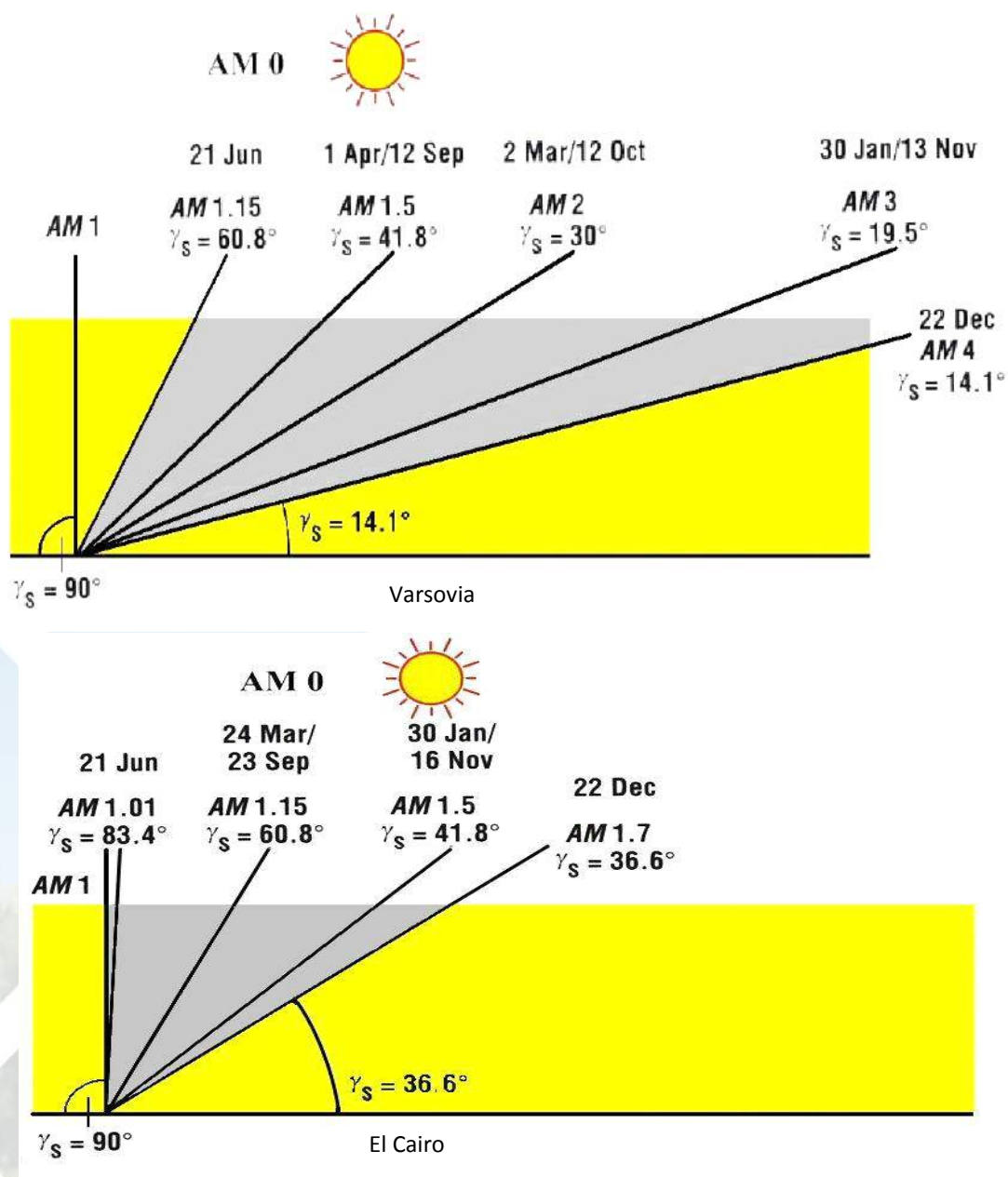


Fig. 3. Distancia de radiación según el ángulo de entrada atmosférica del haz para Varsovia y El Cairo
Fuente: S.M. Pietruszko (red.): *Projektowanie i instalacja systemów fotowoltaicznych. Przewodnik dla instalatorów*. Warszawa, 2016.

Tecnologías de células solares y sus propiedades

"Célula solar" significa un dispositivo que, bajo la irradiancia de la luz, actúa como un generador de electricidad. Son posibles muchos tipos de células solares, pero la versión más común es la célula basada en un diodo semiconductor de silicio. Se ha inventado hace 50 años, en 1954.

Aspectos generales y definiciones.

Las células solares convierten la luz en energía eléctrica. En general, este es un proceso de tres pasos que puede explicarse por medio de Fig. 4:

- Absorción de luz, entregando electrones en un estado excitado.
- Separación local de cargas positivas y negativas.
- Conducción de las cargas a un circuito externo.

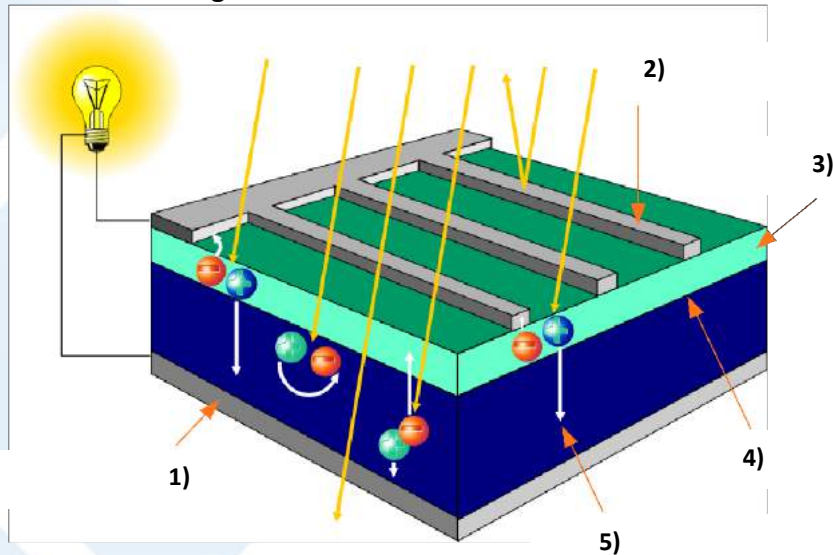


Fig. 4. Sección transversal de una célula solar de silicio cristalino, donde: 1) electrodo positivo, 2) electrodo negativo, 3) silicona dopada con n, 4) unión p-n, 5) silicona dopada con p.

Fuente: Solarpraxis AG, Berlin, Germany.

Absorción: en la mayoría de los casos, el absorbedor es un semiconductor, y las transiciones utilizadas son transiciones entre bandas. El estado excitado comprende un electrón en la banda de conducción y un agujero en la banda de valencia.

Separación de carga: los electrones y los orificios de los semiconductores están separados por difusión o por deriva de los portadores de carga en el régimen de carga espacial de una unión p-n o en una unión hetero de dos materiales.

Conducción de las cargas: la separación de la carga conduce a la generación de una tensión entre ambos lados de una célula solar. Los contactos deben aplicarse para conducir las cargas a un circuito externo. Esto no siempre es fácil, ya que los contactos deben tener una resistencia de contacto muy baja para evitar pérdidas eléctricas dentro del dispositivo. Es obvio que al menos uno de los contactos debe tener una alta transmisión óptica para permitir que la luz llegue al absorbedor dentro del dispositivo. Un medio es usar óxidos conductores delgados (TCO) como contactos transparentes, la otra técnica es usar pequeños dedos de metal ("rejilla") en la parte superior de la celda, tolerando un poco de sombra (4 a 7%).

La célula solar como generador de energía

Dado que la célula solar está diseñada para entregar la mayor cantidad posible de energía eléctrica (a un cierto nivel de luz incidente), es útil analizar la característica I-V con respecto a la energía que se puede extraer. Si el punto de operación de una célula solar se desplaza a lo largo de la curva característica I-V (al cambiar una resistencia de carga externa), la

energía eléctrica generada en la carga externa se puede encontrar multiplicando la corriente por el voltaje en el punto de operación. Esto se ha hecho en el gráfico de la Fig. 5. La potencia que se puede extraer pasa por un máximo en un punto determinado, el Punto de máxima potencia (MPP). Se caracteriza por P_{MPP} , la potencia máxima, por I_{MPP} , la corriente a la potencia máxima, y por V_{MPP} , el voltaje a la potencia máxima.

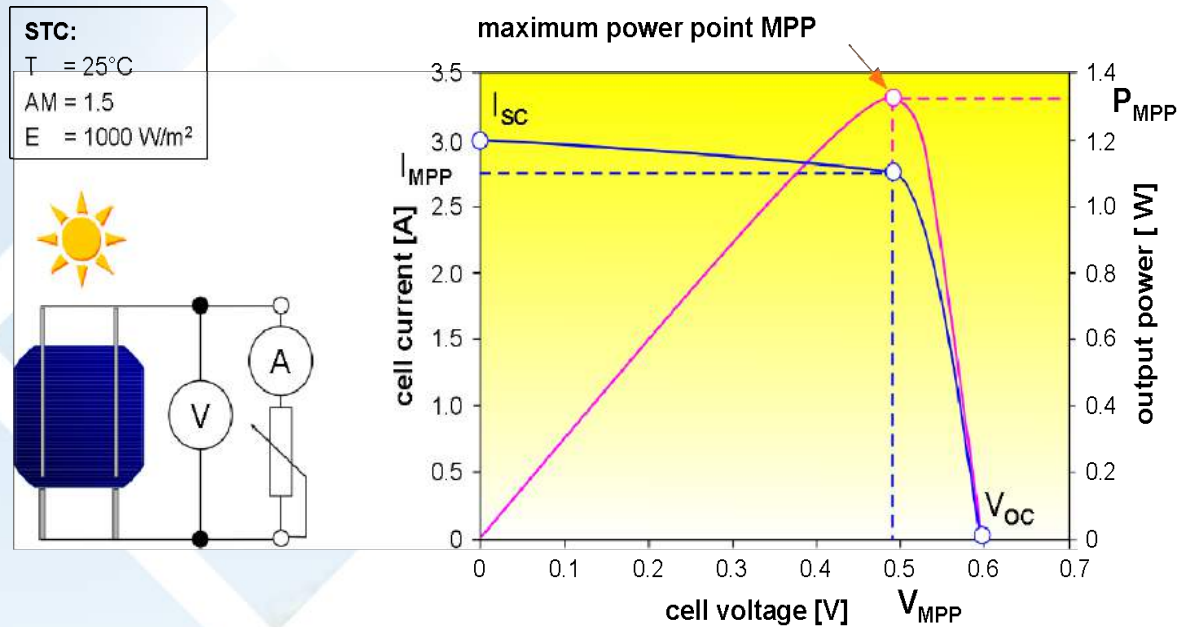


Fig. 5. Potencia generada por una célula solar en función del punto de operación

Fuente: Solarpraxis AG, Berlin, Germany.

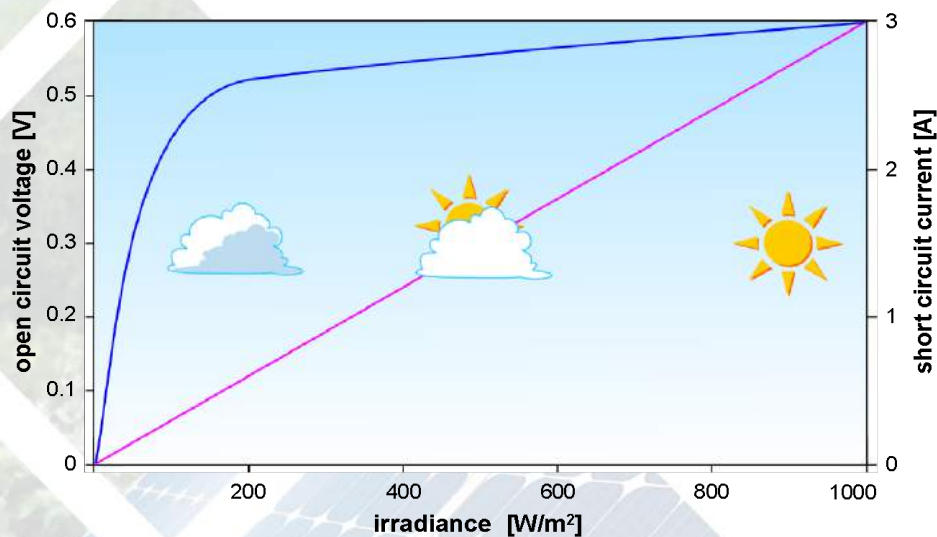


Fig. 6. Dependencia de V_{oc} y I_{sc} sobre la intensidad de la luz

Fuente: Solarpraxis AG, Berlin, Germany.

Todos los parámetros eléctricos de la célula solar dependen de la intensidad y el espectro de la luz, así como de la temperatura de la célula solar. La dependencia de la corriente y el voltaje en el nivel de iluminación se muestra en la Fig. 6. Mientras que la corriente de la celda depende linealmente de la irradiancia, el voltaje y el MPP no lo son, y por lo tanto la descripción del comportamiento de una celda bajo diferentes niveles el nivel de iluminación es complicado.

Para diferentes niveles de irradiancia pero una temperatura celular constante, esto conduce a un conjunto de curvas características como se muestra en la Fig. 7.

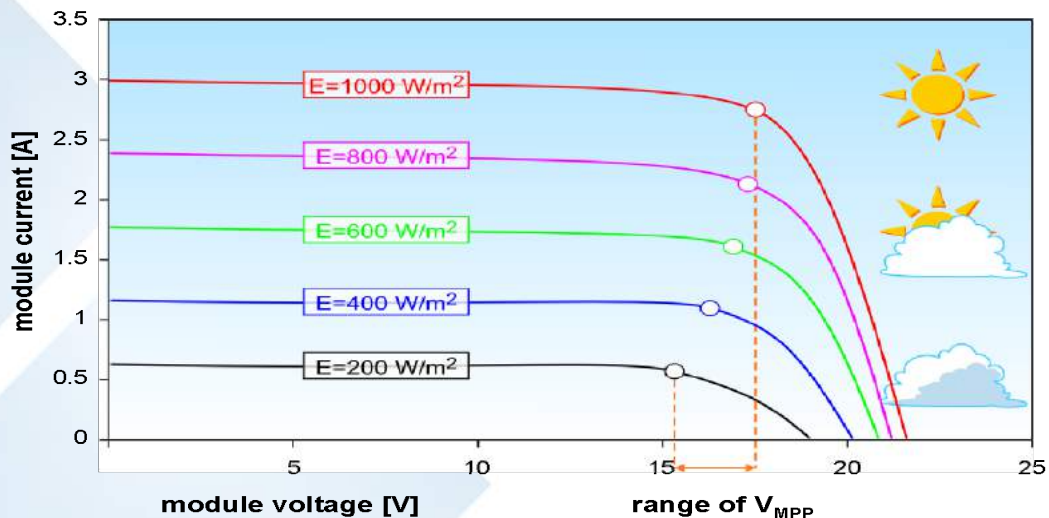


Fig. 7. Curvas I-V del módulo de silicio cristalino a diferentes niveles de irradiancia y temperatura constante
Fuente: Solarpraxis AG, Berlin, Germany.

Como se puede ver, la corriente de cortocircuito es directamente proporcional con el aumento de la irradiancia y las curvas características se desplazan en paralelo. El voltaje del circuito abierto cambia poco con la irradiancia variable. Como resultado, el MPP-Voltage oscila dentro de un rango pequeño.

La mayoría de las propiedades de los semiconductores dependen en gran medida de la temperatura; por lo tanto, la corriente de cortocircuito, la tensión del circuito abierto, así como la potencia máxima y la corriente y la tensión adjuntas también dependen de la temperatura. Esto debe tenerse en cuenta al calcular el rendimiento energético de un generador solar o al seleccionar un módulo fotovoltaico para cargar la batería en condiciones climáticas extremas.

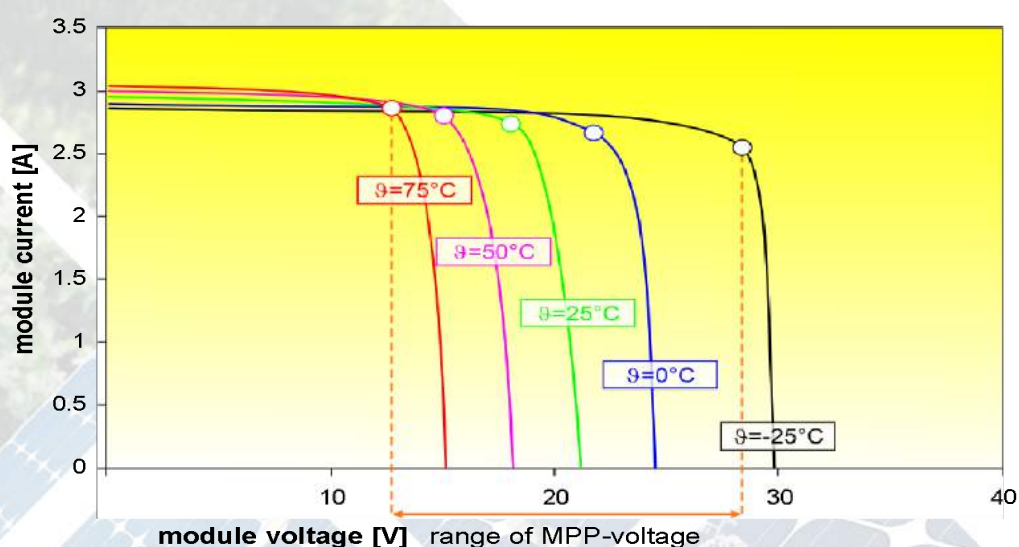


Fig. 8. Curvas I-V de un módulo de silicio cristalino para diferentes temperaturas celulares a irradiancia constante

Fuente: Solarpraxis AG, Berlin, Germany.

La eficiencia de las células solares y su medición

La "eficiencia" (η) es la propiedad más importante de una célula solar. Describe qué parte de la luz incidente se convierte en energía eléctrica. La definición es fácil:

$$\eta = \text{potencia eléctrica máxima generada} / \text{potencia de luz incidente.}$$

Se deben conocer tres condiciones al medir los parámetros de una célula solar: temperatura, nivel de iluminación, espectro de la luz. Dado que la comparación de células solares debería ser posible en todo el mundo, se han definido las condiciones de prueba estándar (STC) que son aceptadas por todas las instituciones que caracterizan y certifican las células solares. Estas **STC** son:

Temperatura:	25°C
Nivel de iluminación:	1.000 W/m ²
Espectro de luz:	Masa de aire AM1.5

La potencia máxima (en MPP) medida en condiciones STC se denomina potencia máxima, y la unidad es vatio-pico (W_p).

Materiales y tecnologías de células solares

Se pueden utilizar muchos materiales semiconductores para fabricar células solares, el dispositivo básico para la generación de electricidad fotovoltaica. Hoy en día, se están desarrollando muchos tipos de materiales, estructuras de dispositivos y tecnologías de producción, y tomará algún tiempo hasta que algunas de las versiones más rentables permanecerán en el mercado.

Para una evaluación de las diferentes tecnologías se deben tener en cuenta varios criterios. Los más importantes son:

- un buen potencial para una alta eficiencia,
- buena disponibilidad de los materiales requeridos,
- precio aceptable para los materiales,
- potencial para técnicas de producción de bajo coste,
- estabilidad del dispositivo durante décadas,
- compatibilidad ambiental de los productos y de las técnicas de producción.

4.3. Tipos de células y módulos fotovoltaicos

Durante casi cinco décadas, las personas han estado buscando el material óptimo para las células solares. Se han probado cientos de materiales, pero solo quedan unas pocas clases de materiales, que muestran buenas propiedades fotoeléctricas y, al mismo tiempo, una buena productividad.

Células de silicio cristalino

Como se mencionó anteriormente, el silicio sigue siendo el material más importante para las células solares. El silicio se produce en grandes cantidades para aplicaciones en metalurgia, y en forma de alta pureza es la base de la mayoría de los dispositivos electrónicos y microelectrónicos.

Ventajas y desventajas:

- tecnologías bien desarrolladas basadas en el procesamiento de semiconductores comunes,
- buenas eficiencias obtenidas en la producción,
- excelentes eficiencias superiores al 24% obtenidas en el laboratorio,
- eficiencia muy estable,
- fuente ilimitada de material de partida,
- buena compatibilidad ambiental,
- debido al bajo coeficiente de absorción, se necesitan capas bastante gruesas ($> 100 \mu\text{m}$) para una buena eficiencia; El requerimiento de grandes cantidades de silicio costoso de alta pureza es el principal impulsor de costos.



Fig. 1. Materiales utilizados para la fabricación de células solares

Fuente: S.M. Pietruszko (red.): *Projektowanie i instalacja systemów fotowoltaicznych. Przewodnik dla instalatorów*. Warszawa, 2016.

Células solares de silicio monocristalino

Los cristales redondos de silicio se cultivan mediante la técnica Czochralski (Cz-Si) a partir de la masa fundida a partir de un pequeño cristal semilla y se extrae el cristal en crecimiento de la superficie de la masa fundida. La industria puede entregar cristales de un diámetro de hasta 30 cm y una longitud de más de un metro. El cristal redondo se corta en una varilla cuadrada y luego se corta con sierras de alambres múltiples en obleas de un espesor de aproximadamente 0,3 mm.

Ventajas y desventajas:

- monocristales tienen excelentes propiedades pero son relativamente caros,
- buenas eficiencias obtenidas en la producción (14-17.5%).

Células solares de silicio multicristalino

Si se enfría una masa fundida de silicio en un crisol, el silicio se solidifica en una estructura de grano grueso que se denomina "multicristalino" (mc-Si) que significa policristalino con granos grandes en el rango de mm a cm.

Las tecnologías para la fabricación de células solares son bastante similares a las aplicadas a las obleas monocristalinas, pero debido a la calidad ligeramente inferior de los materiales, las eficiencias celulares obtenidas son menores. Dado que las obleas de mc-Si son más baratas que las de los monocristales, la tecnología de mc-Si se ha convertido en la técnica dominante en la industria.

Ventajas y desventajas:

- menor costo para la producción de obleas de mc-Si que con Si monocristalino,
- debido a la menor calidad obtenida, las eficiencias celulares son de 1 a 2 puntos porcentuales por debajo de las células mono-Si,
- todos los pasos en el proceso son fácilmente escalados.

Célula de silicio amorfo

La célula solar de silicio amorfo (a-Si) está en desarrollo desde principios de los años ochenta. La célula solar a-Si tiene su fascinación, ya que promete combinar el conocido silicio con un sustrato muy barato utilizando técnicas de deposición de gran área. A pesar de los grandes esfuerzos de desarrollo y las grandes inversiones, los resultados aún son limitados con respecto a la calidad de los productos y del costo de fabricación..

Estructura y fabricación

El silicio amorfo se prepara por deposición de plasma de capas delgadas a partir de silano (SiH_4). Se puede usar vidrio de soda barato como sustrato porque la deposición se realiza a una temperatura bastante baja. Durante el proceso del plasma se incorpora una gran cantidad de hidrógeno, y este hidrógeno es esencial para compensar eléctricamente los defectos, lo que mejora considerablemente la calidad de los materiales.

Las capas muy finas en el rango de uno a dos μm son suficientes ya que el a-Si tiene un alto coeficiente de absorción. La conductividad de las capas puras es intrínseca (tipo i), pero pueden doparse tipo p y n mediante la adición de boro o compuestos de fósforo, respectivamente, al gas del reactor.

Ventajas y desventajas

- gran depósito de área bastante fácil,
- muy poco material necesario ya que un espesor de capa de 1 μm es suficiente,
- integración en serie por separación celular y contacto estructurado bien desarrollado,
- en eficiencia de producción siempre están por debajo del 10%,
- la eficiencia se degrada bajo la iluminación, y las eficiencias de los módulos estabilizados son en su mayoría alrededor del 6 al 8% para celdas de múltiples funciones, y por debajo del 6% para celdas de múltiples funciones,
- las celdas multifunción muestran mejores eficiencias y mejor estabilidad, pero los costos de producción son claramente más altos.

Participación actual en el mercado de las tecnologías

El silicio cristalino en sus tres variedades Cz-Si (mono-Si), multi-Si y ribbon está dominando el mercado con una participación de más del 92%. En esta categoría, la proporción de silicio multicristalino crece constantemente a expensas del silicio monocristalino. La parte de las hojas de Si (cintas) sigue siendo pequeña. Desde hace muchos años, la parte de las células de película delgada, en su mayoría silicio amorfo, está disminuyendo. Las células CdTe y CIS desempeñan un papel menor ya que están muy por debajo del 1% del mercado total.

Productos del mercado y sus ventajas y desventajas

El producto básico en el mercado de la energía fotovoltaica es el "módulo" que contiene células solares interconectadas para proporcionar una salida eléctrica útil y encapsulada para protegerlas del medio ambiente.

La mayoría de los productores de células solares también fabrican módulos, y usan sus propias células solares. Solo una parte de la producción de células solares se encuentra en el mercado, y un productor de módulos independiente utiliza esta fuente para sus productos. A veces, los productores de módulos tienen dificultades para encontrar una fuente segura de células solares para su propósito.

Muchos materiales semiconductores se pueden aplicar para la producción de células solares, constituyendo elementos básicos que producen energía eléctrica a través de la conversión fotovoltaica. Actualmente, se llevan a cabo trabajos de desarrollo en muchos tipos de materiales, estructura celular o tecnologías de producción, y debe transcurrir algún tiempo para que los más ventajosos permanezcan permanentemente en el mercado.

Para poder comparar varias tecnologías, se deben considerar varios criterios. Los más importantes de ellos incluyen:

- posibilidad de obtener alta eficiencia,
- accesibilidad de los materiales aplicados,
- coste aceptable de los materiales,
- posible implementación de técnicas baratas en el proceso de producción en masa,
- estabilidad de elementos de varios años (contados en décadas),
- compatibilidad de los productos y sus tecnologías de fabricación con los requisitos medioambientales.

Módulos fotovoltaicos y generadores fotovoltaicos

Dependiendo de la tecnología utilizada, una sola célula solar genera un voltaje de MPP de aprox. De 0,5 a 2 V. Por lo tanto, las cargas eléctricas rara vez se pueden ejecutar directamente a este bajo voltaje, a menos que sean dispositivos o juguetes pequeños. En general, es necesaria una mayor tensión. Puede proporcionarse organizando varias celdas en serie, como se hace con las baterías.

Para garantizar la potencia de salida deseada del generador solar, se pueden conectar varios módulos o cadenas en paralelo, aumentando así la corriente. Esta interconexión modular permite que los generadores fotovoltaicos se diseñen con salidas de milivatios a megavatios, todo con la misma tecnología básica.

Conexión en serie

Característica de tensión-corriente (I-V)

Las células solares y los módulos solares están conectados en serie para producir mayores voltajes generales.

En una conexión en serie, la corriente es la misma en todas las celdas, de modo que el voltaje general, como se muestra en la Figura 2 para tres celdas similares, es el resultado de la suma de los voltajes individuales.

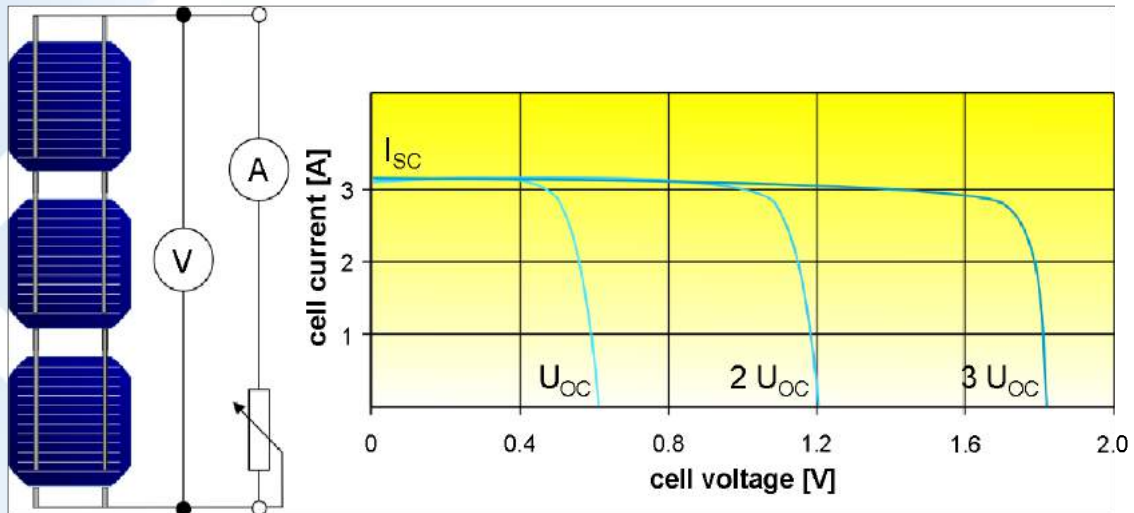


Fig. 2. Conexión en serie de tres células solares similares y su diagrama de corriente-tensión (I-V)

Fuente: Solarpraxis AG, Berlin, Germany.

Conexión en paralelo

Si el sistema tiene que producir mayores corrientes, los módulos o cadenas se pueden conectar en paralelo como se muestra en la Figura 3. En las conexiones en paralelo, todas las celdas tienen el mismo voltaje, y la corriente general es el resultado de todas las corrientes individuales.

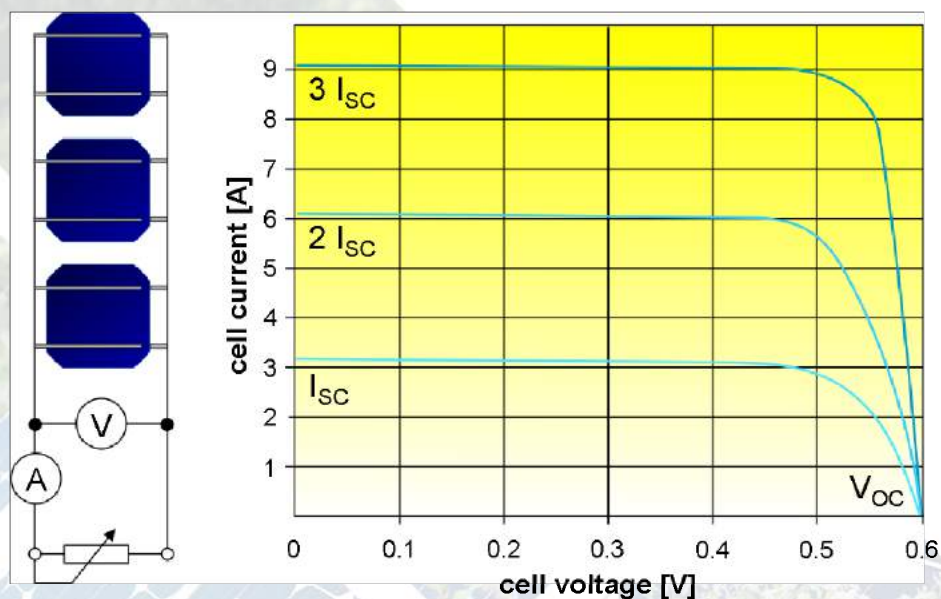


Fig. 3. Conexión paralela de tres células solares similares y su diagrama de corriente-voltaje

Fuente: Solarpraxis AG, Berlin, Germany.

En la Figura 4 se muestra el diagrama de cableado y las curvas características de voltaje-corriente resultantes para un generador solar con varios módulos solares conectados en serie y en paralelo.

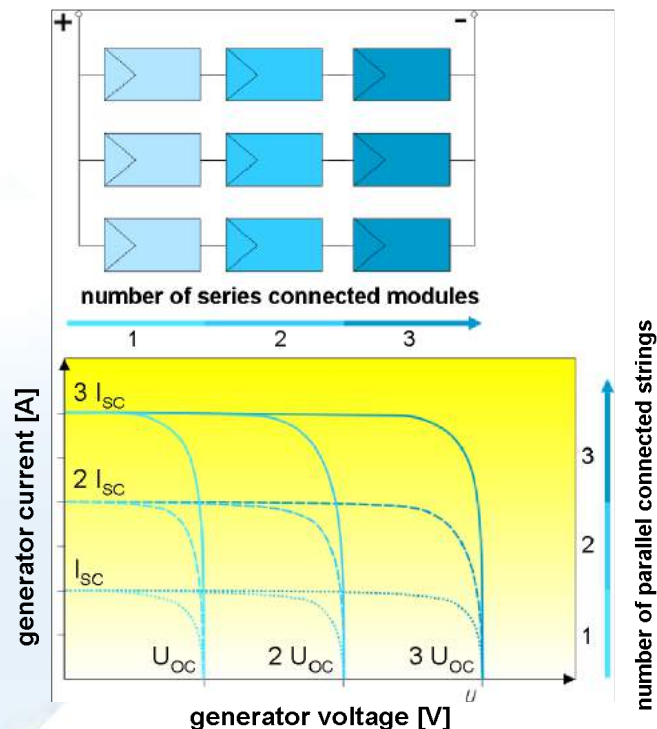


Fig. 4. Módulos conectados en serie y en paralelo y sus características de tensión de corriente
Fuente: Solarpraxis AG, Berlin, Germany.

4.4. Tipos de sistemas fotovoltaicos

Los sistemas fotovoltaicos deben entregar energía limpia para pequeños y grandes consumidores. En todo el mundo, muchos sistemas fotovoltaicos ya están funcionando, produciendo energía para viviendas, residencias, fincas, oficinas y edificios públicos. Hoy en día, las instalaciones fotovoltaicas totalmente funcionales operan tanto en áreas construidas como en áreas donde la conexión a la red es difícil o donde no hay infraestructura energética.

Entre los sistemas fotovoltaicos, se pueden distinguir los sistemas de islas que cooperan con la red o los sistemas híbridos, incluidas otras fuentes de energía eléctrica, aparte de la instalación fotovoltaica. Los sistemas de islas suelen estar compuestos por tres elementos básicos. Contienen el generador fotovoltaico, el almacenamiento de energía (generalmente la batería) y el controlador de carga. Es una configuración básica para receptores alimentados con tensión continua.

Si es necesario alimentar el receptor con voltaje de CA, debe instalarse un inversor fotovoltaico de isla. Los sistemas fotovoltaicos conectados a la red eléctrica son los más populares. Los sistemas se caracterizan por su construcción simple, que incluye dos elementos principales: generador fotovoltaico e inversor de red fotovoltaica. Dependiendo del rendimiento de la instalación, la energía eléctrica producida puede venderse en su totalidad o una parte de la energía producida puede consumirse para las propias necesidades.

Aparecer nuevas soluciones estructurales para inversores fotovoltaicos es posible gracias a algoritmos avanzados de regulación del flujo de energía. Estos dispositivos están destinados principalmente a ser utilizados en micro instalaciones.

Las configuraciones de los sistemas fotovoltaicos también pueden incluir fuentes de energía adicionales, como plantas de energía eólica, celdas de combustible o generadores de energía eléctrica. El tipo de instalación dependerá principalmente de las necesidades del inversor. El conocimiento de muchas opciones de configuración de sistemas fotovoltaicos, junto con una discusión detallada sobre las ventajas y desventajas de casos particulares, constituirá el conocimiento fundamental sobre las opciones para el uso de sistemas fotovoltaicos y el diseño relevante del sistema fotovoltaico que satisfaga las expectativas del inversor.

Ventajas y desventajas de los sistemas ON-GRID y OFF-GRID

Los sistemas conectados a la red – en la red – (conectados a la red) utilizan energía fotovoltaica debido a la rentabilidad económica, la seguridad energética o la ecología. Se puede hacer otra diferenciación entre usuarios individuales (prosumidores) y usuarios industriales.

Los sistemas conectados a la red suministran energía a la red eléctrica, introduciéndola en la red a través del inversor. Estos pueden ser sistemas de energía que llegan a varios kW, instalados generalmente en techos de edificios, creando sistemas de energía dispersos, o sistemas de energía centralizados que llegan a MW. En estos sistemas, se pueden utilizar elementos de edificios existentes, como techos, fachadas y barreras acústicas en carreteras, o estructuras de marcos especiales dedicados al aire libre para el montaje del módulo fotovoltaico.

Los sistemas fotovoltaicos autónomos sin conexión a la red se utilizan en lugares donde es imposible conectarlos a la red (o donde la extracción de la red es más costosa que el ajuste del sistema fotovoltaico), por ejemplo, en áreas rurales o en países con infraestructura energética muy poco desarrollada. Cuando tales sistemas tienen grandes potencias, se utilizan términos como sistemas autónomos y microred.

Sistemas fotovoltaicos que suministran directamente la carga eléctrica

Estos son los sistemas más simples equipados con panel fotovoltaico y carga eléctrica que permiten el uso de energía eléctrica solo cuando el sol brilla.



Fig. 1. Ejemplo del sistema que suministra directamente cargas
Fuente: desarrollo propio

Sistemas fotovoltaicos autónomos con almacenamiento de energía con receptores CC

El sistema está además equipado con un controlador de carga y baterías electroquímicas que permiten el almacenamiento de excedentes de energía eléctrica y su uso en un momento diferente cuando la radiación solar es insuficiente para la producción de energía requerida o cuando no hay radiación.

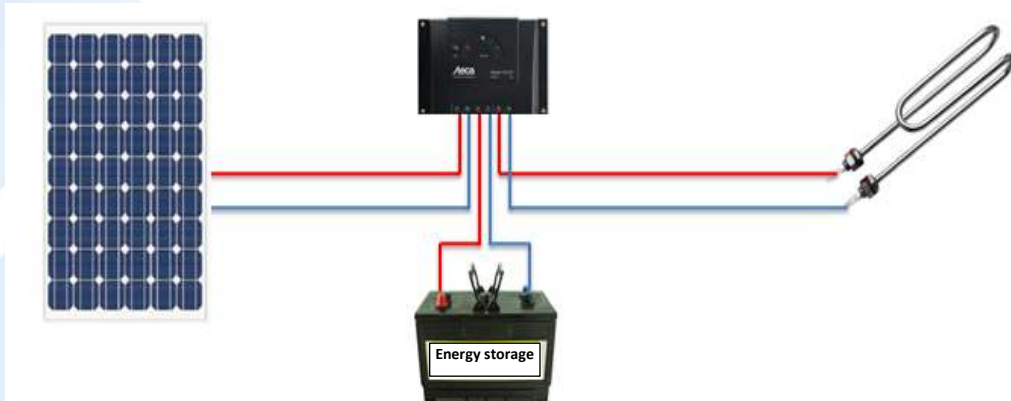


Fig. 2. Ejemplo del sistema autónomo de corriente continua con almacenamiento de energía

Fuente: desarrollo propio

Sistemas fotovoltaicos autónomos con almacenamiento de energía con receptores de corriente alterna

El sistema además está equipado con un inversor de CC / CA que permite suministrar receptores de CA, pero no necesariamente conectados a la red eléctrica. Permite alimentar instalaciones de CA como las de la red eléctrica clásica.

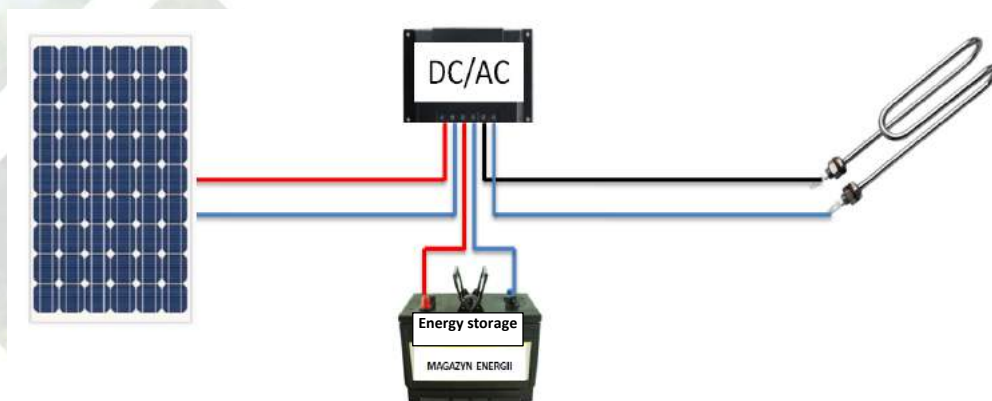


Fig. 3. Ejemplo del sistema autónomo de CA con almacenamiento de energía

Fuente: desarrollo propio

Sistemas fotovoltaicos autónomos con energía de reserva

Si es necesario garantizar la continuidad de la energía en sistemas autónomos donde no hay acceso a la red eléctrica, la solución es aplicar un generador de motor como fuente de energía de reserva para producir energía cuando la producción de energía fotovoltaica es insuficiente.

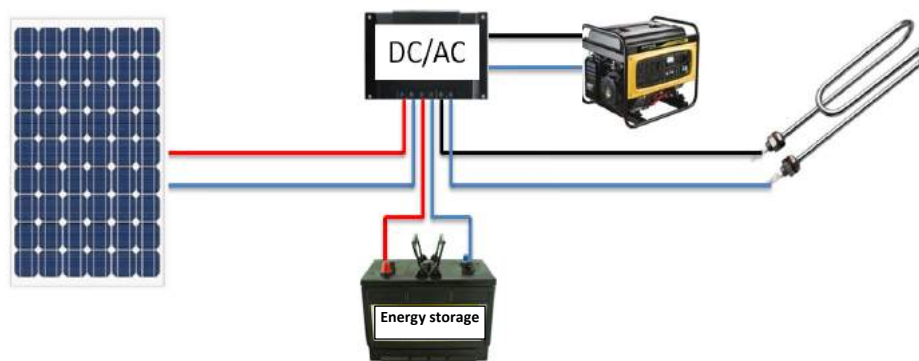


Fig. 4. Ejemplo del sistema autónomo de CA con almacenamiento de energía y energía de reserva

Fuente: desarrollo propio

Sistemas fotovoltaicos conectados a la red eléctrica

El sistema además está equipado con un inversor de CC / CA que permite alimentar los receptores de CA, conectados a la red eléctrica. Permite alimentar los receptores de CA desde la red eléctrica sincronizada y la instalación fotovoltaica, y dar energía a la red eléctrica de esta instalación.

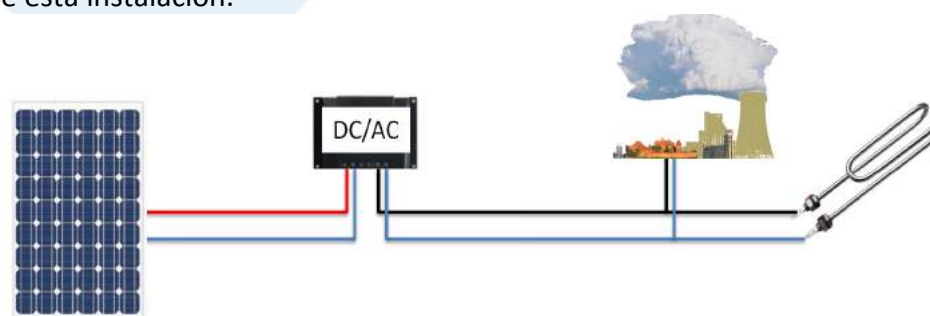


Fig. 5. Ejemplo del sistema de CA conectado a la red eléctrica

Fuente: desarrollo propio

Sistemas fotovoltaicos sin la satisfacción de los requisitos propios. Ventas totales de energía eléctrica para SEE

Los sistemas que suministran toda la energía producida a la red eléctrica constituyen un ejemplo especial del sistema fotovoltaico. Esta es una de las soluciones más simples de la instalación fotovoltaica. Tales sistemas se aplican cuando el propósito de inversión de la instalación fotovoltaica es la venta de energía eléctrica producida en su totalidad al sistema de energía (SEE).

Sistemas fotovoltaicos que satisfacen parcialmente las necesidades propias

La solución presentada aquí permite el uso de la producción de energía eléctrica en sistemas fotovoltaicos para la satisfacción parcial de los propios requisitos. La parte restante de la energía es suministrada desde la red eléctrica. Gracias a tal solución, el consumidor puede reducir sus facturas de energía mediante el uso de la producción del sistema fotovoltaico para sus propias necesidades.

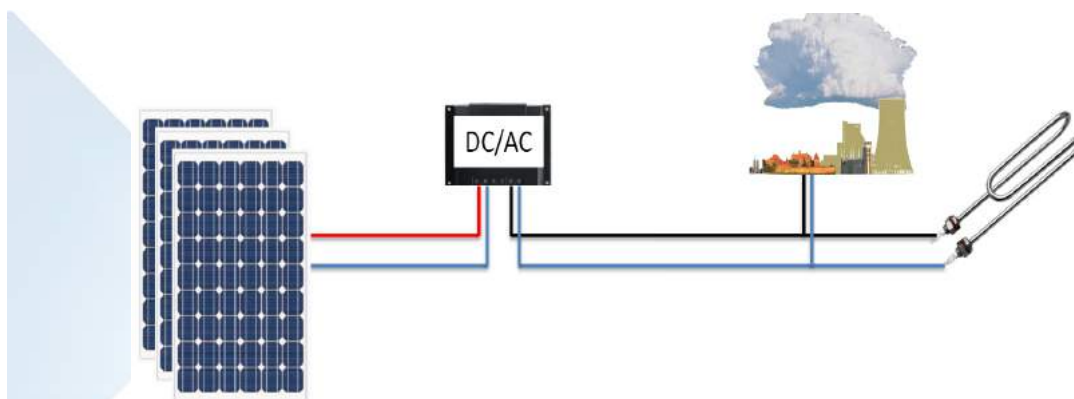


Fig. 6. Ejemplo del sistema de CA conectado a la red eléctrica que satisface parcialmente los requisitos propios (más módulos)

Fuente: desarrollo propio

Almacenamiento de energía en sistemas conectados a la red eléctrica

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 los parámetros anteriores en referencia al propósito planificado de la batería. Actualmente, el mercado global ofrece una amplia gama de almacenamientos de energía de cualquier escala. La tecnología de iones de litio, que garantiza un funcionamiento seguro y sin mantenimiento del almacenamiento con una gran cantidad de ciclos que alcanzan hasta 15,000 ciclos, es la tecnología dominante.

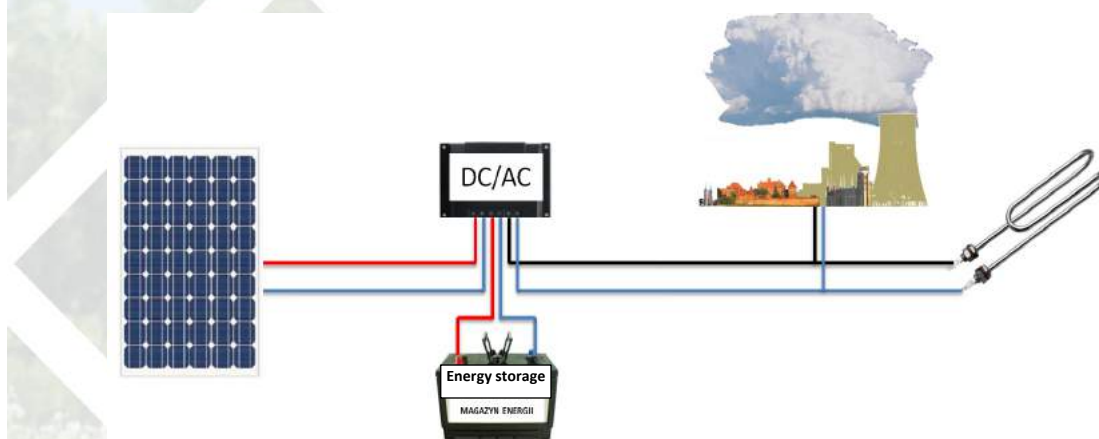


Fig. 7. Ejemplo del sistema de CA conectado a la red eléctrica con almacenamiento de energía

Fuente: desarrollo propio

Sistemas híbridos con la fuente fotovoltaica

Los sistemas híbridos con la fuente fotovoltaica permiten muchas variantes de uso de la instalación fotovoltaica.

Dependiendo de los requisitos, la energía producida a partir del sistema fotovoltaico puede:

- alimentar el receptor directamente,
- potenciar el almacenamiento de energía,
- alimentar el receptor y entregarlo a la red,
- dar a la red,
- alimentar el receptor, alimentar el almacenamiento y dar a la red.

Cooperación de aerogeneradores con la instalación fotovoltaica

Para mejorar la eficiencia de obtención de energía de RES, se pueden construir sistemas integrados con la turbina eólica. Una instalación de este tipo requiere el uso de un inversor que, además de una posible cooperación con los módulos fotovoltaicos, puede cooperar con el generador eólico. Si no hay tal inversor, la solución es la aplicación de dos inversores separados (uno para el sistema fotovoltaico, el segundo para el sistema eólico) con una operación de integración de controlador adicional de estas dos fuentes.

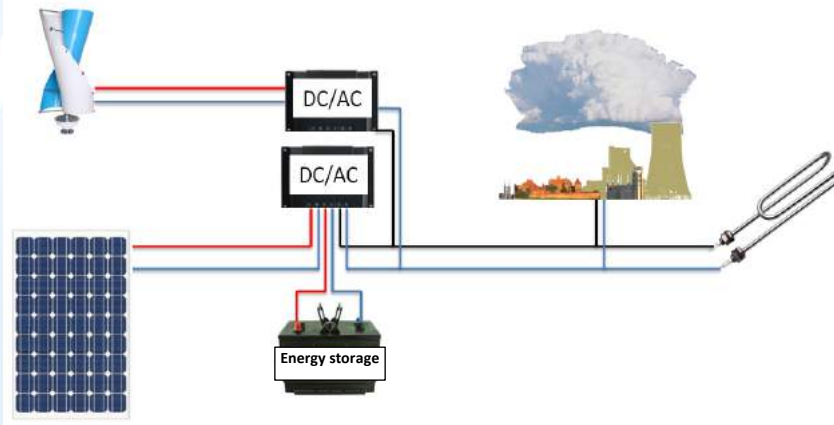


Fig. 8. Ejemplo del sistema híbrido de CA conectado a la red eléctrica con almacenamiento de energía y generador eólico

Fuente: desarrollo propio

Cooperación de la unidad de generación de energía y pilas de combustible con la instalación fotovoltaica

Una instalación de este tipo que permite la cooperación con la unidad de generación de energía y la celda de combustible constituye un tipo especial de instalación fotovoltaica. En tal caso, es necesario instalar un controlador especial que administre el flujo de energía entre estos elementos activos de la red para optimizar el uso de energía y dicho interruptor de sus elementos particulares para proporcionar al consumidor la continuidad de los suministros de energía eléctrica.

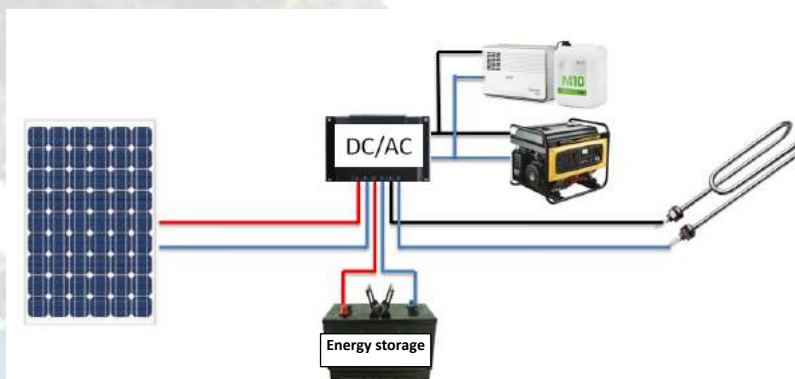


Fig. 9. Ejemplo del sistema de CA conectado a la red eléctrica con celda de combustible, unidad de generación de energía y almacenamiento de energía

Fuente: desarrollo propio

Soluciones estructurales para sistemas integrados con el edificio

En áreas edificadas, los sistemas fotovoltaicos pueden instalarse en la parte superior del techo (edificio ajustado a los sistemas fotovoltaicos – BAPV) o pueden integrarse en la elevación o techo del edificio (conocidos como sistemas fotovoltaicos integrados en el edificio – BIPV). Los sistemas fotovoltaicos modernos no se limitan a los paneles cuadrados y planos. Deben ser curvas, flexibles e integradas en la forma de la estructura del edificio. Arquitectos e ingenieros innovadores proponen en sus diseños todavía nuevos métodos de integración de la energía fotovoltaica y crean edificios que son dinámicos, hermosos y aseguran energía libre y limpia durante toda la vida.

La energía fotovoltaica aplicada en edificios (BAPV) y la energía fotovoltaica integrada en edificios (BIPV) constituyen sistemas fotovoltaicos, en los cuales los módulos se instalan en edificios para realizar la función de fuente de energía principal o auxiliar. Estas soluciones son muy económicas, ya que no requieren un área adicional, solo utilizan las superficies ya existentes, a menudo no utilizadas, como techos o fachadas. Las BAPV son instalaciones ensambladas sobre elementos de construcción existentes, como techos, claraboyas, fachadas, balcones, refugios, etc.

BIPV se compone de elementos fotovoltaicos que reemplazan a los materiales de construcción estándar, convirtiéndose en parte del edificio. Estos pueden ser, por ejemplo, las celdas en forma de tejas, tejas de revestimiento, paneles de vidrio, etc. Las superficies tales como techos, fachadas, tragaluces, etc., se pueden construir con ellas. Por lo general, se instalan en edificios nuevos, pero también se pueden ensamblar en estructuras ya existentes, por ejemplo. En el curso de la renovación. La ventaja de BIPV es una parte de los costos de tal sistema que cubre los fondos ahorrados en materiales reemplazados por elementos fotovoltaicos. También a menudo se caracterizan por su aspecto estético..



Fig. 10. Fotovoltaica integrada en edificios (BIPV)

Fuente: <http://www.wfosigw.lodz.pl> [acceso: 10 Mayo 2018]

Sistemas no integrados con edificios

Estos son sistemas construidos directamente en el suelo como instalaciones independientes. Permiten a los inversionistas construir plantas de energía fotovoltaica de potencias que llegan a varios cientos de MWp.

Además, no excluye la construcción de instalaciones industriales pequeñas (domésticas) o medianas. Estos sistemas se construyen sobre sistemas de ensamblaje especialmente diseñados que, según la zona climática, la base u otras condiciones ambientales, pueden diferir entre sí. Estos son sistemas construidos directamente en el suelo como instalaciones independientes. Permiten a los inversionistas construir plantas de energía fotovoltaica de potencias que llegan a varios cientos de MWp.

Además, no excluye la construcción de instalaciones industriales pequeñas (domésticas) o medianas. Estos sistemas se construyen sobre sistemas de ensamblaje especialmente diseñados que, según la zona climática, la base u otras condiciones ambientales, pueden diferir entre sí.



Fig. 11. Sistema independiente

Fuente: <http://tarnow.naszemiasto.pl/tag/farma-sloneczna-wierzchoslawice.html> [acceso: 10 Mayo 2018]

4.5. Elementos y dispositivos de instalación fotovoltaica

La diversidad de configuraciones de los sistemas fotovoltaicos obliga a la aplicación de varios tipos de subconjuntos montados en instalaciones fotovoltaicas. La energía eléctrica producida en el generador fotovoltaico debe ajustarse a los parámetros requeridos por el dispositivo receptor, mientras que en algunos casos debe almacenarse y estar disponible fuera del tiempo de funcionamiento del generador fotovoltaico. La discusión sobre los elementos de instalación particulares debe incluir una descripción detallada de la operación y las tareas realizadas por ellos en el sistema fotovoltaico. La instalación fotovoltaica debe estar correctamente conectada y asegurada contra los resultados de sobrecargas, cortocircuitos, sobrecargas de energía y rayos.

Elementos de sistemas fotovoltaicos

Los elementos básicos de las instalaciones fotovoltaicas, su nomenclatura y su significado se definen en la norma PN-HD 60364-7-712: 2016-05 Instalaciones eléctricas de bajo voltaje –

Parte 7-712: Requisitos para instalaciones o ubicaciones especiales – Sistemas fotovoltaicos (PV)

De acuerdo con la norma mencionada, los siguientes elementos pueden distinguirse en la instalación fotovoltaica:

- **Celda fotovoltaica:** elemento básico del sistema fotovoltaico que produce energía eléctrica en condiciones de exposición a la luz, como la radiación solar.

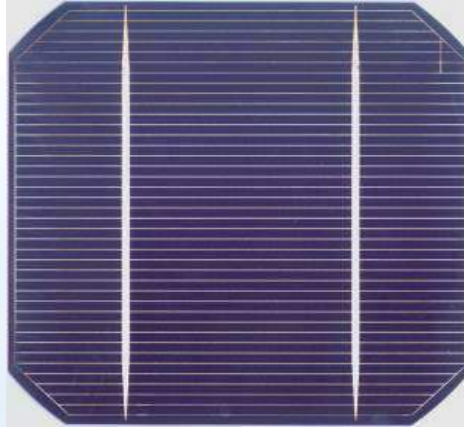


Fig. 1. Apariencia ejemplar de una sola célula fotovoltaica.

Fuente: <https://pveducation.org/pvcdrom/manufacturing/single-crystalline-silicon> [acceso: 20 Junio 2018]

- **Módulo fotovoltaico** – El conjunto de células fotovoltaicas interconectadas más pequeño y totalmente protegido contra el impacto ambiental

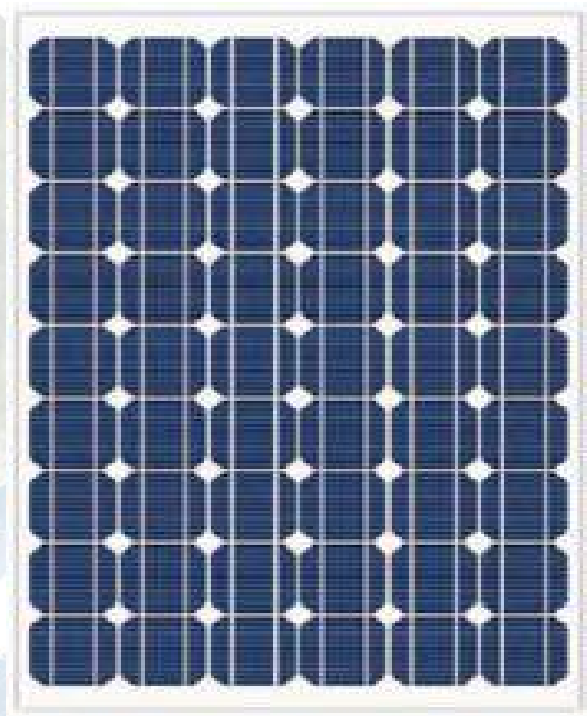


Fig. 2. Aspecto ejemplar del módulo fotovoltaico.

Fuente: <http://www.photon-solar.eu/> [acceso: 20 Junio 2018]

- **Cadena de valor fotovoltaica** – Circuito en el que los módulos fotovoltaicos están conectados en serie para producir la tensión de salida requerida en el colector fotovoltaico,

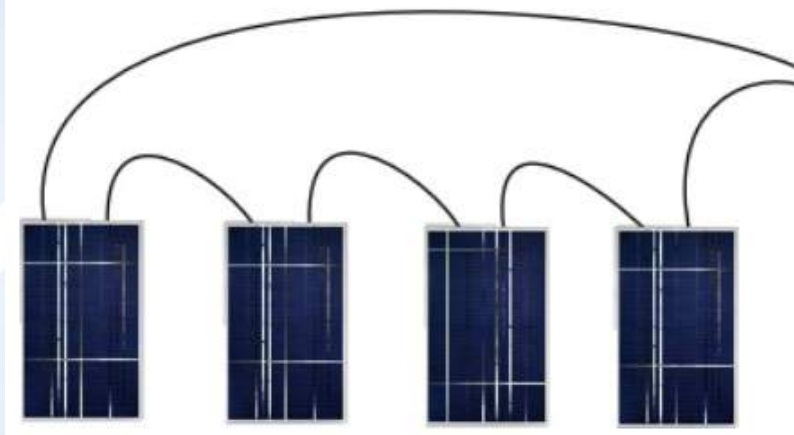


Fig. 3. Aspecto ejemplar de la cadena de valor fotovoltaica
Fuente: <http://www.nuvisionenergy.co.uk/> [acceso: 20 Junio 2018]

- **Colector fotovoltaico** – Conjunto de módulos fotovoltaicos y otros elementos necesarios integrados mecánicamente y eléctricamente que crean una unidad de suministro de corriente continua,
- **Caja de conexiones del colector fotovoltaico** – carcasa en la que todas las cadenas FV de cualquier colector fotovoltaico están conectadas eléctricamente y donde, si es necesario, se puede aplicar protección,



Fig. 4. Aspecto ejemplar de la caja de conexiones CC
Fuente: <https://www.leoni-solar-windpower.com/en/products-services/generator-combiner-boxes/general-information/> [acceso: 20 Junio 2018]

- **Generador fotovoltaico** – serie de colectores fotovoltaicos,
- **Cable de cadena de valor fotovoltaica** – Cable que conecta los módulos fotovoltaicos que crean una cadena,
- **Cable colector fotovoltaico** – Cable de salida del colector fotovoltaico,
- **Cable CC principal del sistema fotovoltaico** – cable que conecta la caja de conexiones del generador fotovoltaico con las abrazaderas de CC del inversor fotovoltaico,

- **Inversor fotovoltaico** – Dispositivo que convierte el voltaje y la corriente de CC al voltaje y la corriente de CA,



Fig. 5. Muestras de tipos de inversores fotovoltaicos

Fuente: <https://www.ecosoch.com/types-of-solar-on-grid-inverters-micro-string-central-2/> [acceso: 20 Junio 2018]

- **Cable de alimentación fotovoltaica** – Pinzas de conexión de cables de inversor de corriente alterna y fotovoltaica con circuitos receptores de instalación eléctrica,
- **Módulo AC del sistema fotovoltaico.** – Conjunto integrado de módulo / inversor donde todas las abrazaderas de conexión son abrazaderas de CA. No hay acceso al lado de CD,
- **Instalación fotovoltaica** – dispositivos instalados y conectados del sistema de alimentación fotovoltaica.

Un tema separado en la instalación fotovoltaica está constituido por criterios de selección del tipo de protección y selección del valor de protección en la instalación fotovoltaica para garantizar la seguridad de los usuarios y dispositivos del sistema fotovoltaico. Se debe prestar especial atención a los principios de selección de protecciones de sobrecarga y protecciones contra corrientes reversibles.

Principio de funcionamiento del inversor fotovoltaico

El convertidor CC / CC o CC / CA es un dispositivo que convierte la energía eléctrica obtenida del generador fotovoltaico. Independientemente de la naturaleza del voltaje de salida, en la entrada del convertidor se encuentra el rastreador de punto de máxima potencia (MPPT) que resulta de las características de voltaje-corriente del generador fotovoltaico. El funcionamiento correcto del sistema MPPT permite maximizar los rendimientos energéticos de la instalación fotovoltaica a través del mantenimiento de la producción de energía eléctrica al nivel más alto posible en condiciones cambiantes de exposición a la luz solar. Otros sistemas electrónicos de energía son responsables del ajuste del nivel de voltaje correspondiente al alcance de los voltajes de carga de la batería, si corresponde. En el caso de dispositivos de alimentación con corriente alterna, es necesario aplicar el sistema de formación de tensión (inversor). La salida del inversor ON-GRID se conecta directamente a los circuitos suministrados desde la red eléctrica o la red separada. La conexión del inversor a la red es equivalente con la conexión de la fuente de voltaje de CA al sistema existente. En tal caso, es necesario aplicar sistemas de sincronización que estén integrados en los inversores ON-GRID. Los inversores OFF-GRID no tienen tales sistemas, por lo que la

salida del inversor OFF-GRID no se puede conectar directamente a la red eléctrica. Los dispositivos que tienen ambas funciones de operación (OFF-GRID y ON-GRID) son excepciones.

El convertidor CC / CC o CC / CA es un dispositivo que convierte la energía eléctrica obtenida del generador fotovoltaico. Independientemente de la naturaleza del voltaje de salida, en la entrada del convertidor se encuentra el rastreador de punto de máxima potencia (MPPT) que resulta de las características de voltaje-corriente del generador fotovoltaico. El funcionamiento correcto del sistema MPPT permite maximizar los rendimientos energéticos de la instalación fotovoltaica a través del mantenimiento de la producción de energía eléctrica al nivel más alto posible en condiciones cambiantes de exposición a la luz solar. Otros sistemas electrónicos de energía son responsables del ajuste del nivel de voltaje correspondiente al alcance de los voltajes de carga de la batería, si corresponde. En el caso de dispositivos de alimentación con corriente alterna, es necesario aplicar el sistema de formación de tensión (inversor).

Entre los inversores producidos, se distinguen sus tres tipos básicos:

Inversores de red (ON-GRID)

La salida del inversor ON-GRID se conecta directamente a la red eléctrica o a la red separada. La conexión del inversor a la red es equivalente con la conexión de la fuente de voltaje de CA al sistema existente. En tal caso, es necesario aplicar sistemas de sincronización que estén integrados en los inversores de red. Los inversores de red ajustan el voltaje generado al modelo tomado de la red eléctrica. Además, los inversores de red tienen protecciones que evitan la generación de voltaje en caso de pérdida de alimentación en la red eléctrica. Esto está dictado por la seguridad de las personas que realizan trabajos de reparación durante las desconexiones de voltaje intencionales.

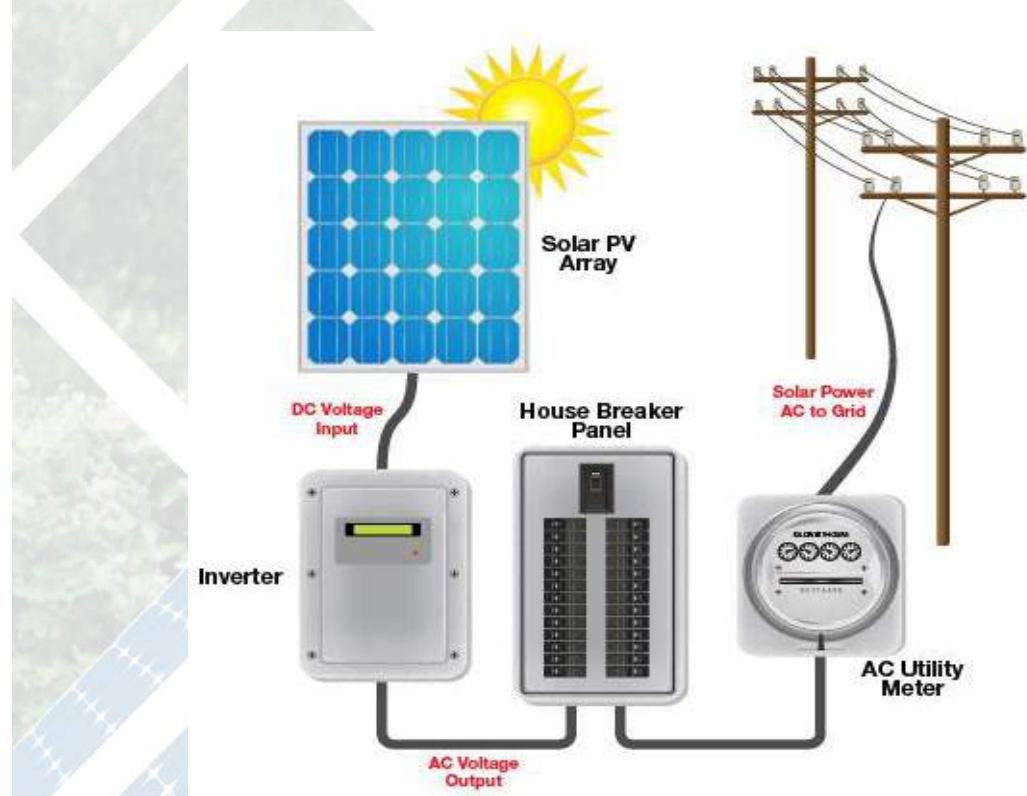


Fig. 6. Inversor ON-GRID en la instalación fotovoltaica

Fuente: <http://alternateenergycompany.com/how-solar-pv-panels-works-with-the-grid/> [acceso: 20 Junio 2018]

Inversores islanding (OFF-GRID)

Los inversores de red se ajustan a la generación de tensión alterna sinusoidalmente en función del modelo de tensión programado. Debido a la falta de sistemas de sincronización en la salida del inversor de isla, es imposible conectarlo a la red eléctrica. Podría suponer un riesgo de daños para la salida del inversor.



Fig. 7. Inversor OFF-GRID en la instalación fotovoltaica

Fuente: <https://www.quora.com/How-does-off-grid-solar-plant-work> [acceso: 20 Junio 2018]

Inversor híbrido

El inversor híbrido es la estructura más avanzada.

Este dispositivo puede funcionar como OFF-GRID y ON-GRID.

Además, puede cooperar con el almacenamiento de energía.

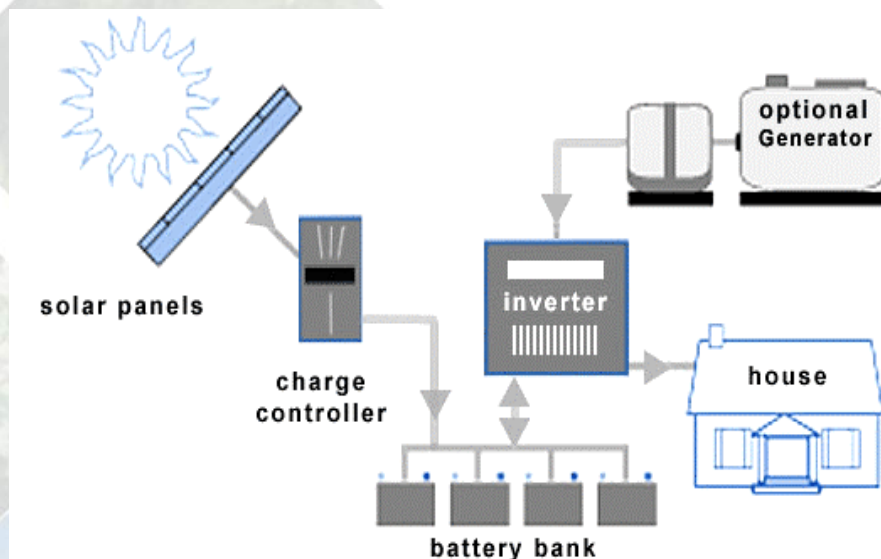


Fig. 8. Instalación fotovoltaica con el inversor híbrido

Fuente: <http://energyinformative.org/wp-content/uploads/2012/05/off-grid-solar-system.png> [acceso: 20 Junio 2018]

Sistemas MPPT en inversores fotovoltaicos

Independientemente del tipo de inversor, en la entrada del convertidor se encuentra el rastreador de punto de máxima potencia (MPPT). El seguidor del punto de máxima potencia del generador fotovoltaico cambia bajo la influencia de factores tales como la intensidad de la radiación solar, la temperatura de la célula fotovoltaica, el ángulo de incidencia de la radiación solar, etc. El correcto funcionamiento del sistema MPPT permite la maximización de los rendimientos de energía desde la instalación fotovoltaica hasta el mantenimiento de la producción de energía eléctrica al nivel más alto posible en condiciones atmosféricas cambiantes.

4.6. Selección de soluciones técnicas

El conocimiento sobre las soluciones técnicas disponibles en el ámbito de los componentes del sistema y su ensamblaje constituye la base de la planificación, el diseño y el rendimiento de la instalación fotovoltaica. La planificación comienza a partir de la estimación del tamaño de la instalación y la selección de su ubicación.

Selección del sitio de instalación

La ubicación de la instalación fotovoltaica debería permitir dirigir los módulos fotovoltaicos hacia el sur. La instalación movida hacia el sur funcionará con un rendimiento más bajo, ya que su ubicación se desvía de la dirección sur.

Al seleccionar el lugar de instalación, deben evitarse los elementos que causan un ensombrecimiento de la instalación, como árboles, edificios vecinos o incluso líneas eléctricas aéreas, en el camino de la luz solar a los módulos fotovoltaicos.

La instalación fotovoltaica debe estar ubicada no lejos del lugar planificado o actual de su conexión a la red, no se trata de instalaciones autónomas.

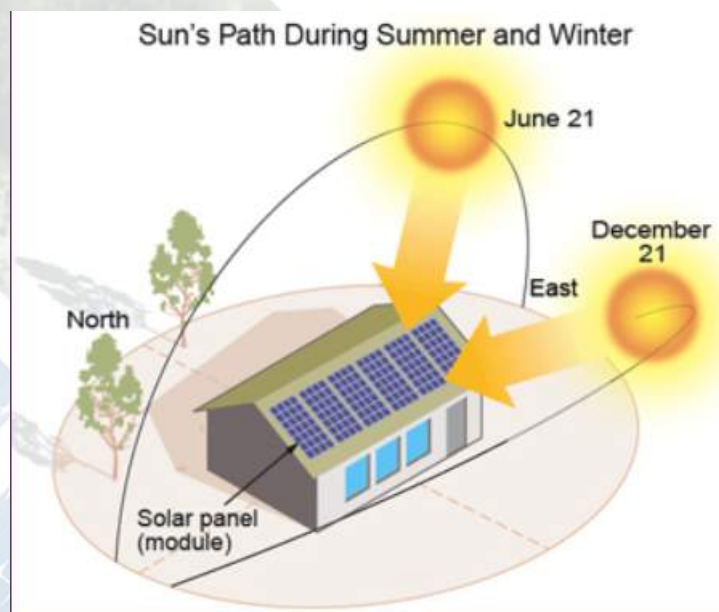


Fig. 1. Ubicación de la instalación fotovoltaica

Fuente: http://www.thesolarplanner.com/array_plaement.html [acceso: 20 Junio 2018]

Para la ubicación seleccionada, se calcula el valor de la duración de la luz solar, según el cual se pueden estimar los rendimientos energéticos planificados. Actualmente, en todo el mundo hay una gran cantidad de software (entregado por los productores del sistema y por entidades especializadas solo en esto) que permite una estimación muy precisa de los rendimientos energéticos de la instalación dada.

Además, este software permite utilizar datos meteorológicos externos, como nevadas, precipitaciones, nebulosidad media anual, temperatura. Un análisis de las condiciones atmosféricas y las condiciones técnicas permite la selección de un ajuste adecuado de los módulos fotovoltaicos y su tipo.

Otro elemento es la distribución inicial de módulos fotovoltaicos y el análisis detallado de posibles oscilaciones, que pueden verse afectados por edificios existentes, árboles, líneas aéreas, etc. Aquí también podemos utilizar toda la gama de software especializado que respalda las acciones anteriores.

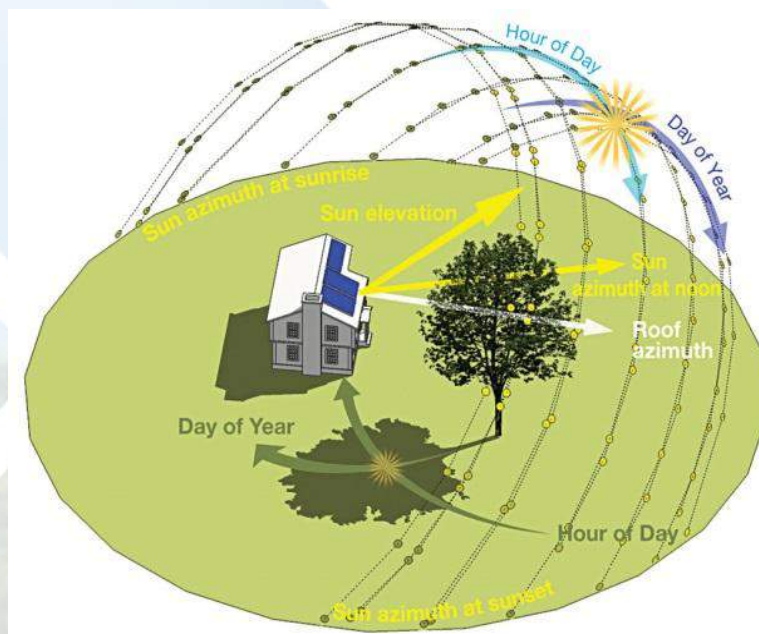


Fig. 2. Ejemplos de ensombrecimiento de la instalación fotovoltaica

Fuente: <https://www.homepower.com/articles/solar-electricity/design-installation/energy-basics-shading-and-solar-electric-systems> [acceso: 20 Junio 2018]

En el caso de las instalaciones de techos o fachadas, se debe determinar la masa de la instalación y el impacto de la instalación planificada en la resistencia estructural del edificio. En el caso de instalaciones de techos y fachadas, se recomienda que la instalación fotovoltaica se monte en la zona protegida por la instalación de rayos. En la práctica, la instalación de rayos no es necesaria, pero depende principalmente de los componentes aplicados en la instalación fotovoltaica.

Además, para las instalaciones de techo, según el ángulo de inclinación del techo, se debe definir un ángulo de inclinación objetivo de los módulos instalados y una instalación de ensamblaje adecuada que garantice la selección del mantenimiento de este ángulo. Además, debe determinarse una dirección de destino del ajuste del módulo fotovoltaico.

Estimación del área de instalación fotovoltaica

Al instalar en el techo, tenemos a nuestra disposición su área limitada, que además se reduce por los márgenes de montaje necesarios y los obstáculos tecnológicos, como chimeneas, ventanas de tejado, fallas estructurales que no permiten el montaje de módulos fotovoltaicos.



Fig. 3. Superficie de techo disponible para la instalación fotovoltaica

Fuente: <https://news.energysage.com/is-my-roof-even-suitable-for-solar/> [Acceso: 20 Junio 2018]

Distribución inicial de módulos fotovoltaicos

Otro paso está constituido por la distribución inicial de módulos fotovoltaicos en una línea de techo determinada. Si el techo de cuatro lados tiene una línea de techo orientada hacia el sur o con una pequeña desviación, el montaje en otras direcciones puede parecer inefectivo, lo que debe indicarse mediante simulación por computadora. Si un techo dado no está orientado hacia el sur, la instalación en dirección este-oeste será la más óptima.

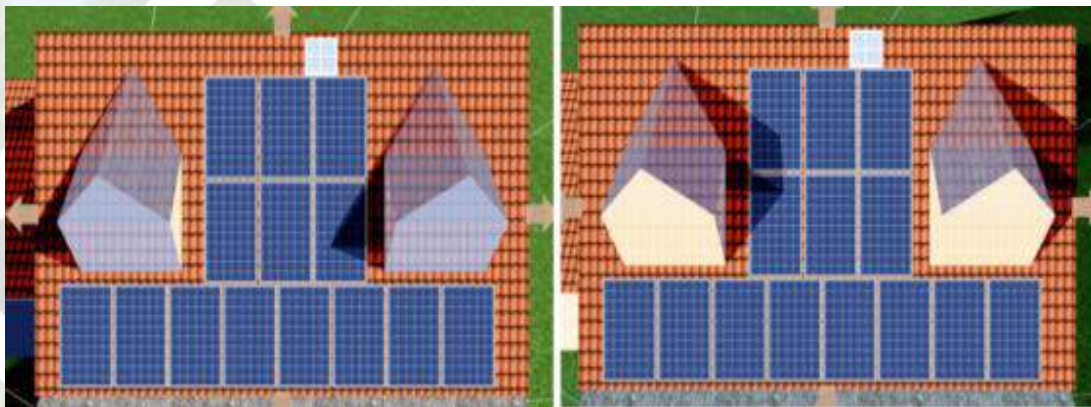


Fig. 4. Superficie disponible para la instalación fotovoltaica

Fuente: <http://aberdeensolar.com/solar-pv/home-suitable/> [acceso: 20 Junio 2018]

Análisis de las condiciones técnicas para la conexión de la instalación

En el siguiente paso, se debe analizar la conexión eléctrica, a la que se debe ajustar una instalación fotovoltaica determinada. La selección de un inversor correspondiente depende del valor de la potencia de conexión. Si es necesario modificarlo, debe solicitarse (si es necesario) en la emisión de condiciones técnicas para la conexión o debe realizarse una solicitud adecuada al distribuidor de energía eléctrica. En el caso de instalaciones autónomas, el análisis de la conexión se limitará a los mismos receptores de energía eléctrica que se suministrarán desde la instalación fotovoltaica.

Impacto del viento en módulos y estructura de soporte

La carga de viento es un problema importante y debe considerarse durante el diseño de instalaciones solares independientes o en techos de edificios. La potencia del viento aumenta con el cuadrado de su velocidad, depende del tipo, tamaño y diseño de las instalaciones cercanas y de la dirección de su flujo. Dependiendo de la forma y el ángulo de inclinación de la instalación, por lo tanto el techo, un lado a barlovento de la instalación está expuesto a presiones del viento, mientras que un lado de sotavento está expuesto igualmente a la succión del viento.

Acumulación de nieve en tejados de edificios

El segundo factor importante que debe considerarse durante el diseño de la instalación fotovoltaica está constituido por el peso no solo de las celdas fotovoltaicas (que tienen una masa aproximada de $10 \div 20 \text{ kg / m}^2$, por lo que la fuerza de presión llega a $100 \div 200 \text{ N / m}^2$) y estructural elementos, sino también nevadas periódicas a las que se expone la instalación. Para los sistemas independientes, el sistema de soporte tendrá que soportar mecánicamente la presión de todo el peso de sus componentes y la nieve. Para instalaciones integradas con el edificio, esta carga es tomada por la estructura del techo que debe seleccionarse adecuadamente ya en la etapa de diseño de la estructura. Como el tamaño de la nevada es diferente para diferentes áreas del mundo (en algunos nunca aparece, en algunos es posible durante todo el año), por lo que los países en particular desarrollan estándares que definen valores aceptables de carga de nieve para la estructura. En los lugares donde tenemos que ver con la nevada, este problema debe considerarse como acumulación de nieve desde el punto de vista eléctrico que constituye una sombra para el módulo. Es por eso que, al decidirnos por la instalación fotovoltaica en lugares donde hay nieve, podemos elegir la aplicación de módulos tradicionales, teniendo en cuenta que en el caso de su acumulación de módulos, no tendremos la producción actual o la selección de más costosos. Módulos con sistema de calefacción que evitan la congelación del agua en la superficie del módulo.

Tipos de sistemas de montaje de módulos fotovoltaicos

La división básica de sistemas de montaje para módulos fotovoltaicos se ve como sigue:

Sistemas de montaje de techo



Fig. 5. Ejemplo de un sistema de montaje de techo dedicado para tejas

Fuente: <http://www.instsani.pl/519/system-montazu-dla-dachu-pokrytego-dachowka-ceramiczna> [acceso: 20 Junio 2018]

Sistemas de montaje independientes



Fig. 6. Ejemplo de un sistema de montaje en tierra

Fuente: <https://www.indiamart.com/proddetail/aluminium-solar-mounting-structure-10795911762.html> [acceso: 20 Junio 2018]

Sistemas de montaje móviles



Fig. 7. Sistema de montaje ejemplar basado en seguidores

Fuente: <http://www.iparu.com/dual-axis-tracker-pst-2a1> [acceso: 20 Junio 2018]

Sistemas de montaje integrados con el edificio



Fig. 8. Sistema de montaje ejemplar integrado con el edificio BIPV

Fuente: <https://www.solarpowerworldonline.com/2014/12/quick-run-bipv/> [acceso: 20 Junio 2018]

Resistencia mecánica de los sistemas de montaje de módulos fotovoltaicos

Como toda estructura mecánica, un sistema de ensamblaje de módulos fotovoltaicos debe cumplir con los estándares adecuados para que puedan aplicarse a la implementación del proyecto fotovoltaico. Los sistemas de montaje deben tener certificados que garanticen el montaje adecuado y permanente de los módulos fotovoltaicos.

Principios de disposición de módulos fotovoltaicos en tejados de edificios

El papel básico de los sistemas fotovoltaicos es la producción de energía eléctrica a partir de la radiación solar. Es por eso que, al instalar el sistema en el techo del edificio debido a la superficie activa limitada para su uso, debemos organizar los módulos de acuerdo con los siguientes principios:

- evitar el ensombrecimiento del módulo por elementos y vegetales que sobresalen fuera del plano del techo,
- todos los módulos conectados a un punto de seguimiento de potencia máximo deberían haber garantizado las mismas condiciones de duración de la luz solar (deberían establecerse en el mismo ángulo vertical y horizontalmente),
- provisión de los márgenes tecnológicos y de montaje necesarios para permitir la operación adicional de la instalación fotovoltaica.

Evitar el ensombrecimiento

El problema básico es organizar los módulos fotovoltaicos para que su superficie no se vea ensombrecida durante todo el año, al menos en los períodos de verano, finales de primavera y principios de otoño, cuando la duración de la luz solar es más fuerte. Sin embargo, por lo general, a pesar de la significativa superficie "libre" del techo, periódicamente se ve opacada por una serie de elementos existentes, tales como chimeneas de ventilación, ventanas de techo, mástiles de antenas, estaciones de telecomunicaciones básicas, unidades de tratamiento de aire, pisos adicionales, repisas altas, estilos de áticos, etc.

Evitar la mutilación mutua

Los conjuntos de módulos fotovoltaicos dispuestos en serie uno tras otro pueden opacarse entre sí. Cuanto mayor sea la serie dada, mayor será el riesgo. Para evitarlo, los conjuntos de módulos fotovoltaicos deben estar separados unos de otros a una distancia mayor. A bajas temperaturas del sol de invierno, por lo tanto, una luz y una sombra relativamente más largas, esta distancia debe alcanzar al menos tres alturas de un conjunto de módulos fotovoltaicos que constituyen una serie de sombras.

Consideración de las condiciones atmosféricas

Además, tal conjunto debe elevarse a cierta altura para eliminar las consecuencias negativas de la acumulación de nieve y agua. La inclinación de los módulos aumenta la altura de instalación fotovoltaica, sin embargo, requiere un nivel relativamente más horizontal del techo.

Satisfacción de requerimientos de cargas mecánicas

Aquí se deben tener en cuenta también los requisitos estructurales relativos a las cargas máximas que puede soportar el techo plano. Otras limitaciones están constituidas por las condiciones técnicas y las normas estructurales relativas, por ejemplo, a Relaciones de elevación entre techos o aires acondicionados y edificaciones del techo. Además de la

ubicación en los techos tradicionales, los módulos fotovoltaicos se aplican cada vez más en el área de los techos de vidrio. Constituye un paso más en el desarrollo de la tecnología fotovoltaica en la industria de la construcción y la arquitectura.

4.7. Perfil energético de los consumidores

Antes de determinar la potencia de la instalación fotovoltaica, se debe analizar el perfil energético de un consumidor, determinando su demanda de electricidad. Esto se hace mejor en un ciclo diario, semanal, mensual y anual. La determinación adecuada de la demanda de electricidad constituirá la base para la selección de la potencia del generador fotovoltaico y la posible capacidad de almacenamiento de energía. El rendimiento óptimo de un análisis, la selección adecuada de un tipo de instalación y sus componentes permitirán un rápido retorno de la inversión y un correcto funcionamiento del sistema fotovoltaico que cumpla con las expectativas del inversor.

Consumo de electricidad en los hogares

El consumo anual de electricidad en el hogar depende de la cantidad de residentes, los tipos de dispositivos eléctricos que posee y la duración de su uso y con qué frecuencia.

Consumo anual de electricidad en el hogar

Según las estadísticas oficiales, el hogar 2 + 2 consume de 1900 kWh a 2500 kWh por año (dos padres y dos niños). Las personas solteras consumen aprox. 1000 kWh por año, mientras que una familia 1 + 1 de 1200 a 1500 kWh. Por lo tanto, un número de miembros de la familia es muy importante para el consumo de electricidad. Es posible reducir el consumo de electricidad a través del cambio en los hábitos de los miembros de la familia o las inversiones en dispositivos con una alta clase de eficiencia energética.

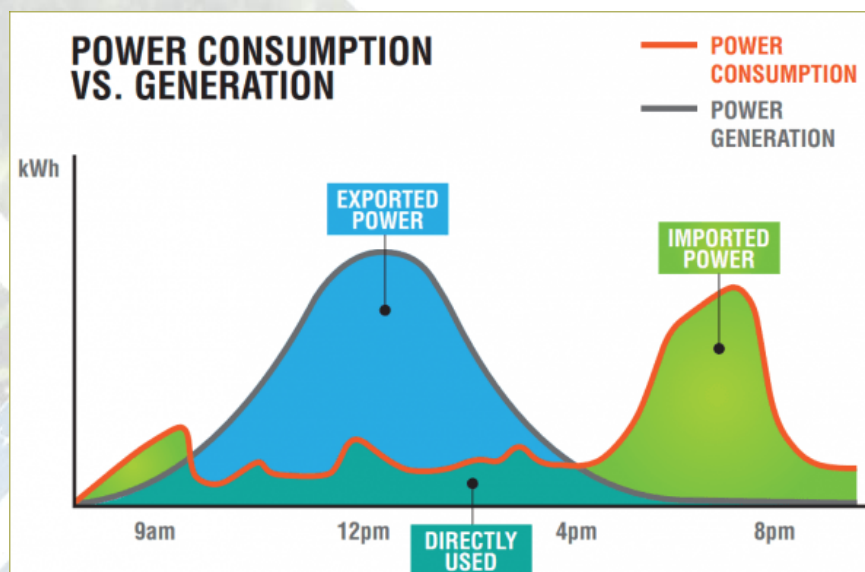


Fig. 1. Consumo ejemplar de electricidad en el hogar

Fuente: <http://thatpowerguy.nz/solar/solar-power-system-size/> [acceso: 20 Junio 2018]

Consumo de electricidad en plantas industriales

Las instalaciones industriales consumen el 33% de la energía global, que es más que en otros segmentos de clientes, como el transporte, los edificios de servicios públicos o los edificios residenciales. Los propietarios de empresas suelen ser conscientes del impacto del consumo de electricidad en los costos de operación de la empresa, sin embargo, no utilizan muchas opciones de mejora de su eficiencia energética.

Según el sector, el consumo de electricidad tiene una naturaleza diferente. Hay plantas que funcionan en modo continuo 24/7 y hay plantas que funcionan de lunes a viernes. Algunas compañías trabajan un turno de 6 a.m. a 2 p.m., otras – dos turnos de 6 a.m. a 2 p.m. y de 2 a.m. a 10 p.m. Las oficinas funcionan de 8 a 18 horas.

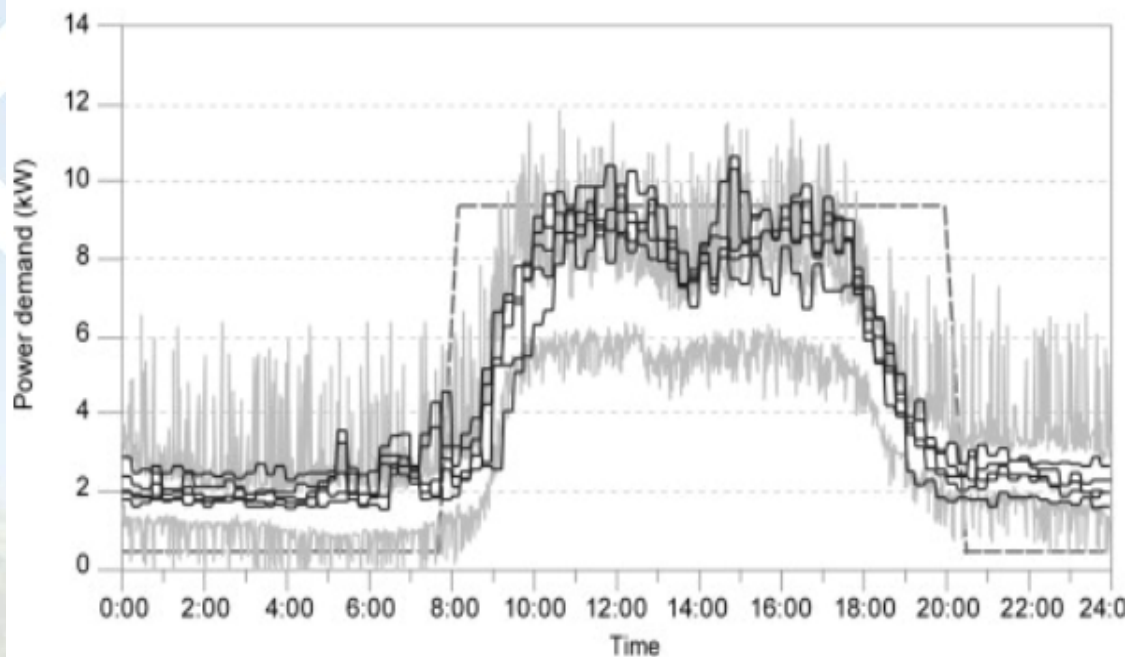


Fig. 2. Ejemplar diario de consumo de electricidad en planta industrial

Fuente: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778814001224#fig0025> [acceso: 20 Junio 2018]

Perfiles energéticos de receptores seleccionados

El perfil de energía de un cliente puede estar compuesto por perfiles de energía de dispositivos particulares aplicados por los clientes. Para los hogares se pueden distinguir los siguientes receptores:

- La aspiradora (estándar) tiene la potencia de aprox. 1500W. Suponiendo que la casa pasa la aspiradora durante 15 minutos cada tres días, la aspiradora funciona 30.4 horas (h) por año. Consumo de electricidad durante el año: $30.4 \text{ h} \times 1.5 \text{ kW} = 45.63 \text{ kWh}$;
- Refrigerador – el consumo de energía por refrigerador depende principalmente de su clase de eficiencia energética, desde el lugar que ocupa en la casa (cuanto más lejos de las ventanas y los calefactores, menor es el consumo de energía), así como de las condiciones de operación (eliminación regular de la formación de hielo, No abrir puertas cada minuto), el consumo de electricidad durante el año llega a 300-400 kWh;
- La caldera eléctrica de agua es un dispositivo que consume mucha energía. La potencia promedio del dispositivo es de 2000 W, mientras que el agua hirviendo dura dos minutos. Utilizado aprox. tres veces al día, genera un consumo anual de electricidad al nivel de: $365 \times 3 \times 2 \times 2 \text{ kW} = 2190 \text{ min} \times 2 \text{ kW} = 36.5 \text{ h} \times 2 \text{ kW} = 73 \text{ kWh}$;

- Iluminación: al usar bombillas de bajo consumo con una potencia de 4 a 10 W, la iluminación no genera un gran consumo de electricidad. La iluminación se utiliza aprox. Cinco horas al día, sin división en invierno o verano. En casa, hay aprox. más de una docena de bombillas, mientras que solo 8 de ellas trabajan durante las supuestas cinco horas por día. Consumo de electricidad durante el año: $5 \text{ h} \times 365 \text{ días} \times 6 \text{ W} = 10.95 \text{ kWh}$;
- Televisor: si solo se considera el tiempo de funcionamiento de los dispositivos, la tasa sería más baja, pero desafortunadamente, estos dispositivos consumen energía incluso cuando no los usamos, ya que se encuentran en el modo de espera. Esto es intensificado por los amplificadores. 15 W durante una hora constituye el consumo medio de energía en el modo de espera. Durante el trabajo es de aprox. 25 W. Supongamos que el televisor es uno durante seis horas por día, mientras que durante 18 horas está en modo de espera. Consumo de electricidad durante el año: $25\text{W} \times 6\text{h} \times 365 \text{ días} = 54.75 \text{ kWh} + 10\text{W} \times 18\text{h} \times 365 \text{ días} = 65.7 \text{ kWh}$. Durante su trabajo, el televisor consume menos energía que las horas restantes del día en el modo de espera.
- Lavadora usada dos veces por semana hace 104 lavados durante el año. Una lavadora promedio de clase energética A consume 1,2 kWh por lavado. Consumo de electricidad: $1.2 \text{ kWh} \times 104 = 124.8 \text{ kWh}$.

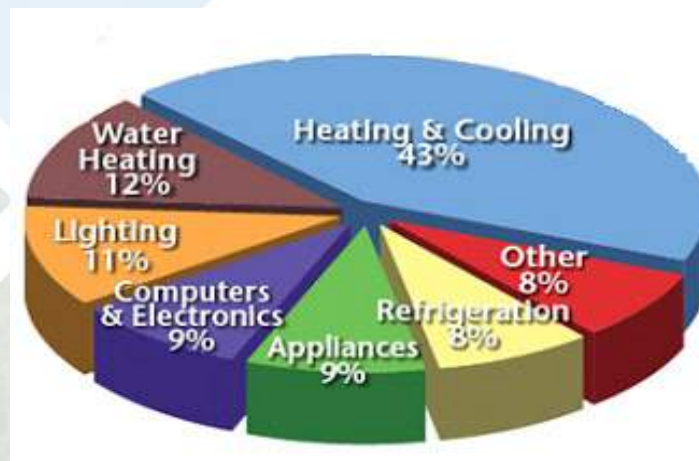


Fig. 3. Consumo ejemplar de electricidad por algunos receptores

Fuente: <https://greenpowerworksinc.com/energy-efficiency-for-residential/> [acceso: 20 Junio 2018]

Demanda de electricidad en el ciclo diario

La variabilidad diaria de las cargas se ve afectada principalmente por el ritmo y la actividad de la vida de los seres humanos. Además, también se puede observar un impacto distintivo de la estacionalidad en el curso de la absorción diaria de energía. Sin embargo, en la tabla de abajo se notan claramente dos picos: mañana y tarde.

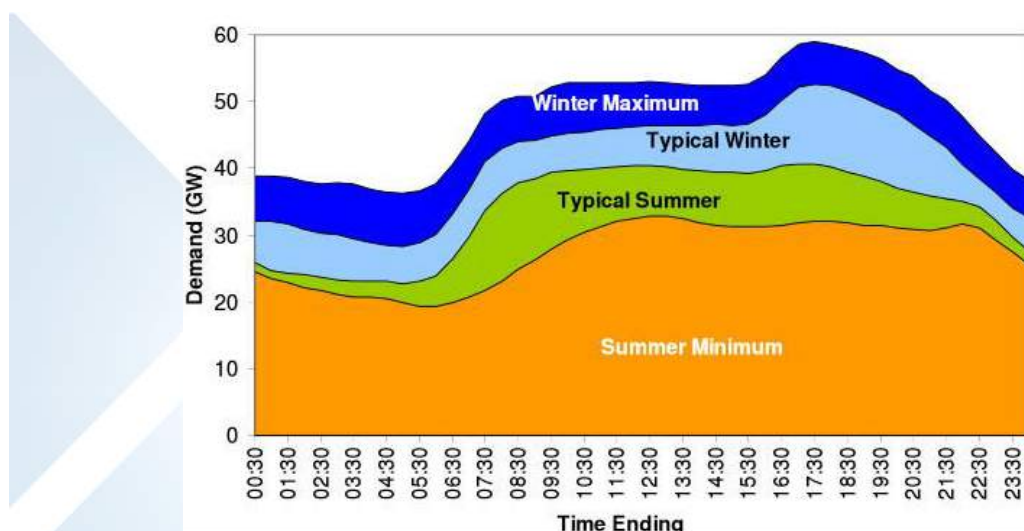


Fig. 4. Demanda diaria de electricidad (perfiles de demanda diaria de verano e invierno en 2010/11)

Fuente: <https://energymag.net/daily-energy-demand-curve/> [acceso: 20 Junio 2018]

Demanda de electricidad en el ciclo semanal

La variabilidad semanal de las cargas se debe principalmente a la ocurrencia de días laborables y días festivos y al ciclo de trabajo y la intensidad relacionada con ella. Las tomas de energía de lunes a viernes son decididamente más altas que el período de fin de semana, cuando la actividad de la sociedad es decididamente más pequeña (Fig. 5).

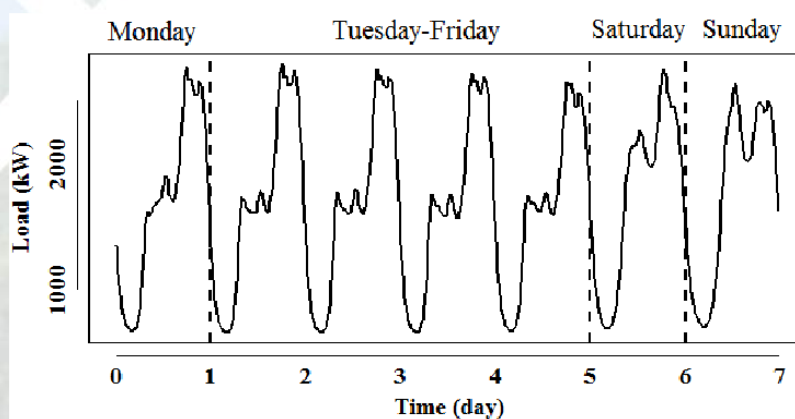


Fig. 5. Demanda semanal ejemplar de electricidad

Fuente: https://www.researchgate.net/figure/Mean-weekly-profile_fig1_313453567 [acceso: 20 Junio 2018]

Indicadores que caracterizan la variabilidad de la carga del cliente

Un rasgo característico de las cargas eléctricas es su alta variabilidad en el tiempo. Estos cambios pueden ser regulares o aleatorios. Los cambios regulares de carga resultan de factores astronómicos, costumbres humanas o por otras razones fáciles de predecir. Los cambios aleatorios ocurren de manera irregular y son causados por factores aleatorios, tales como condiciones atmosféricas o fallas en la red eléctrica. Los indicadores básicos, los más utilizados para caracterizar la variabilidad diaria de las cargas, incluyen:

- energía diaria A_d ,
- potencia pico diaria P_{ds} ,
- potencia media diaria $P_{d\bar{s}}$,
- potencia diaria de carga básica P_{do} ,
- grado medio diario de carga m_d ,

- grado de equilibrio diario de carga básica I_{do} ,
- grado diario de carga básica m_{do} ,
- grado máximo de equilibrio diario I_{ds} ,
- coeficiente diario de irregularidad k_{dn} ,
- tiempo diario de uso de la potencia máxima T_{ds} .

4.8. Dimensionamiento del sistema fotovoltaico

El dimensionamiento adecuado del sistema fotovoltaico constituye un proceso complejo. Para garantizar el correcto funcionamiento del sistema, debe seleccionarse una tecnología adecuada de módulos fotovoltaicos, tipo de inversor, sistema de montaje y sistemas de protección de acuerdo con las condiciones técnicas y económicas. Los criterios de selección deben incluir aspectos técnicos de elementos del sistema en particular, calidad de desempeño, condiciones de garantía y precio. Debe tenerse en cuenta que existe una dependencia entre la eficiencia del módulo y el área ocupada por ellos. Para obtener una potencia de generador dada, su superficie aumentará junto con la reducción de la eficiencia de los módulos fotovoltaicos. Al seleccionar los módulos, se deben considerar sus parámetros eléctricos. En la conexión de módulos fotovoltaicos en serie o en paralelo, su eficiencia de corriente y voltaje debe ser similar. En caso de discrepancias importantes entre los parámetros eléctricos de los módulos, la instalación fotovoltaica no funcionará correctamente. Mientras se conectan en serie, el voltaje de las cadenas fotovoltaicas debe ser una suma de los voltajes de los módulos conectados, mientras que la corriente máxima de la cadena debe corresponder con el módulo de la eficiencia de corriente más baja. En la conexión paralela de módulos o cadenas, el voltaje de los módulos / cadenas debe ser el mismo. De lo contrario, en el colector fotovoltaico aparecerán corrientes equipotenciales que fluyen entre ramas conectadas en paralelo, reduciendo la eficiencia de corriente del generador fotovoltaico. La conexión paralela de cadenas fotovoltaicas del mismo voltaje hace que las corrientes de cadenas particulares se sumen, y en un cable que conecta el colector fotovoltaico con los flujos de corriente del inversor del valor igual a la suma de las corrientes de las cadenas fotovoltaicas particulares.

Tanto la tensión como la corriente de un solo módulo pueden modificarse debido a los cambios en la irradiancia solar y los cambios de temperatura. Es por eso que la conexión de módulos en serie y en paralelo debe realizarse solo para módulos caracterizados con la misma exposición a la luz solar. Por lo tanto, las superficies de trabajo de los módulos se colocan en la misma dirección, en el mismo ángulo de inclinación con respecto a la línea del horizonte, y ninguno de los módulos se ve opacado.

Impacto de la variabilidad de las condiciones climáticas en la producción de electricidad en la instalación fotovoltaica

La cantidad de radiación solar que llega a la superficie de la Tierra varía según la estación del año, las condiciones climáticas en una latitud determinada y en una escala significativamente más corta (minutos, segundos) de las nubes que se mueven en el horizonte.

Las condiciones climáticas, y en particular las sumas anuales promedio de la duración de la luz solar que llega al plano horizontal, son los principales determinantes de la rentabilidad económica de los sistemas FV mencionados.

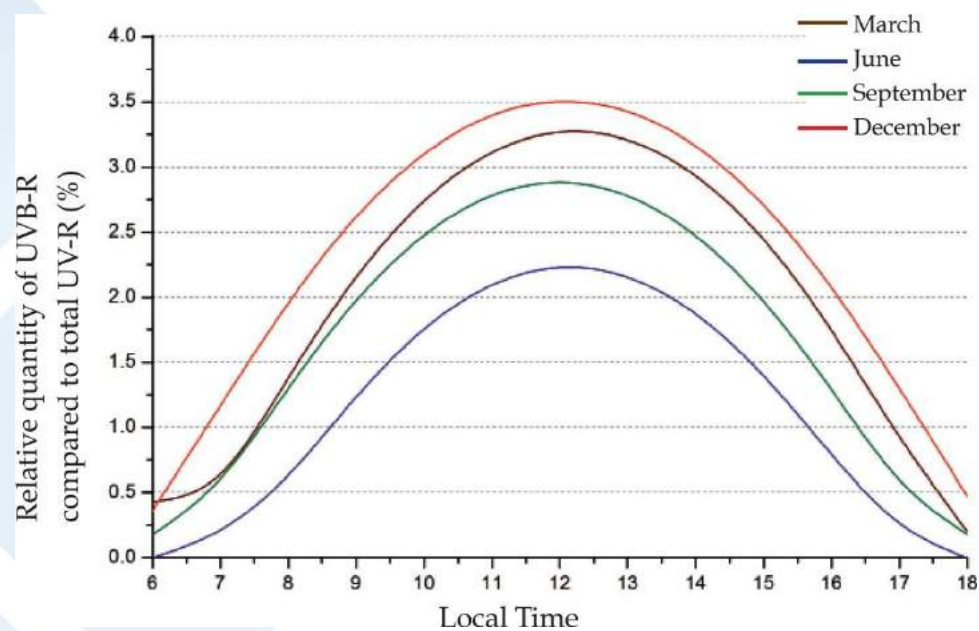


Fig. 1. Distribución de la duración del sol durante el año

Fuente: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-05962015000300297 [acceso: 20 Junio 2018]

Bases de datos meteorológicas disponibles

Hay muchas bases de datos meteorológicas disponibles con un alcance global y local para un país determinado. El Servicio de Información Meteorológica Mundial (WWIS) es uno de ellos. Recopila observaciones meteorológicas oficiales, pronósticos meteorológicos e información climatológica para ciudades seleccionadas. Los datos son proporcionados por los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales (SMHN), que funcionan en todo el mundo y proporcionan información meteorológica oficial para determinados países. En el sitio web de WWIS, también hay enlaces a sitios web oficiales de servicios meteorológicos de los Servicios Meteorológicos. En abril de 2018, el WWIS entregó información meteorológica oficial para 2191 ciudades. Al mismo tiempo, 135 servicios meteorológicos enviaron pronósticos para 2052 lugares. Los datos climáticos estaban disponibles para 1985 pueblos proporcionados por 169 servicios participantes.

Software comercial para el análisis de condiciones meteorológicas

Una de las bases de datos está constituida por la base del Instituto Europeo de Energía y Transporte, fundado por la Comisión Europea. Las bases de datos relativas a una suma anual de la duración de la luz solar en el plano vertical e inclinado de manera óptima están disponibles públicamente y pueden utilizarse, por ejemplo, a través de aplicaciones de Internet como PVGIS (Sistema de Información Geográfica Fotovoltaica). Estas aplicaciones permiten la evaluación de los recursos de energía solar en ubicaciones seleccionadas y estiman los rendimientos de energía de las plantas de energía fotovoltaica, dependiendo de su energía y ubicación.

Determinación de los valores medios de radiación para una ubicación dada

Para seleccionar correctamente el valor de la potencia máxima de la instalación fotovoltaica, los valores medios de radiación solar para una ubicación determinada deben determinarse en un ciclo mensual.



Fig. 2. Valores medios mensuales de radiación

Fuente: https://www.met.hu/en/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/altalanos_eghajlati_jellemzes/sugarzas/
[acceso: 20 Junio 2018]

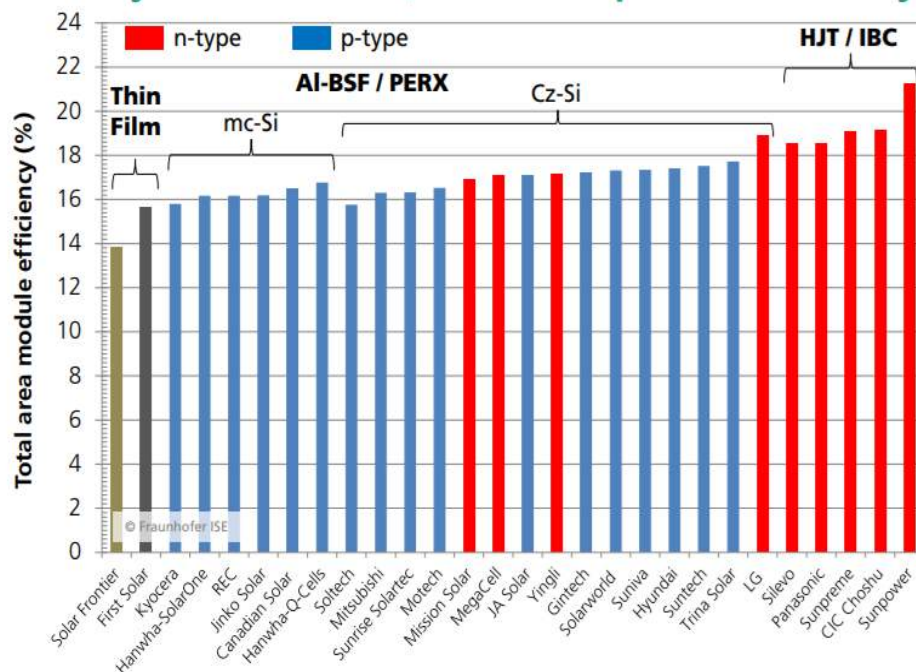
Eficiencia de la instalación fotovoltaica

La eficiencia del sistema fotovoltaico depende de la eficiencia de sus elementos particulares. Los elementos y dispositivos que constituyen el sistema fotovoltaico convierten la energía de radiación solar en energía eléctrica, generando pérdidas.

La eficiencia de los módulos fotovoltaicos vendidos hoy está dentro de los límites del 17-21% para las células silíceas. La eficiencia de los inversores fotovoltaicos está dentro de los límites del 96-98%.

Debido a la baja eficiencia de conversión de la energía de radiación solar en células fotovoltaicas, se deben hacer todos los esfuerzos posibles para que las pérdidas relacionadas con la transmisión de la energía eléctrica producida sean lo más pequeñas posible. Se trata principalmente de la selección adecuada de conexiones y del cuidadoso rendimiento de las conexiones en el sistema fotovoltaico. El cuidado de la calidad del rendimiento de las conexiones en la instalación fotovoltaica dará como resultado una reducción de las pérdidas de energía y, al mismo tiempo, aumentará la eficacia de la conversión de la energía de radiación solar.

Current Efficiencies of Selected Commercial PV Modules Sorted by Bulk Material, Cell Concept and Efficiency



Note: Exemplary overview without claim to completeness; Selection is primarily based on modules with highest efficiency of their class and proprietary cell concepts produced by vertically integrated PV cell and module manufacturers; Graph: Jochen Rentsch, Fraunhofer ISE. Source: Company product data sheets. Last update: Nov. 2015.

Fig. 3. Eficiencia de módulos de diferentes productores para diferentes tecnologías

Fuente: <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/Photovoltaics-Report.pdf> [acceso: 20 Junio 2018]

Determinación del rendimiento energético basado en valores medios de radiación solar

Teniendo a la disposición valores promedio de radiación solar para determinados meses en una ubicación determinada, puede haber un rendimiento energético determinado de una instalación determinada, asumiendo el ángulo de inclinación más favorable de los módulos fotovoltaicos y su azimut.

Impacto de un ángulo de inclinación de los módulos fotovoltaicos en el horizonte sobre la producción de energía eléctrica

En la condición, un ángulo de radiación solar que cae sobre una superficie del módulo instalado permanentemente se caracteriza con cambios diarios y anuales. Dependiendo de la hora del día, del año y del lugar del montaje de la instalación, un ángulo de rayos solares en la superficie del módulo puede cambiar dentro del alcance de 0 a 180 °. Los módulos fotovoltaicos obtienen la mayor eficiencia de conversión de la radiación solar en un ángulo de radiación solar igual a 90 ° contra la superficie del módulo. El mantenimiento de este ángulo en un ciclo diario y anual solo es posible gracias a la aplicación de sistemas de seguimiento en las posiciones del Sol. En instalaciones donde los módulos fotovoltaicos están montados de forma permanente: el stock está inmóvil, un ángulo de radiación solar está cambiando y, en consecuencia, la eficiencia de conversión de la energía de radiación solar disminuye.

Impacto de un ángulo acimutal de módulos fotovoltaicos en la producción de energía eléctrica

La provisión de la dirección sur, es decir, la dirección que es la más recomendada debido a la eficiencia de las células fotovoltaicas es generalmente imposible (especialmente para las

instalaciones de techos). Conociendo el ángulo acimutal como deflexión de la superficie del panel fotovoltaico desde la dirección sur, podemos definir su impacto en la producción de energía eléctrica.

Azimuth

	90 °	75 °	60 °	45 °	30 °	15 °	0 °	- 15 °	- 30 °	- 45 °	- 60 °	- 75 °	- 90 °
90 °	56%	60%	64%	67%	69%	71%	71%	71%	71%	69%	65%	62%	58%
80 °	63%	68%	72%	75%	77%	79%	80%	80%	79%	77%	74%	69%	65%
70 °	69%	74%	78%	82%	85%	86%	87%	87%	86%	84%	80%	76%	70%
60 °	74%	79%	84%	87%	90%	91%	93%	93%	92%	89%	86%	81%	76%
50 °	78%	84%	88%	92%	95%	96%	97%	97%	96%	93%	89%	85%	80%
40 °	82%	86%	90%	95%	97%	99%	100%	99%	98%	96%	92%	88%	84%
30 °	86%	89%	93%	96%	98%	99%	100%	100%	98%	96%	94%	90%	86%
20 °	87%	90%	93%	96%	97%	98%	98%	98%	97%	96%	94%	91%	88%
10 °	89%	91%	92%	94%	95%	95%	96%	95%	95%	94%	93%	91%	90%
0 °	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%

Slope

Fig. 4. Tabla de dependencias de rendimiento relativo sobre un ángulo de inclinación y un ángulo de acimut
Fuente: <http://www.twojaenergia.pl/poradnik> [acceso: 20 Junio 2018]

Incremento en la producción de energía eléctrica a través de la aplicación de sistemas de vía

Para mejorar la cantidad de energía eléctrica producida en los sistemas fotovoltaicos, se aplican sistemas de seguimiento. Este dispositivo permite aumentar la efectividad de la ganancia de energía incluso en un 30-40%. En su mayoría, estas son estructuras biaxiales que permiten rastrear el Sol en el horizonte durante el día, con la corrección simultánea de la ubicación según la estación del año, es decir, sobre la posición del Sol en el horizonte.

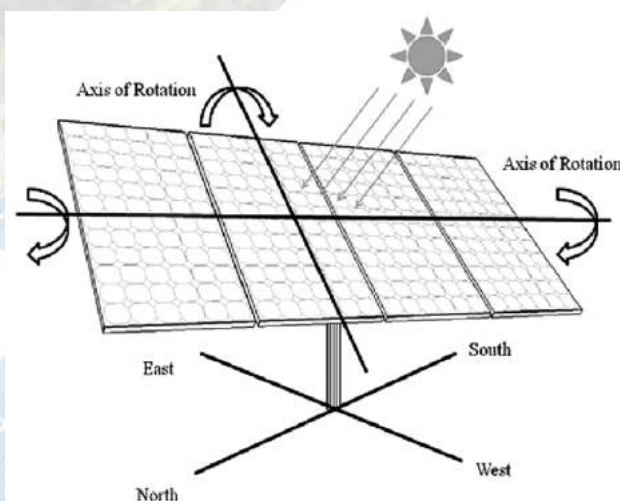


Fig. 5. Figura explicativa del sistema de vías

Fuente: <https://www.semanticscholar.org/paper/Design%2C-implementation-and-performance-analysis-of-Munna-Bhuyan/d143c1d713073ec0ada345f7b28ebdc7428b7c71/figure/0> [acceso: 20 Junio 2018]

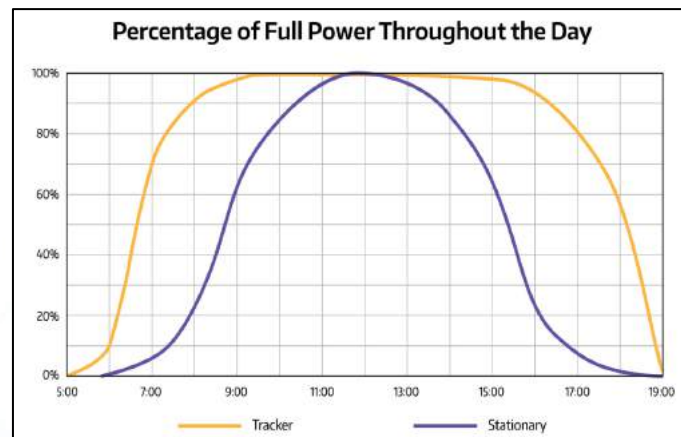


Fig. 6. Comparación de la producción de energía a partir de energía fotovoltaica para la instalación con y sin sistema de vía

Fuente: <https://solarips.com/2016/02/like-a-sunflower-solar-pv-panels-track-the-sun/> [acceso: 20 Junio 2018]

Determinación de un tipo de instalación fotovoltaica

Después de determinar los parámetros de energía básicos que podemos obtener en una ubicación determinada, podemos comenzar la determinación de un tipo de nuestra instalación. Si se trata de una instalación de techo o suelo. Si se trata de instalación en tierra, ya sea permanente o con un sistema de vía. Es crucial si una instalación determinada funcionará para nuestras necesidades, transfiriendo pequeñas cantidades de energía a la red o, en general, o quizás a la inversa, su tarea es maximizar la producción con respecto al retorno a la red. Cada una de estas opciones implica la necesidad de la aplicación de módulos específicos, inversores, que afectan el costo del sistema. Ahora se debe seleccionar un tipo de inversor: en la red, fuera de la red o con almacenamiento de energía. Además, el número de entradas MPPT independientes debe ser determinado.

Selección de un tipo de módulos fotovoltaicos: eficiencia, calidad de rendimiento, precio

Dependiendo del presupuesto, podemos seleccionar módulos de capa gruesa y delgada, silícicos o hechos de otros semiconductores, teniendo en cuenta nuestras necesidades.

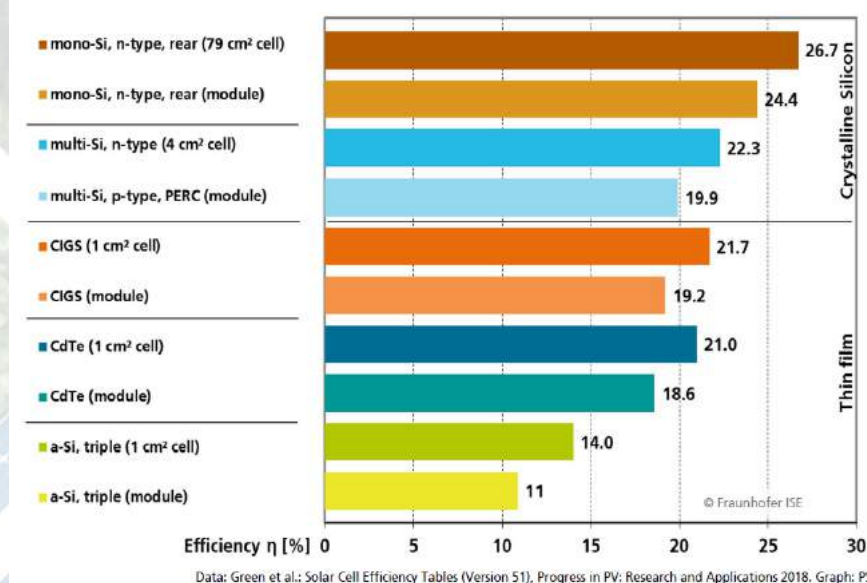


Fig. 7. Eficacia de diversos tipos de células fotovoltaicas

Fuente: <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/Photovoltaics-Report.pdf> [acceso: 20 Junio 2018]

Determinación de una serie de módulos fotovoltaicos

Si ya se toma una decisión sobre un tipo de módulos fotovoltaicos, se selecciona el producto producido y se encuentra disponible una tarjeta de catálogo que describe sus parámetros básicos (voltaje, corrientes, eficiencia, etc.), una serie de módulos necesarios para obtener la potencia supuesta del sistema pueden ser determinados. El número de módulos se determina dividiendo una potencia supuesta del generador fotovoltaico por la potencia de un único módulo fotovoltaico seleccionado. Para determinar una serie de módulos, también se puede aplicar un enfoque relacionado con el tamaño del área (techo, elevación, parcela de tierra) donde se planea la construcción del generador fotovoltaico.

Conexión de módulos fotovoltaicos en serie, teniendo en cuenta el coeficiente de tensión de temperatura

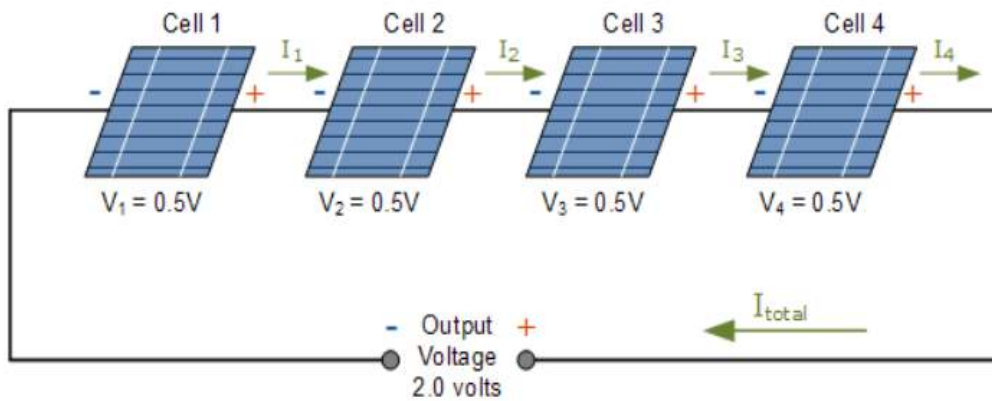


Fig. 8. Conexión de módulos fotovoltaicos en serie

Fuente: <http://www.alternative-energy-tutorials.com/solar-power/pv-panel.html> [acceso: 20 Junio 2018]

Al tener un inversor seleccionado con una o varias entradas MPPT, se ha establecido un número máximo o mínimo de módulos para las entradas particulares del inversor fotovoltaico, construyendo cadenas en serie con un voltaje que no exceda el voltaje de entrada aceptable especificado en la documentación del inversor fotovoltaico. Al estimar un número máximo de módulos en las cadenas fotovoltaicas, debe considerarse un impacto de los cambios de voltaje en la función de temperatura del módulo fotovoltaico.

$$L_{\text{mod_max}} < \frac{U_{\text{MPPT max}}}{U_{\text{OC}} \left(1 + (t_{\text{min}} - t_{\text{STC}}) \frac{\beta}{100\%} \right)} \quad (1)$$

Donde:

- $L_{\text{mod_max}}$ – Número máximo de módulos en la cadena de valor fotovoltaica,
- U_{MPPTmax} – Tensión máxima del sistema de entrada MPPT del inversor fotovoltaico,
- U_{OC} – Tensión de circuito abierto del módulo fotovoltaico,
- t_{min} – Temperatura mínima del módulo fotovoltaico asumida por el diseñador,
- t_{STC} – Temperatura del módulo fotovoltaico durante el ensayo en condiciones STC ($t_{\text{STC}}=25^{\circ}\text{C}$),
- β – coeficiente de cambio en la tensión del módulo fotovoltaico en la función de temperatura expresada en $[\%/^{\circ}\text{C}]$.

Durante la selección de varios módulos fotovoltaicos conectados en serie, se debe tener en cuenta que el voltaje producido en el módulo fotovoltaico fue mayor que el voltaje de inicio del inversor fotovoltaico. Para ello, se debe determinar un número mínimo de módulos fotovoltaicos.

$$L_{\text{mod_min}} > \frac{U_{MPPT \text{ min}}}{U_N \left(1 + (t_{\text{max}} - t_{STC}) \frac{\beta}{100\%} \right)} \quad (2)$$

Donde:

- $L_{\text{mod_min}}$ – Número mínimo de módulos en la cadena de valor fotovoltaica,
- $U_{MPPT \text{ min}}$ – Voltaje mínimo del sistema de entrada MPPT del inversor fotovoltaico,
- U_N – Tensión nominal del módulo fotovoltaico – Tensión en el punto de máxima potencia,
- t_{max} – Temperatura máxima del módulo fotovoltaico asumida por el diseñador,
- t_{STC} – Temperatura del módulo fotovoltaico durante el ensayo en condiciones STC ($t_{STC}=25^{\circ}\text{C}$),
- β – coeficiente de cambio en la tensión del módulo fotovoltaico en la función de temperatura expresada en $[\%/^{\circ}\text{C}]$.

Conexión paralela de módulos fotovoltaicos, teniendo en cuenta el coeficiente de temperatura actual

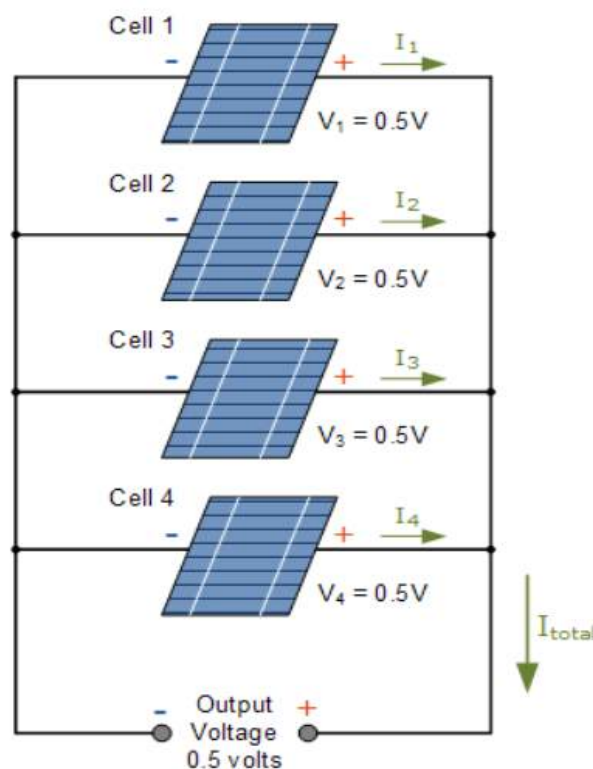


Fig. 9. Conexión paralela de módulos fotovoltaicos

Fuente: <http://www.alternative-energy-tutorials.com/solar-power/pv-panel.html> [acceso: 20 Junio 2018]

Si la instalación fotovoltaica es lo suficientemente grande como para que sea necesario conectar módulos en paralelo, deben calcularse las corrientes de salida totales generadas por cada cadena de valor fotovoltaica, considerando el cambio en la corriente generada por el módulo en la función de temperatura del módulo. El número máximo de cadenas

conectadas en paralelo se debe determinar teniendo en cuenta la corriente de entrada máxima del inversor fotovoltaico y los cambios en los valores de la corriente del módulo en la función de temperatura.

$$n \leq \frac{I_{DCmax}}{I_{SC} \left(1 + (t_{max} - t_{STC}) \frac{\alpha}{100\%} \right)} n \leq \frac{I_{DCmax}}{I_{SC} \left(1 + (t_{max} - t_{STC}) \frac{\alpha}{100\%} \right)} \quad (3)$$

Donde:

- n – Número máximo de cadenas fotovoltaicas conectadas en paralelo,
- I_{DCmax} – Corriente máxima de una sola entrada del inversor fotovoltaico,
- I_{SC} – Corriente de cortocircuito del módulo fotovoltaico,
- t_{max} – Temperatura máxima del módulo fotovoltaico asumida por el diseñador,
- t_{STC} – Temperatura del módulo fotovoltaico durante el ensayo en condiciones STC ($t_{STC}=25^{\circ}\text{C}$),
- α – coeficiente de cambio en la corriente del módulo fotovoltaico en la función de temperatura expresada en $[\%/^{\circ}\text{C}]$.

Determinación del valor máximo de corriente en el cable de la cadena de valor fotovoltaica

La corriente de una sola cadena de valor fotovoltaica es igual a al menos el valor de la corriente de un solo módulo fotovoltaico. Por lo tanto, el valor máximo de la cadena de valor fotovoltaica es igual al valor máximo de corriente del módulo fotovoltaico. Al determinar el valor máximo de la corriente de la cadena de valor fotovoltaica, se deben tener en cuenta los cambios en la corriente del módulo en la función de temperatura.

$$I_{str_max} = I_{SC} \left(1 + (t_{max} - t_{STC}) \frac{\alpha}{100\%} \right) I_{str_max} = I_{SC} \left(1 + (t_{max} - t_{STC}) \frac{\alpha}{100\%} \right) \quad (4)$$

Donde:

- I_{str_max} – Corriente máxima de la cadena de valor fotovoltaica,
- I_{SC} – Corriente de cortocircuito del módulo fotovoltaico,
- t_{max} – Temperatura máxima del módulo fotovoltaico asumida por el diseñador,
- t_{STC} – Temperatura del módulo fotovoltaico durante el ensayo en condiciones STC ($t_{STC}=25^{\circ}\text{C}$),
- α – coeficiente de cambio en la corriente del módulo fotovoltaico en la función de temperatura expresada en $[\%/^{\circ}\text{C}]$.

Determinación del valor máximo de corriente en el cable del colector fotovoltaico

Si al menos dos cadenas están conectadas en paralelo en el generador fotovoltaico, se creó el colector fotovoltaico. La corriente máxima que fluye en el cable del colector fotovoltaico constituirá la suma de las corrientes de las cadenas fotovoltaicas conectadas que crean el colector.

$$I_{k_max} = n \cdot I_{str_max} I_{k_max} = n \cdot I_{str_max} \quad (5)$$

Donde:

- I_{k_max} – Corriente máxima en el cable del colector fotovoltaico,
- n – número de cadenas fotovoltaicas conectadas,
- I_{str_max} – Corriente máxima de la cadena de valor fotovoltaica.

Determinación del valor máximo de corriente en el cable principal del generador fotovoltaico

Cuando el generador fotovoltaico está compuesto por varios colectores fotovoltaicos conectados en paralelo entre sí, la corriente máxima del generador fotovoltaico es igual a la suma de las corrientes máximas de los colectores conectados.

$$I_{G_max} = n_k \cdot I_{k_max} \quad I_{G_max} = n_k \cdot I_{k_max} \quad (6)$$

Donde:

- I_{G_max} – Corriente máxima en el cable del generador fotovoltaico,
- n_k – número de colectores fotovoltaicos conectados en paralelo,
- I_{k_max} – Corriente máxima en el cable del colector fotovoltaico,

Ampacidad de los cables fotovoltaicos

El parámetro clave que caracteriza al cable de CC de la instalación fotovoltaica es su máxima corriente continua que puede fluir en el circuito eléctrico construido con el uso de este cable. Como resulta del esquema del generador fotovoltaico, la corriente más pequeña fluye en la cadena de valor fotovoltaica, más grande en el colector y la más grande – en el generador fotovoltaico. Si bien conocemos los principios de los cálculos de sección transversal de cables (incluidos en las pautas de los fabricantes de cables de CC para sistemas fotovoltaicos), calculamos las caídas de voltaje para cables particulares de la instalación fotovoltaica. Debe asegurarse que la caída de voltaje en los cables de instalación fotovoltaica, tanto en el lado de CC como en el de CA, no exceda el 1%. Si las caídas de tensión calculadas superan el 1%, se deben aumentar las secciones de los cables.

$$\Delta U_{\%} = \frac{2 \cdot I \cdot l}{U \cdot \gamma \cdot s} \cdot 100\%$$

Donde:

- $\Delta U_{\%}$ – caída relativa de voltaje en la sección de cable analizada [%],
- I – corriente en la sección de cable analizada [A],
- l – Longitud de la sección de alambre analizada [m],
- s – sección transversal del cable [mm²],
- γ – Conductividad de un material a partir del cual se hacen los cables [S*m / mm²] (para cuprum = 58.6).

4.9. Sistema fotovoltaico – conexión a la red

Aspectos legales relativos a la conexión de la instalación fotovoltaica a la red eléctrica

Las instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red eléctrica (ON-GRID) permiten la venta de la energía producida. La integración del sistema fotovoltaico en la red solo es posible después de obtener y cumplir las condiciones de conexión, por lo que se debe solicitar a un operador competente del sistema de energía.

Solicitud de conexión a la red eléctrica

Según el país donde se lleve a cabo esta instalación, los propietarios de la instalación pueden utilizar el procedimiento simplificado (para microinstalaciones) o el procedimiento completo. En la solicitud de condiciones para la conexión de la instalación a la red eléctrica, el solicitante debe proporcionar datos detallados sobre un número y tipo de inversores y un

número y tipo de módulos fotovoltaicos planeados para su aplicación. Implica el rendimiento anterior de un diseño completo de la instalación fotovoltaica.

Dependiendo de la ley de energía aplicable en un país determinado, el diseño solo puede ser realizado por personas que tengan los poderes válidos necesarios para realizar este tipo de trabajos.

Determinación de los valores nominales de la instalación fotovoltaica: tensión nominal, potencia nominal

Dependiendo del tamaño de la instalación, las ventas de energía eléctrica pueden realizarse sin concesiones, para la instalación de energía más pequeña que la especificada por la ley de un país determinado.

Para la instalación de energía más grande, es necesario obtener una concesión para la venta de energía eléctrica de acuerdo con la legislación local en un Estado miembro determinado de la UE. En ambos casos, se requiere concluir un acuerdo con un proveedor para la venta de energía eléctrica. El proceso de obtención de la concesión, según el país, dura varios meses y es mejor saberlo al comienzo de la inversión, obteniendo un permiso relevante para comercializar energía eléctrica.

En un documento entregado al operador de la red de distribución, también se deben proporcionar los parámetros nominales de la instalación, por ejemplo. Clasificación de potencia, voltaje nominal (monofásico o trifásico) y producción anual esperada de energía eléctrica que una instalación determinada puede entregar a la red. Estos datos permitirán al distribuidor de energía eléctrica equilibrar correctamente la energía en un área de operación determinada.

Selección de las protecciones de instalación fotovoltaica en el lado de voltaje alternativo

Dado que el sistema en la red está conectado a la red eléctrica de un operador determinado, el diseño de la instalación fotovoltaica debe incluir las protecciones necesarias recomendadas por este operador.

En el marco de la selección de protecciones en el lado de CA, debe seleccionarse:

- protección contra sobrecorriente,
- protección contra sobretensiones,
- interruptor de corriente residual,

Protección contra sobrecorriente: generalmente definida por el fabricante en la documentación técnica del inversor. Depende de la CA máxima del inversor fotovoltaico. Si el inversor producido no define la calificación de I_{zab} actual de la protección, se debe adoptar el valor más cercano de un rango de protecciones, mayor que el CAAC máx. Máximo del inversor fotovoltaico, según la dependencia:

$$I_{zab} > I_{ACmax}$$

La protección contra sobrecargas se selecciona de acuerdo con el riesgo estimado de ocurrencia de rayos directos y de la estructura del inversor fotovoltaico según la tabla a continuación.

Tabla. 1. Selección de protecciones contra sobretensiones

Instalaciones fotovoltaicas de edificación (tejados, elevaciones).			
Protección contra rayos	Inversor equipado con transformador de aislamiento	Tipo de protección contra sobretensiones. Lado CC	Tipo de protección contra sobretensiones. Lado CA
Falta de protección contra rayos *	SI	TIPO 2	TIPO 2
	NO	TIPO 2	TIPO 2
La instalación de iluminación está presente, se mantienen las distancias desde los terminales verticales y horizontales.	SI	TIPO 2	TIPO 2
	NO	TIPO 2	TIPO 2
La instalación de iluminación está presente, no se mantienen las distancias desde los terminales verticales y horizontales	SI	TIPO 1+2	TIPO 1+2
	NO	TIPO 1+2	TIPO 1+2
Instalaciones fotovoltaicas de suelo			
Falta de instalación de iluminación	SI	TIPO 2	TIPO 2
	NO	TIPO 2	TIPO 2

* Si el productor de módulos fotovoltaicos recomienda su puesta a tierra, se debe realizar la puesta a tierra de los módulos fotovoltaicos y la instalación de rayos.

Las protecciones contra sobretensiones se establecen en cables de retorno no conectados a tierra. Si la distancia del generador fotovoltaico al inversor fotovoltaico es inferior a 10 m, las protecciones contra sobrecargas se ensamblan solo en el inversor fotovoltaico. Si la distancia del generador fotovoltaico al inversor fotovoltaico es superior a 10 m, las protecciones contra sobrecargas se deben montar en el inversor fotovoltaico y en el generador fotovoltaico.

La selección del interruptor automático de corriente residual depende de la estructura y las propiedades del inversor fotovoltaico. Al seleccionar el interruptor de corriente residual, se debe prestar atención a las recomendaciones del productor del inversor dentro del alcance de la corriente de fuga. La estructura del inversor es un elemento significativo.

Tab. 2. Selection of residual current circuit breaker

Inverter equipped with isolation transformer	Rated differential current of protection*	Type of residual current circuit breaker
YES	30 mA	AC
NO	30 mA	B

* If the producer recommends a different value of protection, one should adjust to recommendations of the photovoltaic inverter's producer

On-grid inverters

The inverter is one of two **most important elements of the photovoltaic installation**. Its task is to convert direct current produced by the DC current to alternate current synchronised with the electrical grid.

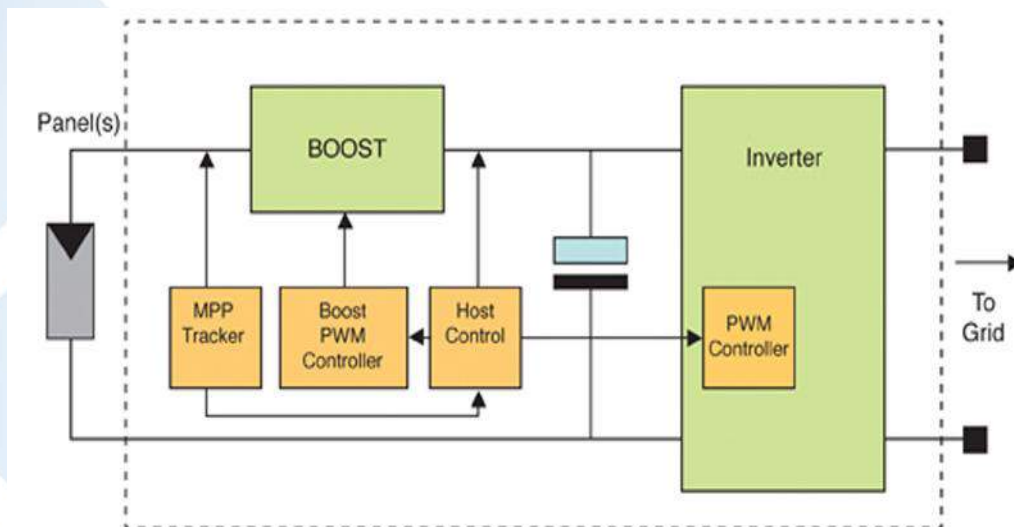


Fig. 1. Basic flow chart of the inverter

Source: <https://www.powersystemsdesign.com/articles/the-promise-of-solar-technology/28/6289> [access: 20 June 2018]

En el mercado, podemos ver toda la gama de inversores:

- con el transformador,
- sin el transformador,
- monofásico o trifásico,
- centro y cadena,
- tener una o más entradas MPPT independientes
- microinversores, denominados modulares.

Se necesita un inversor de baja potencia (monofásico o trifásico) o un grupo de microinversores para instalaciones domésticas pequeñas. Para instalaciones industriales, se deben aplicar inversores de mayor potencia, central o de cadena.

Un inversor solar debe caracterizarse con alta eficiencia y posibilidad de cooperación con tantos tipos de módulos fotovoltaicos como sea posible. La eficiencia del inversor es un parámetro muy importante, ya que permite obtener el máximo de energía de la instalación fotovoltaica con pérdidas mínimas. Los mejores inversores de baja potencia alcanzan una eficiencia del 97%, a su vez, los inversores con mayor potencia pueden alcanzar el 98% de la eficiencia. Si comparamos el inversor con respecto a la eficiencia, debería hacerse en relación con la eficiencia promedio ponderada para varias cargas del inversor. Esta eficiencia siempre debe estar en una tarjeta de catálogo bajo el nombre de eficiencia EURO.

$$\eta_{\text{EUR}} = 0.03 \eta_{5\% \text{ of load}} + 0.06 \eta_{10\%} + 0.13 \eta_{20\%} + 0.1 \eta_{30\%} + 0.48 \eta_{50\%} + 0.2 \eta_{100\%}$$

Como vemos en la fórmula anterior, la eficiencia europea considera el funcionamiento del inversor en todo el espectro de carga, que en la práctica hace un mejor mapeo de su funcionamiento en condiciones reales.

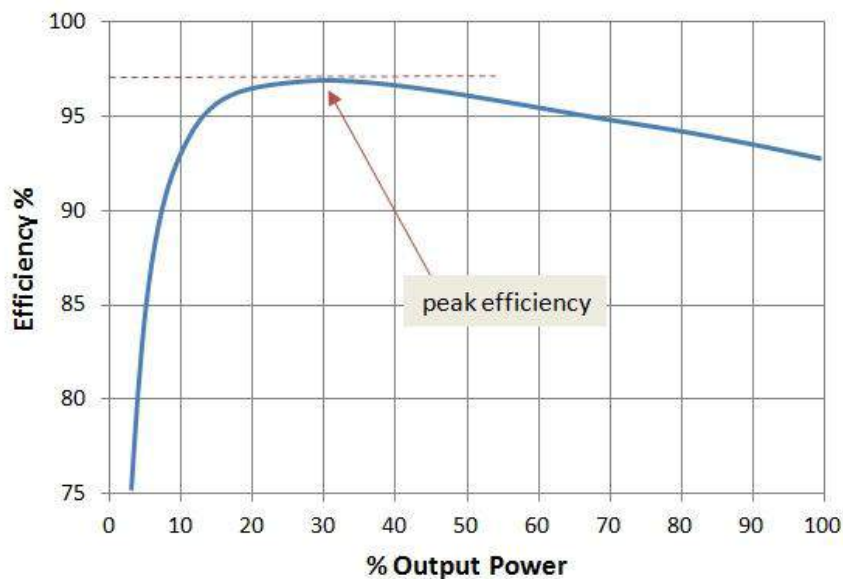


Fig. 2. Descripción de la eficiencia del inversor

Fuente: <https://www.e-education.psu.edu/eme812/node/738> [acceso: 20 Junio 2018]

Funciones de seguridad en inversores de red

Según la legislación de la UE, los inversores deben cumplir con la norma básica que describe la seguridad de los inversores en sistemas fotovoltaicos:

- IEC 62109-1: 2010, EN 62109-1: 2010, DIN EN 62109-1: 2011 Seguridad de los convertidores de potencia para uso en sistemas de energía fotovoltaica – Parte 1: Requisitos generales;
- IEC 62109-2: 2011, EN 62109-2: 2011, DIN EN 62109-2: 2012 Seguridad de los convertidores de potencia para uso en sistemas de energía fotovoltaica – Parte 2: Requisitos particulares para inversores.

De acuerdo con la ley aplicable, los convertidores que no cumplan con los estándares anteriores no pueden aplicarse en las instalaciones.

Los parámetros clave descritos en los documentos anteriores incluyen:

- tensión de trabajo de CA,
- tensión de trabajo de CC,
- puesta a tierra,
- puesta a tierra,
- sobre la protección actual,
- protección contra cortocircuitos,
- protección térmica,
- temperaturas de contacto,
- límites de temperatura para superficies de montaje,
- protección contra descargas eléctricas y peligros de energía,
- protección contra descargas eléctricas,
- conexión a circuitos PELV y SELV,
- tensión de trabajo pulsante,
- separación protectora,
- aislamiento que incluye distancias de separación y separación.

Datos nominales de inversores fotovoltaicos

Existe una serie de parámetros clave de inversores para sistemas fotovoltaicos.

Los parámetros más importantes de los inversores:

Parámetros de entrada:

- voltaje máximo de entrada (muy sensible al excedente).
- potencia de entrada máxima (lado CC),
- número de entradas / rastreadores,
- corriente máxima por una entrada / rastreador MPP,
- rango de voltaje MPPT.

Parámetros de salida:

- potencia de salida máxima (lado AC),
- sistema de fases (monofásico, trifásico),
- rango de sincronización de la tensión de salida,
- rango de frecuencias,
- eficiencia.

Otros parámetros de los inversores:

- Nivel de seguridad (IP54, IP65),
- tensión de salida de fase a fase,
- Wsp THD (contenido de armónicos),
- Dimensiones y peso,
- Rango de temperatura de funcionamiento,
- Protecciones adicionales de CA / CC (fusibles en las entradas, protección contra sobretensiones, monitoreo de aislamiento, control de polarización),
- Método de enfriamiento del sistema (gravedad, forzado),
- Método de conversión de DC a AC (con un transformador, sin un transformador),
- Sistemas de monitorización de parámetros eléctricos.

Selección de varios sistemas de seguimiento de potencia máxima en el inversor

De acuerdo con las ubicaciones del techo en la dirección sur, podemos usar el inversor con un sistema MPPT (para una instalación totalmente orientada hacia el sur) o con dos sistemas MPPT (para una instalación con módulos ubicados al oeste y al este).



Fig. 3. Instalación este-oeste

Fuente: <https://www.solarquotes.com.au/blog/an-eastwest-split-of-solar-panels-on-a-single-string-can-work-well/> [acceso: 20 Junio 2018]



Fig. 4. Instalación sur

Fuente: <https://www.quora.com/Why-do-solar-panels-face-south> [acceso: 20 Junio 2018]

Además, para soluciones con mayor potencia, donde se puede distinguir un mayor número de circuitos independientes con módulos de CC, será necesario aplicar inversores con circuitos de 3 y 4 MPPT.

La eficiencia del inversor también depende directamente de un algoritmo de búsqueda de un punto de máxima potencia. De acuerdo con la siguiente figura, según la irradiancia, los cambios en los puntos de operación y el inversor deben mantenerse al día con estos cambios gracias al algoritmo implementado.

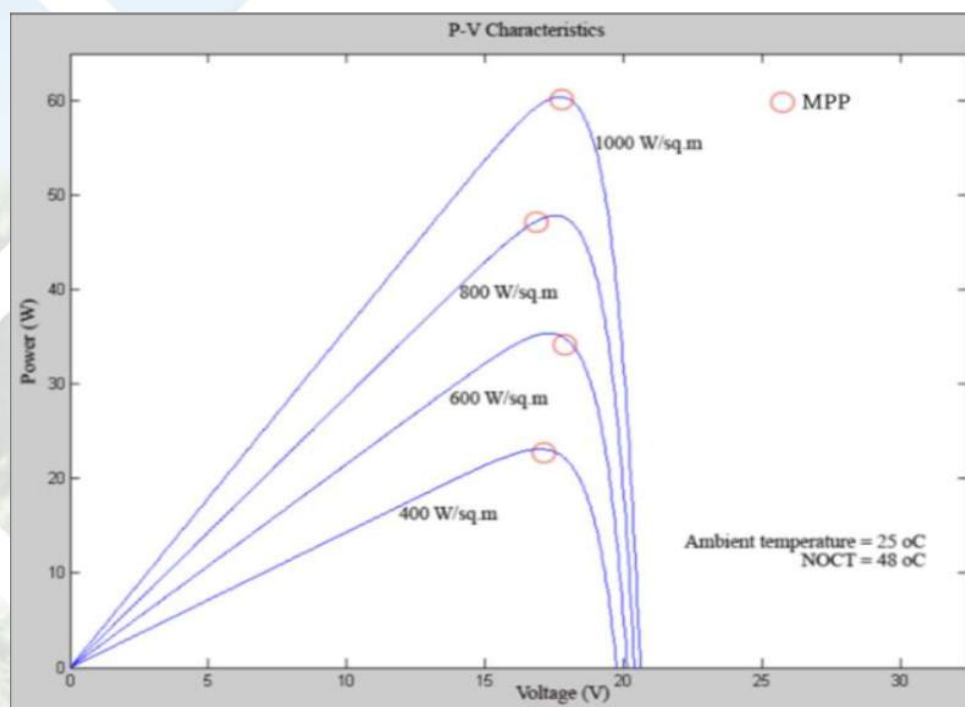


Fig. 5. Variabilidad del punto de operación de los inversores con el sistema MPPT

Fuente: <https://www.semanticscholar.org/paper/Maximum-power-point-tracking-controller-using-P-and-Singh-Sarkar/89cc1255f020c31698fc6c90bc6d0872b523b39b/figure/1> [acceso: 20 Junio 2018]

Selección de las protecciones de instalación fotovoltaica en el lado de tensión directa

La protección del circuito de corriente continua en la instalación fotovoltaica consiste en la selección de:

- protección contra sobretensiones (según tabla 1),
- protección contra sobrecorriente.

El generador fotovoltaico seleccionado correctamente no requiere la aplicación de protecciones de sobrecorriente en las entradas del inversor fotovoltaico, porque el inversor fotovoltaico no producirá más corriente que la corriente máxima de cortocircuito del generador. Las protecciones de sobrecorriente se aplican cuando ocurren conexiones paralelas de cadenas fotovoltaicas en el generador. Si se conectan tres o más cadenas fotovoltaicas, en cada cadena de valor fotovoltaica conectada se instala la protección contra sobrecorriente que evita el flujo de corriente inversa con un valor que excede $2 \times I_{PVmax}$. La descripción de la protección contra sobrecorriente debe corresponder con la descripción de las protecciones aplicadas en instalaciones fotovoltaicas, generalmente descritas con los símbolos "gPV". La corriente de protección I_{zabDC} se selecciona según la corriente de cortocircuito ISC del módulo fotovoltaico de una gama de protecciones después de cumplir con la siguiente dependencia:

$$1,4I_{SC} \leq I_{zabDC} \leq 2I_{SC}$$

Se recomienda que el valor de la corriente de protección I_{zabDC} seleccionada del rango sea lo más cercano posible al límite inferior del rango determinado. Al seleccionar un enlace de fusible, debe tenerse en cuenta que la tensión de funcionamiento del fusible es al menos un 20% más alta que la tensión máxima U_{DCmax} de la cadena de valor fotovoltaica protegida.

4.10. Normas y especificaciones técnicas relacionadas con un grupo temático

División de productores de energía fotovoltaica en relación al tamaño de la instalación

Microinstalación – Instalación de una fuente de energía renovable de potencia eléctrica total instalada que no exceda de 50 kW, conectada a la red eléctrica de voltaje nominal inferior a 110 kV o con potencia térmica alcanzable en cogeneración que no exceda de 120 kW.

Microinstalaciones – conexión a la red

- En Polonia, las disposiciones de la Ley de Energía se aplican a la conexión de la instalación RES.
- La falta de una tarifa por la conexión de una microinstalación a la red constituye la base para rechazar una decisión.
- La conexión de la microinstalación a la red se realiza en función de la aplicación, cuando una entidad que solicita la conexión de microinstalación está conectada a la red como consumidor final, y la potencia instalada de la microinstalación no es mayor que la especificada en las condiciones de conexión emitidas. Una solicitud se presenta después de la instalación de los sistemas de protección adecuados y de un sistema de medición y liquidación (a cargo de la empresa).
- No hay obligación de obtener las condiciones de conexión y la conclusión de un acuerdo de conexión.

Small installation – installation of a renewable energy source of total installed electrical power larger than 50 kW and not exceeding 500 kW, connected to the electrical grid of rated voltage lower than 110 kV or with attainable thermal power in cogeneration larger than 120 kW and not exceeding 600 kW.

Instalaciones pequeñas – conexión a la red – conclusión

- Solicitud de un operador de red local para la emisión de condiciones de conexión.
- Para la aplicación, un extracto y un extracto del mapa del plan de desarrollo espacial local que permita la ubicación de la fuente, y en caso de que no exista tal plan, la decisión sobre el desarrollo de la tierra y las condiciones de gestión.
- Plan de desarrollo o diseño que especifique la ubicación de una instalación conectada.
- El documento que confirma el título legal para utilizar la instalación donde se aplicarán las instalaciones conectadas.

Derechos y obligaciones del productor de energía fotovoltaica según el tamaño de la instalación

Obligaciones de información de un productor en la microinstalación al operador del sistema de distribución (OSD):

- Información sobre la cantidad de energía eléctrica producida en la microinstalación y la energía eléctrica vendida al vendedor obligado, que se produjo a partir de fuentes de energía renovables en la microinstalación y se introdujo en la red al operador de un sistema de distribución eléctrica, dentro de los siete días a partir del fecha de finalización del trimestre.
- Información sobre cambios en la actividad (tipo y potencia de la microinstalación, suspensión o finalización de la producción) dentro de los 14 días a partir de la fecha de cambio en estos datos.
- Información sobre la fecha de la primera producción de energía eléctrica de la microinstalación (producción e introducción a la red) o sobre la fecha de finalización de la modernización de esta instalación, dentro de los 7 días a partir de esta fecha.

Legal regulations for energy enterprises and electrical energy consumers,

Obligaciones de información de OSD al Presidente de la Autoridad Reguladora de Energía – información

OSD proporciona información sobre:

- productores de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables en la microinstalación,
 - ubicación, tipo y potencia eléctrica instalada de micro instalaciones conectadas a su red.
- en un plazo de 14 días a partir de la fecha de su conexión o notificación de la conexión de la microinstalación a su red,

y en:

- tipo de microinstalación modificado y su potencia eléctrica instalada,
- desconexión de la microinstalación de su red.

dentro de los 14 días a partir de la fecha de obtención de la información sobre los datos o desde la fecha de la microinstalación de la desconexión de esta red.

Obligaciones de información de OSD al Presidente de la Autoridad Reguladora de Energía – estados de cuenta trimestrales

Dentro de los 45 días a partir de la fecha de finalización del trimestre, OSD proporciona al Presidente de la Autoridad Reguladora de Energía una declaración trimestral que incluye:

- información relativa a la cantidad de energía eléctrica producida a partir de la microinstalación por productores particulares y la cantidad total de energía eléctrica

vendida al vendedor obligado producido en la microinstalación e introducida en la red de distribución,

- lista de productores de energía eléctrica en la microinstalación, con indicación de una fecha de producción por productores particulares por primera vez de energía eléctrica de fuentes de energía renovables en la microinstalación,
- indicación de un tipo de microinstalación y su potencia eléctrica instalada.

Sanción por incumplimiento de obligaciones de información por OSD

- El Presidente de la Autoridad Reguladora de la Energía impone una sanción financiera por:
- Falta de presentación de información a tiempo – 1.000 PLN,
- Falta de presentación de declaración a tiempo – PLN 10.000.

Uno puede solicitar una revisión de una decisión sobre la sanción a SOKiK.

Conexión a la red – obligación de conexión

- Las empresas de energía que son operadores de red están obligadas a conectar una fuente de energía renovable a su red, si existen condiciones económicas o técnicas para la conexión.
- Si no hay condiciones técnicas para la conexión a la red, el operador debe determinar una fecha planificada y las condiciones para la modernización y el desarrollo de la red y la fecha de conexión.
- El operador informa también sobre la cantidad de potencia de conexión disponible, cuando es más pequeña que la solicitada por una entidad que solicita la conexión.
- Las condiciones de conexión son válidas por dos años a partir de la fecha de su entrega; Constituyen una obligación condicional para conectarse a la red.

Otras obligaciones adicionales de OSD resultantes de la Ley RES

- Recogida y liquidación de la tasa RES.
- Provisión del Presidente de la Autoridad Reguladora de la Energía con solicitudes para la emisión de una garantía de origen.

Certificados de origen y otros sistemas de apoyo para productores de energía RES

El sector de los prosumidores está apoyado por un mecanismo de descuentos. Los DOS están obligados a tomar la energía de las microinstalaciones. Para una alimentación de 1 kWh a la red, los consumidores pueden recibir 0,8 kWh en el caso de sistemas de menos de 10 kW y 0,7 kWh para sistemas de 10 a 50 kW. Este mecanismo de apoyo parece tener un potencial de desarrollo relativamente bajo. Los subsidios importantes provienen de programas europeos y nacionales que apoyan el desarrollo de RES. Se estima que cada año se producirán varios miles de microinstalaciones fotovoltaicas.

Subastas – Principios generales

- Los nuevos proyectos pueden participar en el sistema de apoyo solo a través del mecanismo de subasta.

- Por ejemplo, Las instalaciones que utilizan biomasa con una potencia superior a 50 MW están excluidas del sistema de subastas.
- Para el 30 de noviembre, el Consejo de Ministros especifica mediante ordenanza el monto y el valor máximo de la energía que se puede comprar en el próximo año (25% para instalaciones por debajo de 1 MW).
- Las subastas (al menos una vez al año) son organizadas y dirigidas por el Presidente de la Autoridad Reguladora de Energía (por separado para las fuentes de y más de 1 MW).
- Un productor que ofrece la energía más barata se convierte en un ganador de la subasta.
- El precio de la energía se indica en base al precio de referencia especificado por el Ministro de Economía al menos 60 días antes de la subasta de acuerdo con los principios determinados en el proyecto de Ley de RES.
- Una entidad que quiera participar en la subasta está sujeta al procedimiento de evaluación formal: la obligación de entregar documentos y establecer una garantía bancaria o hacer un depósito.
- El Presidente de la Autoridad Reguladora de Energía emite un certificado de admisión a la subasta o se niega a emitirlo dentro de los 30 días posteriores a la presentación de la solicitud.
- Se puede presentar una queja por la negativa a emitir el certificado.
- El certificado es válido por 12 meses.
- La conclusión de un contrato con el vendedor obligado ocurre dentro de los seis meses posteriores al cierre de la subasta.
- La energía se compra a un precio establecido en la subasta, sujeto a la indexación con la tasa de inflación.
- Una obligación de compra se refiere únicamente a la energía en la cantidad especificada en la oferta del productor.
- La liquidación de la obligación de producción de energía por el monto provisto en la oferta ocurre en períodos de tres años (bajo amenaza de penalización financiera).
- El vendedor obligado y el productor tienen el derecho de cubrir el llamado saldo negativo.

La Ley de Fuentes de Energía Renovable se modificó el 7 de junio de 2018. El objetivo principal de la nueva ley RES es mejorar las reglas del sistema de subastas, lo que permitirá desbloquear la próxima subasta y el lanzamiento de nuevas inversiones en RES. En la Ley enmendada hay una nueva regla para la acumulación de apoyo público. Una de las condiciones es el requisito de que el soporte operativo debe reducirse por cualquier soporte de inversión recibido previamente. Esta condición se denomina regla de acumulación, cuyo objetivo es garantizar que la asistencia (u otro tipo de apoyo) para un solo proyecto, otorgada por diversas fuentes, fuera de una naturaleza proporcional. Debe limitarse al mínimo necesario para llevar a cabo esta tarea, siempre que el Ministerio de Energía. Las subastas se dividirán en varias cestas, correspondientes a la división realizada con el propósito de establecer precios de referencia. La fotovoltaica está en canasta con energía eólica terrestre. El Ministerio de Energía predice el soporte para plantas de energía fotovoltaica con una capacidad de hasta 750 MW (precio de referencia de 420 PLN / MWh) y parques eólicos más pequeños de hasta 120 MW (precio de referencia de 320 PLN / MWh).

Derechos y obligaciones del Instalador de RES certificado en Polonia

Directiva RES

Al determinar las direcciones de operación dentro de este ámbito, la Directiva RES (2009/28 / EC) impone a los Estados miembros la creación de sistemas de certificación mutuamente reconocidos. De acuerdo con la directiva 2009/28 / EC relativa a la promoción de la aplicación de fuentes de energía renovables (RES), está prevista la implementación de sistemas de certificación o sistemas iguales de calificación de pequeños instaladores de sistemas RES (calderas y hornos de biomasa a pequeña escala , Sistemas fotovoltaicos, sistemas solares térmicos, sistemas geotérmicos someros y bombas de calor). Estos sistemas de certificación deben completarse a finales de 2012; Cada estado miembro reconoce los certificados otorgados en otros estados miembros de acuerdo con los criterios especificados en la Directiva.

Una persona que instale microinstalaciones, instalaciones pequeñas o la instalación de una fuente de energía renovable con energía térmica total instalada que no exceda los 600 kW (proyecto de ley RES) puede solicitar al Presidente de la Autoridad Reguladora de Energía la emisión del certificado del instalador.

Sin embargo, el certificado no es obligatorio y las empresas de energía que subordinan la conexión de la instalación al hecho de tener un certificado operan sin la base legal, infringiendo la regulación del Artículo 56, artículo 1, artículo 4 de la Ley de Energía (información del Presidente del Autoridad Reguladora de Energía nº 40/2013).

El certificado se emite por 5 años y su validez puede expirar por los próximos 5 años.

Condiciones para la obtención y renovación del certificado

Las condiciones y el modo de emisión de los certificados a los instaladores de microinstalaciones y pequeñas instalaciones se especifican en la Ley de 10 de abril de 1997 – Ley de Energía.

Condiciones para la obtención del certificado de un instalador de microinstalaciones o pequeñas instalaciones:

1. plena capacidad legal y uso de todos los derechos públicos;
2. no hay condena por sentencia definitiva por delito deliberado contra credibilidad de documentos y negocios comerciales;
3. posesión de uno de los siguientes documentos:
 - diploma que confirme las calificaciones profesionales emitidas de conformidad con las disposiciones de la Ley de 7 de septiembre de 1991 sobre el sistema educativo u otro documento equivalente que confirme las calificaciones para instalar dispositivos o instalaciones sanitarias, eléctricas, de calefacción, de refrigeración o eléctricas;
 - documentación de una experiencia profesional de tres años en el ámbito de la instalación o modernización de dispositivos o instalaciones sanitarias, eléctricas, de calefacción, de refrigeración o eléctricas;
 - certificado de finalización de al menos un curso de posgrado de 2 períodos o equivalente, cuyo currículo se refirió a las cuestiones incluidas en el alcance del programa de capacitación especificado en las disposiciones emitidas de conformidad con el Artículo 20v, punto 2;
 - certificado de finalización de la capacitación en un productor de un tipo dado de fuente de energía renovable, que en una parte teórica y práctica incluyó los temas

- dentro del alcance del diseño, instalación, modernización o mantenimiento en una condición técnica debida de la fuente de energía renovable.;
4. finalización de la capacitación básica para las personas que solicitan la emisión del certificado de un instalador de microinstalación o instalación pequeña, confirmado con un certificado, realizado por un organizador de capacitación acreditado a que se hace referencia en el Artículo 20q, sección 1 o en el Artículo 20 w, dentro de el alcance de la instalación de un tipo dado de fuente de energía renovable;
 5. aprobar un examen establecido por una comisión de examen, según corresponda para un tipo dado de fuente de energía renovable, a más tardar dentro de los 12 meses posteriores a la fecha de finalización de la capacitación básica..
- o
6. plena capacidad jurídica y uso de todos los derechos públicos;
 7. no hay condena por sentencia definitiva por delito deliberado contra credibilidad de documentos y negocios comerciales;
 8. posesión de uno de los siguientes documentos:
 - diploma que confirma calificaciones en la profesión de técnico de dispositivos y sistemas de energías renovables.
 - diploma que confirma calificaciones profesionales dentro del alcance de los dispositivos y sistemas de energía renovable emitidos de conformidad con las disposiciones de la Ley del Sistema Educativo.
 - diploma de graduación de estudios de maestría en el campo o en la especialización de fuentes de energía renovables, o dispositivos e instalaciones sanitarias, eléctricas, de calefacción, de aire acondicionado o eléctricos, emitido de conformidad con las disposiciones de la Ley de 27 de julio de 2005 sobre Sistema educacional.

AMPLIACIÓN DEL CERTIFICADO

Para extender el certificado, una solicitud debe presentarse a más tardar 30 días antes de la fecha de finalización de la validez de un certificado emitido previamente. Debe contener los mismos datos que una aplicación original, así como una declaración de que el instalador cumple con las condiciones del certificado.

Pérdida del certificado – motivos del retiro del certificado

1. Limitación o pérdida de la capacidad legal del instalador.
2. Privación del instalador de sus derechos públicos por sentencia firme.
3. Condena del instalador por sentencia final por delito deliberado contra credibilidad de documentos y transacciones comerciales.
4. Cuando el instalador usa el certificado en contra de su alcance o hay evidencia probada de que una microinstalación o instalación pequeña se ensambla en contra de las regulaciones vigentes.

El instalador cuyo certificado ha sido retirado puede solicitar la renovación del certificado después de un año a partir de la fecha de retiro del certificado.

4.11. Factores que afectan la productividad laboral

El sistema fotovoltaico constituye una serie de elementos en los que se producen transformaciones energéticas. En las células fotovoltaicas, se produce una conversión de energía de fotones en energía eléctrica, en reguladores de voltaje, energía eléctrica de voltaje y corriente continua de diferentes parámetros, mientras que en el inversor se produce una transformación de energía eléctrica de corriente continua y voltaje a corriente alterna y voltaje, mientras que En las baterías, la energía eléctrica se convierte en energía química y viceversa.

Cada convertidor de energía eléctrica se caracteriza con cierta eficiencia, menos de uno. La eficiencia general de todo el sistema fotovoltaico es un producto de las eficiencias de elementos de sistemas particulares. Para obtener la mayor eficiencia energética posible del sistema fotovoltaico, los componentes del sistema deben seleccionarse correctamente para que funcionen principalmente en un rango de las eficiencias más altas.

Un análisis de los cambios en la eficiencia de elementos particulares del sistema en la función de carga y la presentación de criterios para la selección de los componentes del sistema permitirá obtener configuraciones energéticamente eficientes de los sistemas fotovoltaicos.

Eficiencia de los módulos fotovoltaicos

Dependiendo del tipo de módulos fotovoltaicos aplicados, su eficiencia será diferente. Además, el impacto de la temperatura en la operación de la celda será diferente para cada tipo de módulo, lo que también puede afectar su eficiencia en condiciones operativas específicas. Por lo tanto, al planificar el sistema fotovoltaico, también se debe considerar la selección adecuada de un tipo de módulo para condiciones de operación específicas.

En la mayoría de los casos, las instalaciones fotovoltaicas están hechas de módulos realizados en tecnologías silíceas (mono y policristalinas). Su eficiencia fluctúa entre el 17 y el 21%.

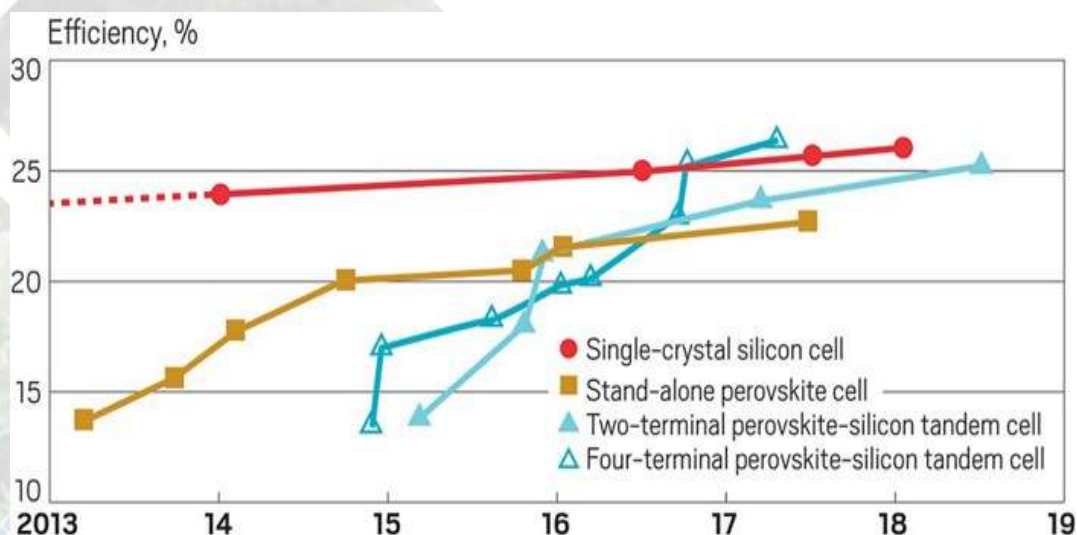


Fig. 1. Eficiencia de los módulos fotovoltaicos para diferentes tecnologías

Fuente: <https://cen.acs.org/energy/solar-power/Perovskite-progress-pushes-tandem-solar/96/i24> [acceso: 20 Junio 2018]

Eficiencia de los inversores fotovoltaicos

La máxima eficiencia de los inversores fotovoltaicos es alta y alcanza valores del 96 al 98,5%. Sin embargo, debido a las fluctuaciones de los voltajes de entrada de CC, la operación con máxima eficiencia ocurre raramente. Por lo tanto, para garantizar el funcionamiento con la mayor eficiencia posible, debe realizarse con cuidado el proceso de ajuste de voltaje de CC entre el módulo fotovoltaico y la entrada MPPT del inversor.

El rango de trabajo del inversor es entre U_{start} y U_{max} , mientras que su eficiencia en función del valor de voltaje de entrada es variable.

Cuando el voltaje en el lado de CC alcanza el valor V_{start} , el inversor se enciende y comienza a buscar el punto de máxima potencia. Si este punto está entre V_{min} y V_{start} , el inversor se enciende y comienza a funcionar. Funciona con energía incompleta a menos que el voltaje exceda el valor mínimo del alcance MPPT. El inversor tiene la mayor eficiencia en tensión.

$V_{nom.}$

Por lo tanto, la configuración de las cadenas de paneles fotovoltaicos debe proporcionar una tensión cercana a V_{nom} del inversor.

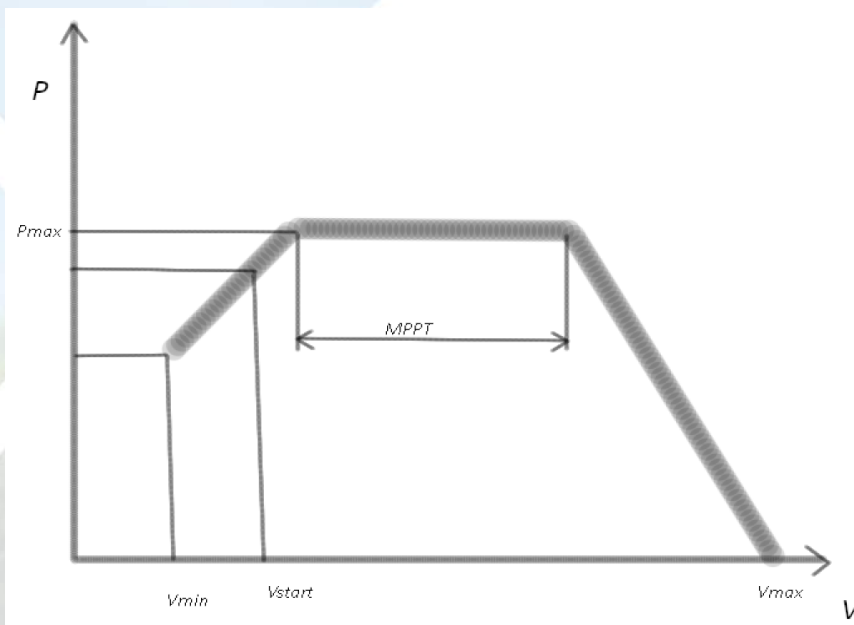


Fig. 2. Potencia disponible desde el inversor en función de la tensión de entrada

Ajuste de módulos al inversor

Cada inversor tiene dos potencias utilizables en su ficha de datos de seguridad:

- potencia nominal de corriente continua CC,
- potencia nominal de corriente alterna CA.

La potencia nominal de la corriente alterna CA para el inversor es la potencia que puede suministrar continuamente a una temperatura ambiente de $25^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$.

Potencia nominal de corriente continua DC para el inversor ($P_{INV DC}$) es de aprox. 5% más alto que su potencia nominal AC.

En la selección del inversor, el rango de potencia se puede especificar de la siguiente manera:

$$0.8 P_{PV} < P_{INV DC} < 1.2 P_{PV}$$

Donde: P_{PV} – potencia de un conjunto de módulos fotovoltaicos. [Wp].

La dependencia entre la potencia de los módulos fotovoltaicos instalados y la potencia máxima del inversor se expresa con el coeficiente de dimensionamiento del inversor C_{INV} y se puede calcular utilizando la siguiente fórmula:

$$C_{INV} = \frac{P_{PV}}{P_{INV AC}}$$

Donde:

P_{PV} – potencia de los módulos fotovoltaicos instalados,
 $P_{INV AC}$: potencia nominal de CA del inversor.

Valor típico C_{INV} está dentro del rango de $0.83 < C_{INV} < 1.25$, pero desde un punto de vista económico es mejor si $C_{INV} > 1$.

Selección apropiada de longitud y secciones de cables de CC y CA

El propósito principal para la selección de una sección transversal apropiada de cables es obtener las menores pérdidas de transmisión / caídas de voltaje que sea posible.

Se recomienda que la caída de tensión en el circuito de corriente continua DC sea inferior al 1% de la tensión nominal del sistema fotovoltaico en STC, para limitar las pérdidas de energía en todos los cables de CC al nivel inferior al 1% en STC. Las pérdidas a este nivel se pueden mantener mediante el uso de secciones transversales estándar de cables para sistemas fotovoltaicos con inversores que funcionan con voltajes de CC de entrada más altos ($V_{MPP} > 120V$). (DGS, 2008)

Para seleccionar la sección transversal apropiada de los cables con un mantenimiento de caída de voltaje inferior al 1% (en STC), se aplicará la siguiente ecuación para calcular la superficie de la sección transversal del cable:

$$A_M = \frac{2 \cdot L_M \cdot I_{SC}}{1\% \cdot V_{MPP} \cdot \kappa}$$

Donde:

L_M : Longitud de los cables del módulo / cadena [m],
 I_{SC} : cadena de corriente [A],
 V_{MPP} : voltaje de la cadena [V],
 κ : conductividad [$m/\Omega \text{ mm}^2$], para cuprum $\kappa_{Cu} = 56$, para aluminio $\kappa_{Al} = 34$].

El valor obtenido se debe redondear a la sección transversal del cable estándar más cercana.

La siguiente ecuación define las pérdidas totales de potencia (W) en el cableado del módulo / cadena para la sección transversal del cable seleccionado:

$$P_M = \frac{2 \cdot n \cdot L_M \cdot I_{SC}^2}{A_M \cdot \kappa}$$

Donde:

n: número de cadenas de módulos fotovoltaicos.

Cuando se aplican varias longitudes de cables para cadenas, se debe aplicar la siguiente ecuación:

$$P_M = \frac{2 \cdot I_{SC}^2}{\kappa} \cdot \left(\frac{L_1}{A_1} + \frac{L_2}{A_2} + \frac{L_3}{A_3} + \dots \right)$$

El cable de CC principal y los cables de riel de CC para los subconjuntos de módulos fotovoltaicos deben poder transmitir la corriente máxima que estos módulos pueden producir. Para el cable de CC principal, se debe adoptar la corriente máxima con un valor 1.25 veces mayor que la corriente máxima de cortocircuito de todo el conjunto de módulos fotovoltaicos para las condiciones de STC.

$$I_{\max} = 1.25 I_{SC \text{ PV}}$$

La sección del cable debe seleccionarse de acuerdo con la corriente máxima permitida del cable. De nuevo, se supone una disminución del 1% en referencia a la potencia nominal de un conjunto de módulos fotovoltaicos.

La sección transversal del cable de CC se define por la dependencia:

$$A_{DCcables} = \frac{2 \cdot L_{DCcables} \cdot I_n^2}{(v \cdot P_{PV} - P_M) \cdot \kappa}$$

Donde:

$L_{DC \text{ Cable}}$: Longitud de los cables del módulo / cadena [m],

I_n : Corriente nominal del módulo fotovoltaico [A],

P_{PV} : Potencia nominal del módulo fotovoltaico [W_p],

P_M : Pérdida de potencia en la línea de la corriente continua. [W],

K : conductividad,

v : coeficiente de pérdidas $v = 1\%$ o $v = 2\%$ para una solución de bajo voltaje.

El valor obtenido se debe redondear a la sección transversal del cable estándar más cercana. La siguiente ecuación define las pérdidas totales de potencia (W) en el cableado del módulo / cadena para la sección transversal del cable seleccionado:

$$P_M = \frac{2 \cdot L_{DCcables} \cdot I_n^2}{A_{DCcables} \cdot \kappa}$$

El cálculo de la sección transversal del cable para la conexión de CA de corriente alterna se realiza suponiendo una caída de tensión del 3% en referencia a la tensión de red nominal. Sección transversal del cable $A_{AC \text{ cable}}$ se calcula con el uso de la fórmula:

$$A_{ACcables} = \frac{2 \cdot L_{ACcables} \cdot I_{nAC} \cdot \cos \varphi}{3\% \cdot V_n \cdot \kappa}$$

Para solución monofásica:

$L_{AC \text{ cable}}$: longitud del cable de conexión de CA [m],

I_{nAC} : tensión nominal de la corriente alterna inversor CA [A],

$\cos \varphi$: coeficiente de potencia (entre 0.8 y 1.0),

V_n : Tensión nominal de red, monofásica: 230 V.

In case of three-phase connection:

$$A_{ACcable} = \frac{\sqrt{2} \cdot L_{ACcable} \cdot I_{nAC} \cdot \cos \varphi}{3\% \cdot V_n \cdot \kappa}$$

V_n : nominal network voltage, three-phase: 400 V.

Pérdida en el cable $P_{ACcable}$ para la sección transversal del cable seleccionado se define con el uso de la fórmula:

por una fase:

$$P_{ACcable} = \frac{2 \cdot L_{ACcable} \cdot I_{nAC}^2 \cdot \cos \varphi}{A_{ACcable} \cdot \kappa}$$

por tres fases:

$$P_{ACcable} = \frac{3 \cdot L_{ACcable} \cdot I_{nAC}^2}{A_{ACcable} \cdot \kappa}$$

Selección de un ángulo de inclinación de los módulos fotovoltaicos

Los beneficios de los sistemas fotovoltaicos dependen en gran medida de la orientación y la inclinación de los módulos. Están relacionados con la orientación e inclinación de tejados y fachadas:

- Orientación óptima = sur;
- Inclinación óptima = latitud (°) – 10 ° (más de 30 ° en Europa).

Los módulos montados en fachadas son un 30% más eficientes que los de techo.

La siguiente tabla presenta los coeficientes para calcular las pérdidas en el rendimiento de los sistemas fotovoltaicos en función de la orientación y la inclinación de los módulos.

		WEST					SOUTH					EAST				
ROOF ANGLE		90°	75°	60°	45°	30°	15°	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°		
	90°	56	60	64	67	69	71	71	71	71	69	65	62	58		
	80°	63	68	72	75	77	79	80	80	79	77	74	69	65		
	70°	69	74	78	82	85	86	87	87	86	84	80	76	70		
	60°	74	79	84	87	90	91	93	93	92	89	86	81	76		
	50°	78	84	88	92	95	96	97	97	96	93	89	85	80		
	40°	82	86	90	95	97	99	100	99	98	96	92	88	84		
	30°	86	89	93	96	98	99	100	100	98	96	94	90	86		
	20°	87	90	93	96	97	98	98	98	97	96	94	91	88		
	10°	89	91	92	94	95	95	96	95	95	94	93	91	90		
0°	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90			

Fig. 3. Eficiencia de instalación en función de la orientación y el ángulo de inclinación

Fuente: <http://www.freesolarpanelsuk.co.uk/the-best-angle-and-orientation-for-solar-panels-in-the-uk.php>
[acceso: 20 Junio 2018]

Condiciones de campo – posible eclosión

Incluso si se planea la mejor orientación y el ángulo de inclinación de los módulos, el sistema puede ser ineficiente si no se considera el ensombrecimiento.

Hay dos tipos de eclosión:

- eclosión causada por edificios vecinos, árboles, topografía,
- auto-ensombrecimiento.

El primer tipo de eclosión debe considerarse teniendo en cuenta:

- período de invierno, horario de mañana y tarde,
- crecimiento del árbol,
- edificios recién planificados en la zona.

Para evitar estos problemas, deben planearse los sistemas de derivación y los maniqués de módulos en lugares sombreados. Se recomienda precaución, ya que la luz dispersada por los obstáculos que arrojan una sombra puede afectar significativamente el rendimiento de la instalación fotovoltaica.

Con el fin de evitar la auto sombra, se debe prestar atención a la geometría del edificio y a los elementos tales como:

- antenas parabólicas,
- chimeneas y ventilación.
- tragaluces y otros elementos salientes,
- elementos colgantes.

En lugares sujetos a sombreado excesivo, se deben instalar maniqués de módulos o sistemas de derivación.

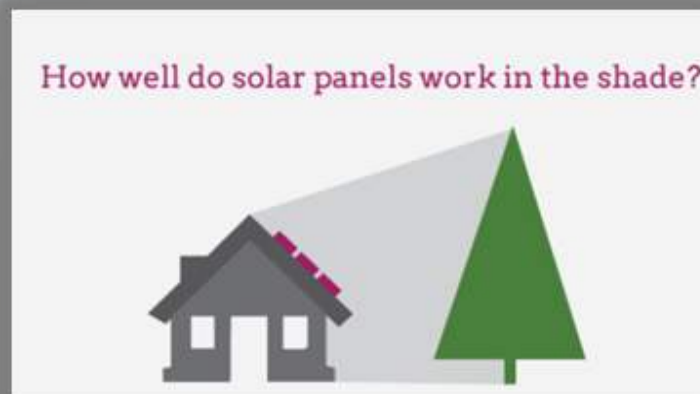


Fig. 4. Sombreado por los árboles

Fuente: <https://news.energysage.com/solar-panels-work-shade/> [acceso: 20 Junio 2018]

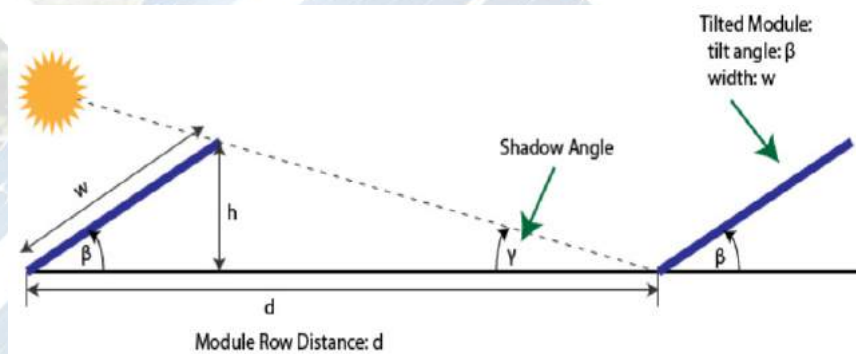


Fig. 5. Selección de distancia entre filas

Fuente: <http://www.greenrhinoenergy.com/solar/performance/shading.php> [acceso: 20 Junio 2018]

Selección de almacenamiento de energía

El funcionamiento natural del sistema fotovoltaico es que el pico de producción de energía eléctrica cae en horas de la tarde. En la mayoría de los casos de instalaciones domésticas y en una parte significativa de las instalaciones industriales, no se corresponde con la carga máxima, que naturalmente usaría la energía producida al mismo tiempo. Por lo tanto, para estos casos se justifica considerar el uso de almacenamiento de energía ajustado a nuestro perfil de carga (demanda de energía eléctrica). La selección de una tecnología adecuada de acumulador y su capacidad permitirá el almacenamiento de la sobreproducción de energía, su mantenimiento y uso siempre que sea conveniente para el usuario. Según el precio de la energía en determinados países, este proceso es más o menos rentable, sin embargo, se observa una tendencia general de un aumento en la participación del almacenamiento de energía en las instalaciones fotovoltaicas.

Mantenimiento regular, limpieza de módulos fotovoltaicos

La eficacia de la instalación fotovoltaica puede mejorarse también al recordar y realizar el mantenimiento regular del sistema. A partir del lavado regular de los módulos, su inspección con respecto al daño, a través de la revisión de la ubicación correcta de los cables y las conexiones, al control de la ventilación cerca del inversor y de las protecciones de CC y CA. Vale la pena confiar estos trabajos a una empresa instaladora en el marco de los servicios de mantenimiento. Dicho procedimiento puede salvarnos de fallas más largas del sistema, durante las cuales la producción de energía será decididamente más baja o nula.



Fig. 6. Lavado de la instalación fotovoltaica

Fuente: <http://gramwzielone.pl/energia-sloneczna/17916/czyszczenie-instalacji-fotowoltaicznej-zwiekszy-jej-wydajnosc> [acceso: 20 Junio 2018]

4.12. Cooperación de la instalación fotovoltaica con fuentes alternativas de energía

Tipos y especificidad de fuentes alternativas de energía

Una planta de energía fotovoltaica es una de muchas fuentes de energía alternativas. Teniendo en cuenta su naturaleza, se puede decir que es una fuente inestable, ya que no es capaz de garantizar la continuidad de la producción durante el día. La planta de energía eólica es la segunda fuente de este tipo, que no puede operar 24/7.

Otras dos fuentes de suministro de energía de centrales eléctricas alternativas, es decir, biomasa y biocombustible, funcionarán como fuentes estables, ya que su operación se basa en el proceso de combustión que puede ser controlado efectivamente por el ser humano.

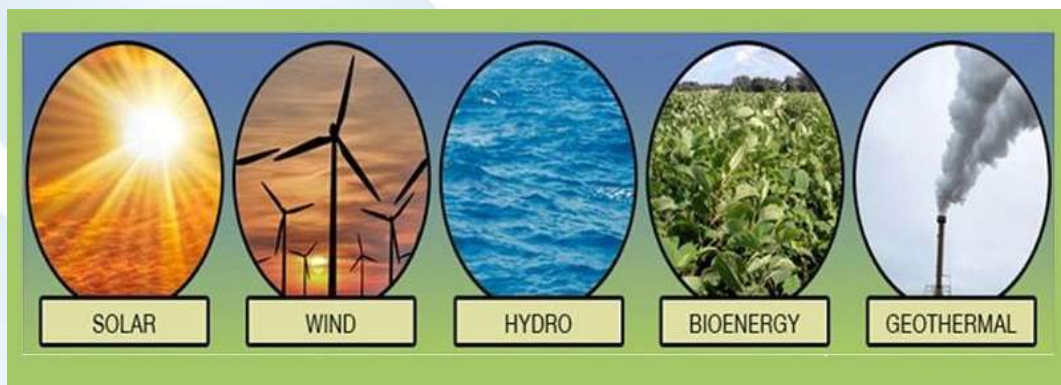


Fig. 1. Fuentes de energía renovable

Fuente: <http://www.studymumbai.com/renewable-energy-resources.html> [acceso: 20 Junio 2018]

Sistemas fotovoltaicos cooperando con fuentes alternativas de energía

El sistema fotovoltaico puede cooperar efectivamente con cada fuente de los tres descritos anteriormente.

En el caso de la conexión de una planta de energía eólica con una planta de energía fotovoltaica, los sistemas se completan entre sí, ya que básicamente si los vientos soplan y se produce energía de los molinos de viento, tenemos que ver con la nebulosidad que minimiza la producción de energía fotovoltaica. Y viceversa: en períodos de una gran cantidad de luz solar, la producción de energía del sol se maximiza, mientras que la producción de plantas de energía eólica es prácticamente mínima, ya que el viento es relativamente ligero.



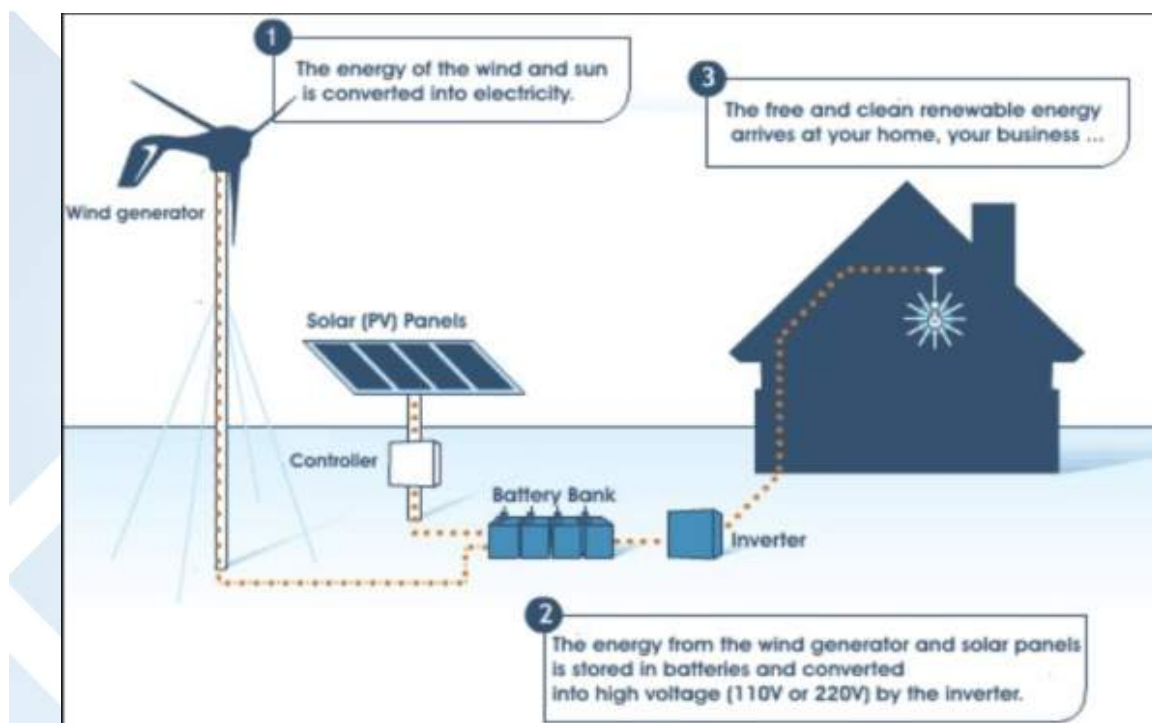


Fig. 2. Instalación fotovoltaica con el generador eólico

En el caso de los biocombustibles y la biomasa, estas fuentes constituirán un elemento que estabilizará la producción de tal fuente de producción híbrida. Debido a su carácter, podemos seleccionar su tamaño y método de gestión de tal manera que la producción de energía sea estable desde el punto de vista del cliente.

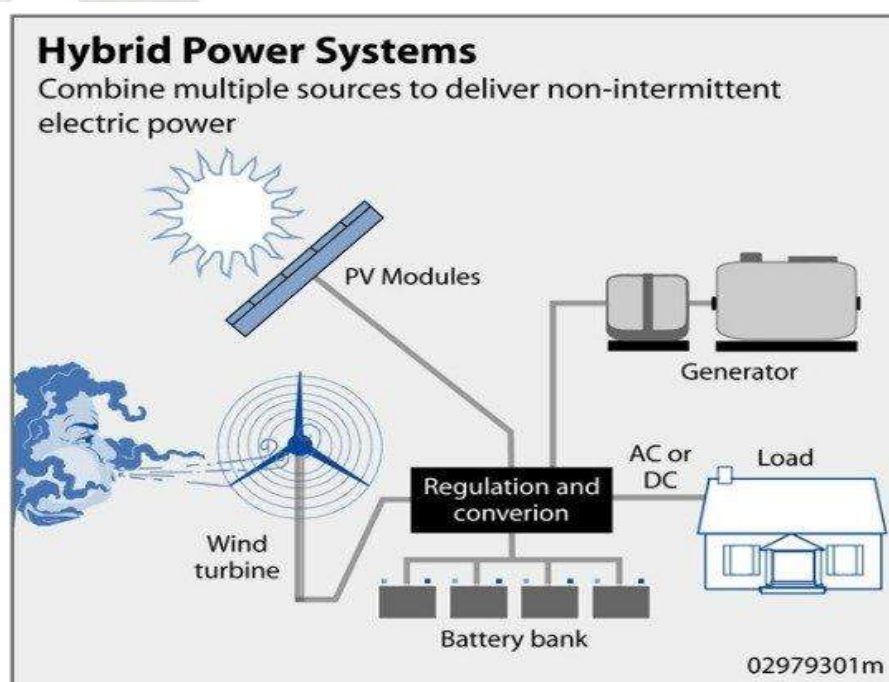


Fig. 3. Instalación fotovoltaica con generador eólico y generador alimentado con biocombustible

Fuente: <https://www.energy.gov/energysaver/buying-and-making-electricity/hybrid-wind-and-solar-electric-systems> [acceso: 20 Junio 2018]

Papel del almacenamiento de energía en sistemas con muchas fuentes de energía alternativas

En cada uno de los casos mencionados de operación de sistemas fotovoltaicos con fuentes de energía alternativas, se requiere usar la retención de energía en el sistema. Su función consistirá en la recepción de energía en períodos de mayor producción, a la vez que no habrá posibilidad de recibir y entregar energía cuando las demandas de energía del cliente sean mayores que la posibilidad de su producción. La planta fotovoltaica y eólica es la conexión más crítica aquí, ya que puede suceder que una fuente complete la otra. Entonces, el rol de almacenamiento no puede ser subestimado. Cuando tengamos que ver con instalaciones fotovoltaicas asociadas con biocombustibles o biomasa, el almacenamiento de energía se utilizará para recolectar excedentes de la instalación fotovoltaica, mientras que en caso de que no haya producción del sol, el cliente habrá suministrado energía a partir de biocombustibles y la recogida en el almacenamiento.

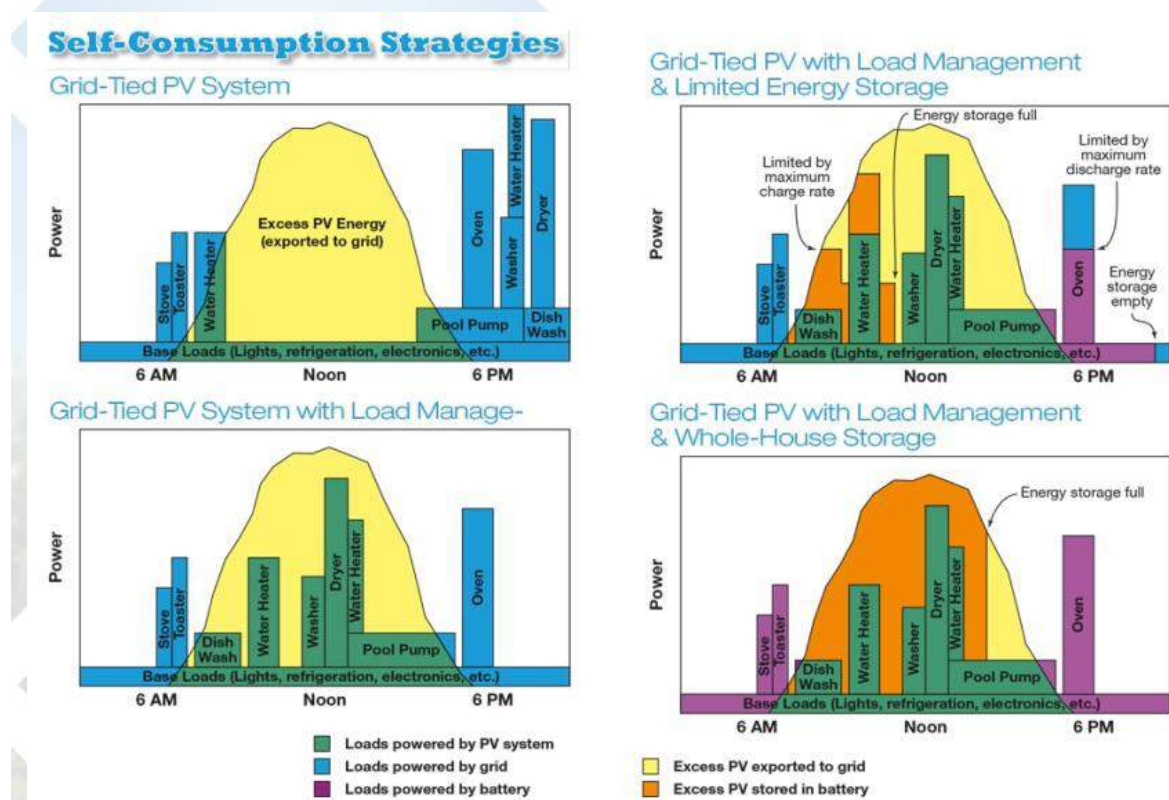


Fig. 4. Impacto del almacenamiento de energía en su consumo efectivo

Fuente: <https://www.homepower.com/articles/solar-electricity/design-installation/maximizing-solar-self-consumption> [acceso: 20 Junio 2018]

Función de los sistemas de control y software avanzados para la cooperación con fuentes de energía alternativas

En todas las soluciones híbridas de este tipo, donde tenemos que ver con la cooperación de varias fuentes de producción, el software avanzado es una clave. Puede ubicarse directamente en el inversor en un controlador independiente y dedicado, que gestionará el funcionamiento de fuentes alternativas, almacenamiento de energía y receptores. Gracias a la comunicación remota y al intercambio de información con los sistemas meteorológicos de base de datos, el software de gestión podrá gestionar de manera eficaz el flujo de energía entre las fuentes fotovoltaicas y otras fuentes alternativas y el sistema de recibos, la red y el

almacenamiento de energía asociado. La efectividad de un sistema de este tipo depende de dos factores básicos: lugares seleccionados correctamente para leer datos y algoritmos implementados correctamente. Para el usuario, una interfaz de usuario transparente y simple será muy importante.

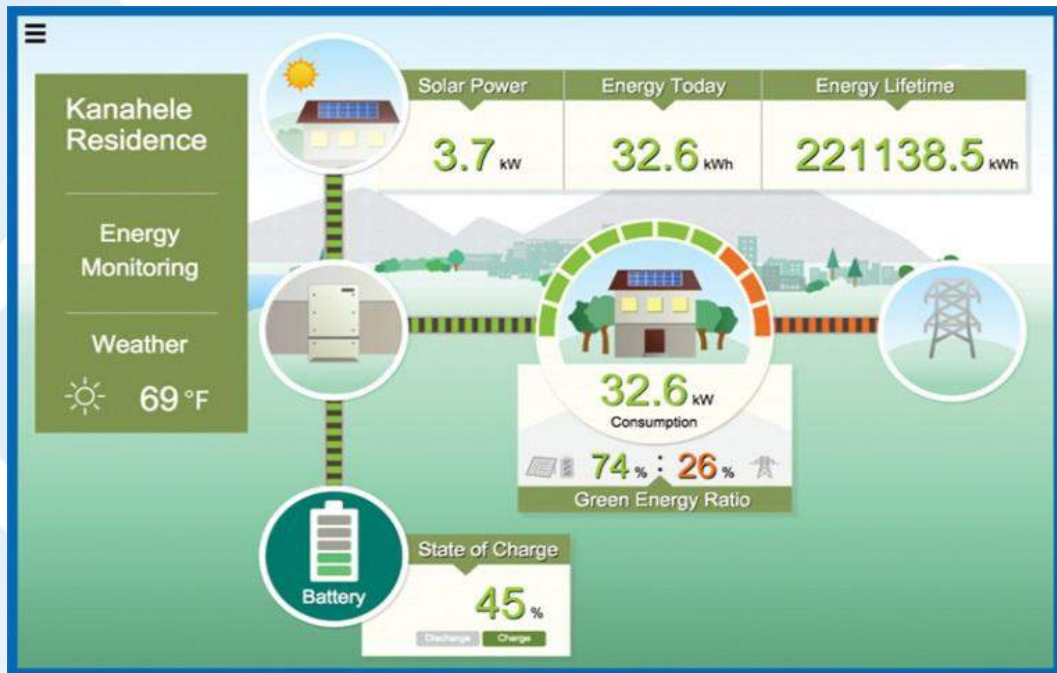


Fig. 5. Interfaz de usuario ejemplar

Fuente: <http://www.laplacesolar.com/photovoltaic-products/solar-link-monitoring-solutions/> [acceso: 20 Junio 2018]

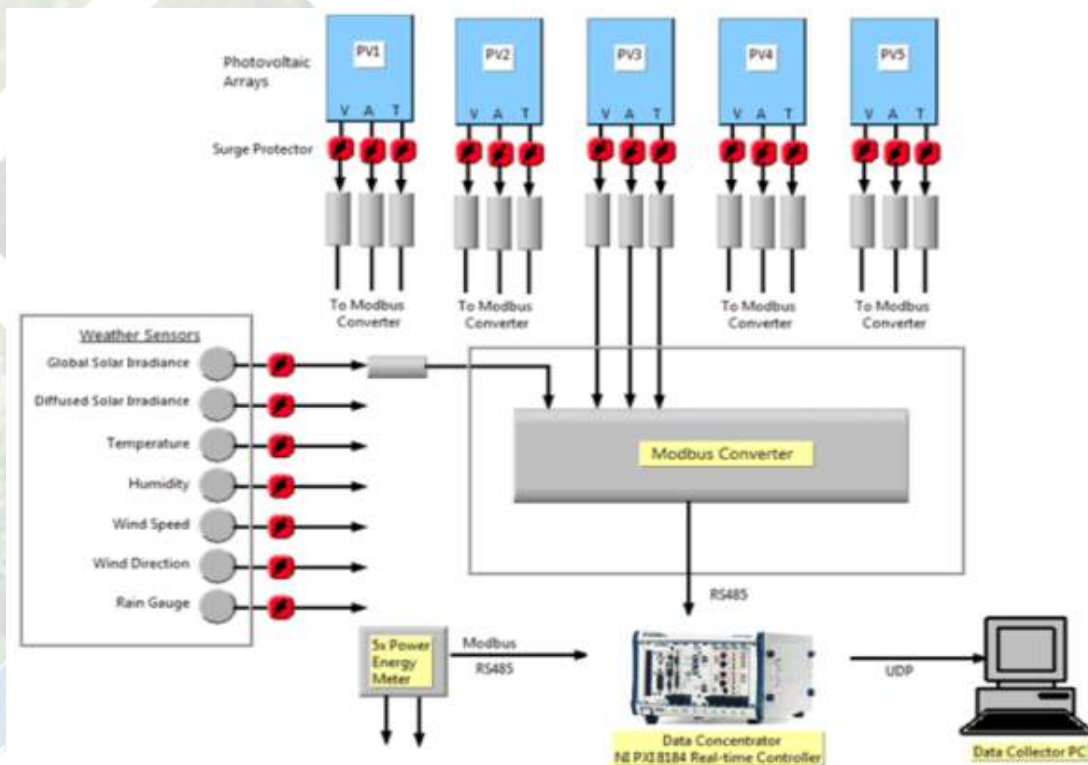


Fig. 6. Esquema del sistema de monitorización de parámetros de instalación

Fuente: <http://sine.ni.com/cs/app/doc/p/id/cs-12744> [acceso: 20 Junio 2018]

5. EJERCICIOS

5.1. Asuntos Generales. Bases para el uso de sistemas fotovoltaicos – Ejercicios

Ejercicio 1. (epígrafe 4.1)

Marque la respuesta correcta:

La historia de la energía fotovoltaica comenzó en:

- a) 1905
- b) 1798
- c) 1839
- d) 1918

Ejercicio 2. (epígrafe 4.1)

Asignar un evento histórico a la fecha:

No.	Acontecimiento histórico		Fecha
1.	La primera célula solar fue construida en los Laboratorios Bell en Murray Hill, EE. UU., Por los investigadores Chapin, Fuller y Pearson	a)	1976
2.	Las primeras 108 celdas fueron instaladas en el satélite Vanguard.	b)	1954
3.	La primera célula solar fue hecha de silicio amorfo por David Carlson y Chris Wronski.	c)	1958

Ejercicio 3. (epígrafe 4.1)

Organice los países según el total de energía fotovoltaica instalada en 2017, disminuyendo:

- a) Japón
- b) EEUU
- c) China
- d) Alemania

No.	Acontecimiento histórico		Fecha
1.	La primera célula solar fue construida en los Laboratorios Bell en Murray Hill, EE. UU., Por los investigadores Chapin, Fuller y Pearson	a)	1958
2.	Las primeras 108 celdas fueron instaladas en el satélite Vanguard.	b)	1976
3.	La primera célula solar fue hecha de silicio amorfo por David Carlson y Chris Wronski.	c)	1954

5.2. Celda fotovoltaica – estructura y principio de funcionamiento – Ejercicios

Ejercicio 1. (epígrafe 4.2)

Conectar símbolos y definiciones de parámetros de PV medidos y calculados.

Potencia de los módulos fotovoltaicos medida en condiciones estándar (STC)	NOCT
Intensidad de la radiación solar (global) medida en el plano de los módulos generadores fotovoltaicos	P_{MSTC}
Temperatura nominal de funcionamiento de los módulos	T_{amb}
Temperatura ambiente	G_{POA}

Ejercicio 2. (epígrafe 4.2)

Conectar los defectos típicos del sistema fotovoltaico con el método de diagnóstico.

Calentamiento excesivo de módulos fotovoltaicos, puntos calientes	Alimentación de CC, alimentación de CA, registrador de datos interno del inversor
Roturas en las cadenas de CC (fusibles quemados en cajas de CC, cables dañados, conexiones, cajas de conexiones de módulos fotovoltaicos)	Inspección visual, cámara térmica
Fallo interno del inversor (electrónica, interruptores, firmware)	Corriente continua en la cadena (en comparación con otras cadenas)

5.3. Tipos de células y módulos fotovoltaicos – Ejercicios

Ejercicio 1. (epígrafe 4.3)

La celda fotovoltaica produce un voltaje de 0.5 V. Calcule el voltaje de cuatro celdas conectadas en serie y marque la Respuesta correcta:

- a) 2.0 V
- b) 0.5 V
- c) 2.5 V
- d) 1.0 V

Ejercicio 2. (epígrafe 4.3)

La celda fotovoltaica produce una corriente de 0.6 A. Tres celdas se conectaron en paralelo, calculan la corriente que fluye a través de la carga y marcan la Respuesta correcta:

- a) 2.0 A
- b) 0.6 A
- c) 1.8 A
- d) 1.0 A

5.4. Tipos de sistemas fotovoltaicos – Ejercicios

Ejercicio 1. (epígrafe 4.4)

Conecta los principios y finales de las oraciones para que sean verdaderas.

Sistemas fotovoltaicos en red	son sistemas que contienen una fuente de energía adicional que permite la generación de energía eléctrica cuando la fuente fotovoltaica no funciona
Sistemas fotovoltaicos fuera de la red	permitir el uso de la energía eléctrica producida para la alimentación periódica de la instalación receptora del inversor
Sistemas fotovoltaicos equipados con baterías	son sistemas destinados a la cooperación con la red eléctrica
Sistemas fotovoltaicos híbridos	son sistemas que permiten el almacenamiento de energía eléctrica
Sistemas fotovoltaicos que satisfacen parcialmente las necesidades propias	son sistemas que permiten una potencia autónoma de los receptores

Ejercicio 2. (epígrafe 4.4)

Completa oraciones con palabras del marco.

1. ... son instalaciones ensambladas sobre elementos de construcción existentes, como techos, tragaluces, fachadas, balcones, refugios, etc.
2. ... los sistemas consisten en el reemplazo de materiales de construcción estándar tales como tejas, ventanas, barreras de balcones, tragaluces, con módulos fotovoltaicos preparados adecuadamente.

HDMI	BAPV	SEE	BIPV
------	------	-----	------

Ejercicio 3. (epígrafe 4.4)

Del grupo de parámetros, seleccione cuatro almacenes de energía que describen

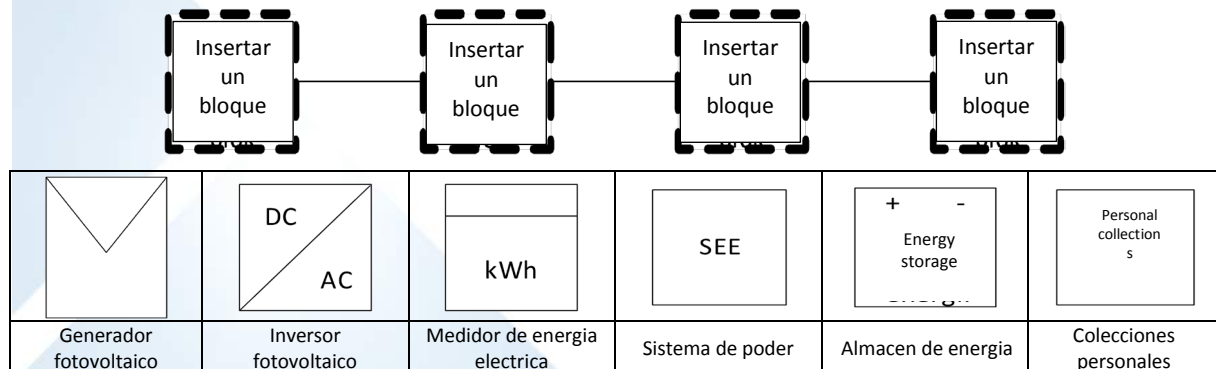
El almacenamiento de energía debe caracterizarse con los siguientes parámetros:

1.
2.
3.
4.

aislamiento galvánico	capacidad	frecuencia de voltaje	absorción
corriente de salida máxima	vitalicio	voltaje nominal	corriente de cortocircuito

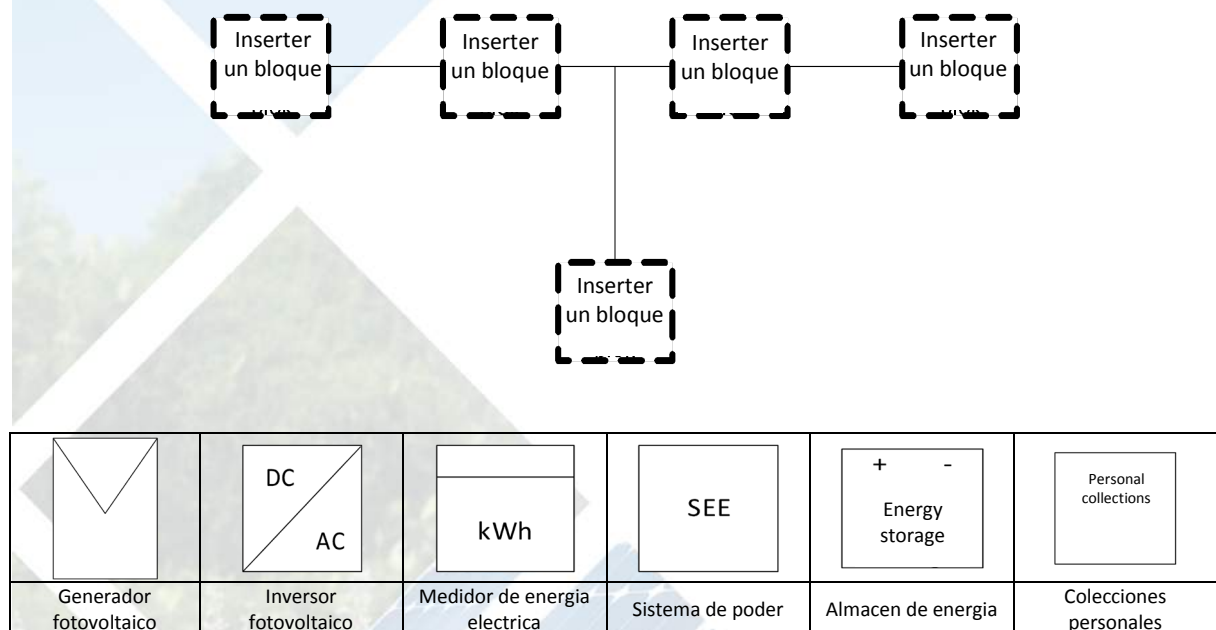
Ejercicio 4. (epígrafe 4.4)

Dibuje un diagrama de bloques de un sistema fotovoltaico simple conectado a la red eléctrica y que funcione solo en la red eléctrica.



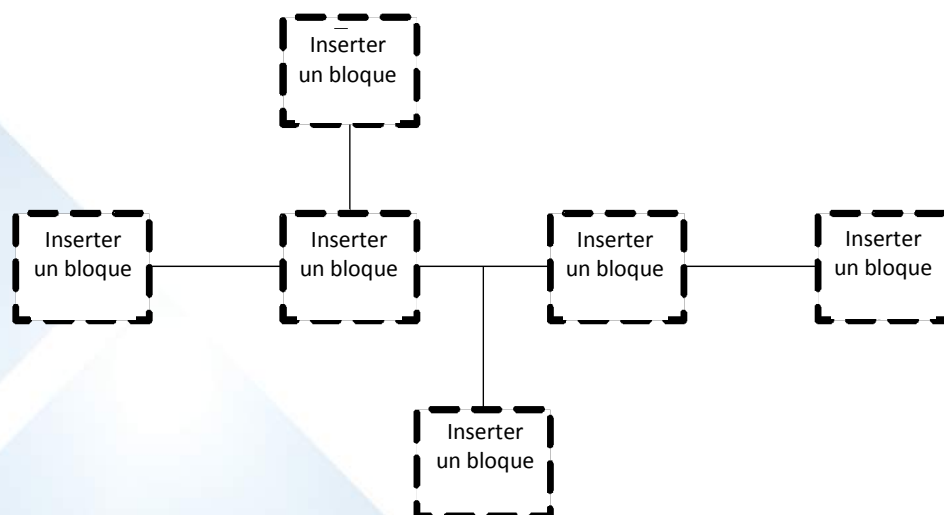
Ejercicio 5. (epígrafe 4.4)

Dibuje un diagrama de bloques de un sistema fotovoltaico conectado a la red eléctrica que permita la satisfacción parcial de los propios requisitos.



Ejercicio 6. (epígrafe 4.4)

Dibuje un diagrama de bloques de un sistema fotovoltaico conectado a la red eléctrica que permita la satisfacción parcial de los propios requisitos, equipado con almacenamiento de energía eléctrica.



Generador fotovoltaico	Inversor fotovoltaico	Medidor de energía eléctrica	Sistema de poder	Almacen de energia	Colecciones personales

5.5. Elementos y dispositivos de instalación fotovoltaica – Ejercicios

Ejercicio 1. (epígrafe 4.5)

Conecte los nombres de los elementos del sistema fotovoltaico con una descripción correcta.

Elemento básico del sistema fotovoltaico que produce energía eléctrica en condiciones de exposición a la luz, como la radiación solar	Cadena de valor fotovoltaica
El conjunto más pequeño, totalmente protegido contra el impacto ambiental de las células fotovoltaicas interconectadas	Célula fotovoltaica
Circuito en el que los módulos FV están conectados en serie para producir la tensión de salida requerida	Módulo fotovoltaico
Conjunto de módulos fotovoltaicos y otros elementos necesarios integrados mecánicamente y eléctricamente que crean una unidad de suministro de corriente continua	Generador fotovoltaico
Conjunto de colectores fotovoltaicos	Inversor fotovoltaico
Dispositivo que convierte el voltaje y la corriente de CC al voltaje y la corriente de CA	Colector fotovoltaico

Ejercicio 2. (epígrafe 4.5)

Conecta los principios y finales de las oraciones para que sean verdaderas.

Inversor de red	permite el suministro de energía de los receptores eléctricos en lugares donde la red eléctrica es inaccesible a la red.
Inversor isleño	puede suministrar receptores eléctricos independientemente de la accesibilidad de la red eléctrica y permite la cooperación con la red eléctrica, si está disponible.
Inversor híbrido	Se puede conectar directamente a la red eléctrica.

5.6. Selección de soluciones técnicas – Ejercicios

Ejercicio 1. (epígrafe 4.6)

Completa la oración con la palabra del cuadro.

Los sistemas fotovoltaicos fijos generan el mayor rendimiento energético cuando el generador fotovoltaico está orientado hacia el ...

Oeste	Este	Norte	Sur
-------	------	-------	-----

Ejercicio 2. (epígrafe 4.6)

Completa la oración con la palabra del cuadro.

Al planificar la disposición de los módulos fotovoltaicos, se debe tener en cuenta que se debe ocultar una parte del módulo o varios módulos ... de la instalación fotovoltaica.

No afecta el rendimiento	Aumenta el rendimiento	Reduce el rendimiento	Mejora la operación
--------------------------	------------------------	-----------------------	---------------------

Ejercicio 3. (epígrafe 4.6)

Completa la oración con la palabra del cuadro.

La potencia de la instalación fotovoltaica debe ser ... que la potencia de conexión en la instalación.

Más grande	Más pequeño	Mucho más grande	No importa
------------	-------------	------------------	------------

Ejercicio 4. (epígrafe 4.6)

Tacha un artículo que no sea adecuado para el resto:

División de sistemas de montaje de módulos fotovoltaicos:

- Sistemas de montaje de tejados.
- Sistemas de montaje integrados con el edificio.
- Sistemas fotovoltaicos híbridos.
- Sistemas de montaje independientes.
- Sistemas de montaje móviles.

Ejercicio 5. (epígrafe 4.6)

Completa la oración con la palabra del cuadro.

Los sistemas de montaje de módulos fotovoltaicos deben garantizar una resistencia adecuada a ...

operación de insectos	pelaje	operación de voltaje parásito	Condiciones atmosféricas, en particular ráfagas de viento.
-----------------------	--------	-------------------------------	--

5.7. Perfil energético de los consumidores – Ejercicios

Ejercicio 1. (epígrafe 4.7)

Completa la oración con la palabra del cuadro.

El perfil energético del cliente es en un tiempo dado.

energía consumida por el dispositivo	Distribución de temperaturas externas.	Distribución de la demanda de electricidad.	Potencia generada en la instalación fotovoltaica.
--------------------------------------	--	---	---

Ejercicio 2. (epígrafe 4.7)

Entre los factores mencionados, seleccione aquellos que afectan la variabilidad semanal de la demanda de electricidad del cliente.

	Factores que afectan la variabilidad semanal de la demanda de electricidad del cliente.
Días laborales	
Estaciones del año	
Ciclicidad relacionada con el amanecer y el atardecer.	
Días libres – sábado, domingo	
Cambio de las condiciones atmosféricas.	

Ejercicio 3. (epígrafe 4.7)

Tacha un artículo que no sea adecuado para el resto:

Entre los períodos de variabilidad de la demanda de electricidad, se pueden distinguir:

- variabilidad diaria,
- variabilidad semanal,
- variabilidad anual,
- variabilidad fija.

5.8. Dimensionamiento de instalaciones fotovoltaicas – Ejercicios

Ejercicio 1. (epígrafe 4.8)

Completa la oración con la palabra del cuadro.

El voltaje de la cadena de valor fotovoltaica creada debe ser ... voltaje máximo del sistema MPPT y simultáneamente ... voltaje de umbral del inversor fotovoltaico.

Calculado irrelevantemente del	Mayor que	Igual que	Menor que
--------------------------------	-----------	-----------	-----------

Ejercicio 2. (epígrafe 4.8)

Tacha un artículo que no sea adecuado para el resto:

El generador fotovoltaico está compuesto por:

- módulos fotovoltaicos,
- cadenas fotovoltaicas,
- colectores fotovoltaicos,
- inversores fotovoltaicos.

Ejercicio 3. (epígrafe 4.8)

Completa la oración con la palabra del cuadro.

A la conexión de módulos fotovoltaicos en serie, ... aumenta la cadena de valor fotovoltaica.

El voltaje total	La corriente total	La temperatura	El riesgo de daño
------------------	--------------------	----------------	-------------------

Ejercicio 4. (epígrafe 4.8)

Completa la oración con la palabra del cuadro.

En la conexión paralela de módulos fotovoltaicos, ... de la cadena de valor fotovoltaica aumenta.

La temperatura	El voltaje total	La corriente total	El riesgo de daño
----------------	------------------	--------------------	-------------------

Ejercicio 5. (epígrafe 4.8)

Calcule el número máximo de módulos fotovoltaicos que se pueden conectar a la entrada del inversor fotovoltaico para los datos a continuación, considerando la temperatura más baja del módulo a un nivel de -20°C.

Datos del módulo fotovoltaico

Parámetro	Valor
Potencia nominal	270 Wp
Corriente de cortocircuito	9.15 A
Voltaje de un módulo descargado	38.25 V
Corriente nominal	8.65 A
Tensión / voltaje nominal	31.25 V
Coeficiente de corriente de temperatura	0.049 %/°C
Coeficiente de voltaje de temperatura	-0.30 %/°C

Datos del inversor fotovoltaico

Datos introducidos	
Corriente de entrada maxima	16.0 A / 16.0 A
Corriente máxima de cortocircuito, campo módulo	24.0 A / 24.0 A
Voltaje mínimo de entrada	150 V
Voltaje de inicio de trabajo	200 V
Voltaje de entrada nominal	595 V
Voltaje de entrada maximo	1000 V
Alcance del voltaje MPP	267-800 V

Ejercicio 6. (epígrafe 4.8)

Calcule el número mínimo de módulos fotovoltaicos que se pueden conectar a la entrada del inversor fotovoltaico para los datos a continuación, considerando la temperatura más alta del módulo a un nivel de 70°C.

Datos del módulo fotovoltaico

Parámetro	Valor
Potencia nominal	270 Wp
Corriente de cortocircuito	9.15 A
Voltaje de un módulo descargado.	38.25 V
Corriente nominal	8.65 A
Voltaje nominal	31.25 V
Coeficiente de corriente de temperatura	0.049 %/°C
Coeficiente de voltaje de temperatura	-0.30 %/°C

Datos del inversor fotovoltaico

Datos introducidos	
Corriente de entrada máxima	16.0 A / 16.0 A
Corriente máxima de cortocircuito, campo módulo	24.0 A / 24.0 A
Voltaje de entrada mínimo	150 V
Voltaje de inicio de trabajo	200 V
Voltaje de entrada nominal	595 V
Voltaje de entrada máximo	1000 V
Alcance de la tensión MPP	267-800 V

Ejercicio 7. (epígrafe 4.8)

Calcule el número máximo de cadenas fotovoltaicas que pueden estar conectadas en paralelo con la entrada del inversor fotovoltaico para los datos a continuación, considerando la temperatura más alta del módulo a un nivel de 70°C.

Datos del módulo fotovoltaico

Parámetro	Valor
Potencia nominal	270 Wp
Corriente de cortocircuito	9.15 A
Voltaje de un módulo descargado.	38.25 V
Corriente nominal	8.65 A
Voltaje nominal	31.25 V
Coeficiente de corriente de temperatura	0.049 %/°C
Coeficiente de voltaje de temperatura	-0.30 %/°C

Datos del inversor fotovoltaico

Input data	
Corriente de entrada máxima	16.0 A / 16.0 A
Corriente máxima de cortocircuito, campo módulo	24.0 A / 24.0 A
Voltaje de entrada mínimo	150 V
Voltaje de inicio de trabajo	200 V
Voltaje de entrada nominal	595 V
Voltaje de entrada máximo	1000 V
Alcance de la tensión MPP	267-800 V

5.9. Sistema fotovoltaico – Conexión a la red – Ejercicios

Ejercicio 1. (epígrafe 4.9)

Completa la oración con la palabra del cuadro.

La instalación fotovoltaica está equipada con el inversor sin transformador. ¿Qué tipo de interruptor de corriente residual debe aplicarse?

A	AC	B	D
---	----	---	---

Ejercicio 2. (epígrafe 4.9)

Tacha un artículo que no sea adecuado para el resto:

La protección de la instalación fotovoltaica en el lado de CA consiste en la selección de los siguientes tipos de protección:

- disyuntor de corriente residual.
- protección contra sobretensiones,
- protección contra sobrecorriente,
- protección contra subtensión.

Ejercicio 3. (epígrafe 4.9)

En el generador fotovoltaico, 4 cadenas fotovoltaicas idénticas están conectadas en paralelo. Utilizando el rango provisto de enlaces de sobrecorriente con la descripción de gPV, seleccione un enlace de protección apropiado para la cadena fotovoltaica, cuya corriente máxima de cortocircuito $I_{SC}=10.62$ A, y la tensión máxima de la cadena $U_{DCmax}=650$ V.

Gama de enlaces de protección

Respuesta	Corriente nominal del protector enlazar I_{zabDC} [A]	Tensión de funcionamiento del enlace de protección [V]
1	6	700
2	8	700
3	10	700
4	12	700
5	16	700
6	20	700
7	25	700
8	6	900
9	8	900
10	10	900
11	12	900
12	16	900
13	20	900
14	25	900

5.10. Normas y especificaciones técnicas relacionadas con un grupo temático – Ejercicios

Ejercicio 1. (epígrafe 4.10)

Seleccione el final de la oración apropiada de la tabla:

La microinstalación es:

una fuente de energía renovable de potencia eléctrica total instalada que no exceda de 10 kW, conectada a la red eléctrica de voltaje nominal inferior a 6 kV o con potencia térmica total instalada que no exceda de 12 kW
una fuente de energía renovable de potencia eléctrica total instalada que no exceda los 50 kW, conectada a la red eléctrica de voltaje nominal inferior a 110 kV o con potencia térmica total instalada que no exceda de 120 kW
una fuente de energía renovable de potencia eléctrica total instalada que no exceda de 100 kW, conectada a la red eléctrica de voltaje nominal inferior a 110 kV o con potencia térmica total instalada que no exceda de 120 kW

Ejercicio 2. (epígrafe 4.10)

Tacha un artículo que no sea adecuado para el resto:

El presidente de la Autoridad Reguladora de Energía retira un certificado emitido por el instalador de la instalación RES:

- si el instalador utiliza el certificado en contra de su alcance.
- si existe evidencia probada de que una microinstalación o instalación pequeña se ensambla en contra de las regulaciones vigentes.
- si la empresa en la que trabaja el instalador certificado no cumplió su contrato con el inversor en el ámbito de la construcción de la instalación fotovoltaica.

5.11. Factores que afectan la productividad laboral – Ejercicios

Ejercicio 1. (epígrafe 4.11)

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 estado técnico de las cargas eléctricas	
Eficiencia de los inversores fotovoltaicos	
Tarifa por kWh producido	
Pérdidas en cables CC	
Disposición de módulos fotovoltaicos	
Mantenimiento regular de la instalación fotovoltaica	
Pérdidas en cables AC	
Disposiciones de un acuerdo con el operador de la red de distribución	
Eficiencia de los módulos fotovoltaicos	

Ejercicio 2. (epígrafe 4.11)

Tacha un artículo que no sea adecuado para el resto:

Las actividades que constituyen el mantenimiento de los sistemas fotovoltaicos incluyen:

- limpieza regular de módulos fotovoltaicos.
- selección adecuada de módulos fotovoltaicos para el inversor fotovoltaico.
- control del estado del sistema de ventilación del inversor fotovoltaico.
- control del estado de los cables incluidos en la instalación fotovoltaica.

5.12. Cooperación de la instalación fotovoltaica con fuentes alternativas de energía – Ejercicios

Ejercicio 1. (epígrafe 4.12)

Completa la oración con la palabra del cuadro.

En el caso de la conexión de una planta de energía eólica y una planta de energía fotovoltaica, se desarrolla el sistema ...

Poco económico	Complementario	Reduciendo la disponibilidad de energía eléctrica	Prevención de la cooperación de fuentes de energía eléctrica
----------------	----------------	---	--

Ejercicio 2. (epígrafe 4.12)

Tacha un artículo que no sea adecuado para el resto:

Cooperación de dos o más tipos de fuentes de energía eléctrica:

- es posible,
- aumenta la disponibilidad de energía eléctrica para el usuario final,
- aumenta la estabilidad de los suministros de energía eléctrica,
- es ilegítimo.

Ejercicio 3. (epígrafe 4.12)

Completa la oración con la palabra del cuadro.

La gestión y el control del funcionamiento de muchas fuentes de energía en el sistema RES está permitido por ...

Un sistema dedicado de control y gestión	Una Selección apropiada de una serie de módulos fotovoltaicos para la alimentación del inversor fotovoltaico	La Aplicación de una planta de energía eólica	El contrato de al menos cinco empleados
--	--	---	---

6. TEST DE PROGRESO

Puedes:	Si	No
1) ¿Explicar el concepto de huella de carbono?		
2) ¿Enumerar al menos seis ventajas de la fotovoltaica?		
3) ¿Describir la historia de la fotovoltaica?		
4) ¿Discutir las perspectivas de la fotovoltaica?		
5) ¿Explicar el concepto de factor cualitativo del sistema fotovoltaico?		
6) ¿Listar al menos seis parámetros medidos del sistema fotovoltaico?		
7) ¿Discutir la calidad de la energía eléctrica lanzada a la red?		
8) ¿Discutir la validez de la medida de la temperatura del módulo?		
9) ¿Explicar el concepto de "puntos calientes"?		
10) ¿Listar las fases del proceso de producción de la fotocélula fotovoltaica cristalina?		
11) ¿Discutir la sección transversal del módulo fotovoltaico?		
12) ¿Discutir conexión de módulos en serie?		
13) ¿Enumerar elementos básicos del sistema fotovoltaico de islas?		
14) ¿Listar los elementos básicos del sistema fotovoltaico híbrido?		
15) ¿Listar elementos básicos del sistema fotovoltaico de la red?		
16) ¿Discutir las funciones que debe realizar el inversor fotovoltaico?		
17) ¿Indicar las diferencias entre la isla y el inversor de red?		
18) ¿Explicar una diferencia entre el sistema fotovoltaico ON-GRID y OFF-GRID?		
19) ¿Listar de tipos de sistemas fotovoltaicos?		
20) ¿Discutir el principio de funcionamiento del sistema fotovoltaico que coopera con la red eléctrica?		
21) ¿Discutir el principio de funcionamiento del sistema fotovoltaico autónomo?		
22) ¿Indicar los elementos principales del sistema OFF-GRID?		
23) ¿Listar los elementos básicos del sistema fotovoltaico de islas?		
24) ¿Listar los elementos básicos del sistema fotovoltaico híbrido?		
25) ¿Listar los elementos básicos del sistema fotovoltaico de red?		
26) ¿Discutir las funciones que debe realizar el inversor fotovoltaico?		
27) ¿Indicar las diferencias entre el isleño y el inversor de red?		
28) ¿Explicar la necesidad de evitar el ensombrecimiento en la planificación de la disposición de los módulos fotovoltaicos?		
29) ¿Listar los tipos de sistemas de montaje?		
30) ¿Discutir los tipos básicos de sistemas de montaje aplicados para la instalación de módulos fotovoltaicos?		
31) ¿Discutir los principios de disposición de los módulos fotovoltaicos?		
32) ¿Indicar los problemas que deben considerarse al planificar la disposición de los módulos fotovoltaicos?		
33) ¿Explicar en qué consiste la variabilidad diaria de la carga?		
34) ¿Enumerar los tipos de variabilidad de la demanda de electricidad debido al período analizado?		
35) ¿Discutir los indicadores que caracterizan la variabilidad de la carga del cliente?		
36) ¿Discutir los perfiles energéticos de los receptores seleccionados?		
37) ¿Indicar los factores que afectan la formación de la demanda semanal de electricidad?		

38) ¿Explicar el principio de selección de las protecciones de instalación fotovoltaica?		
39) ¿Listar los tipos de protecciones aplicadas en instalaciones fotovoltaicas?		
40) ¿Discutir el método de selección de protecciones contra sobretensiones?		
41) ¿Discutir el método de selección de protecciones de sobrecorriente en el lado de CA y CC?		
42) ¿Indicar las funciones de seguridad en inversores de red?		
43) ¿Discutir las obligaciones de información de OSD con el Presidente de la Autoridad Reguladora de Energía?		
44) ¿Listar las razones para la retirada del certificado del instalador?		
45) ¿Discutir el sistema de apoyo para los productores de energía RES?		
46) ¿Discutir el método de selección de protecciones de sobrecorriente en el lado de CA y CC?		
47) ¿Definir una pequeña instalación?		
48) ¿Definir los valores típicos de eficiencia de los inversores fotovoltaicos?		
49) ¿Listar los factores que afectan el rendimiento de la instalación fotovoltaica?		
50) ¿Discutir la selección de un ángulo de inclinación de los módulos fotovoltaicos?		
51) ¿Discutir la selección de almacenamiento de energía para la instalación fotovoltaica?		
52) ¿Indicar las actividades relacionadas con el mantenimiento de módulos fotovoltaicos?		
53) ¿Explicar el principio de cooperación de dos fuentes de energía eléctrica?		
54) ¿Enumerar las fuentes de energía eléctrica que pueden cooperar con la instalación fotovoltaica?		
55) ¿Discutir el rol de los sistemas de control aplicados en instalaciones de fuentes de energía renovables?		
56) ¿Discutir el impacto del almacenamiento de energía en instalaciones que contienen dos o más fuentes de energía eléctrica?		
57) ¿Indicar las ventajas y desventajas de la cooperación de dos fuentes de energía eléctrica?		

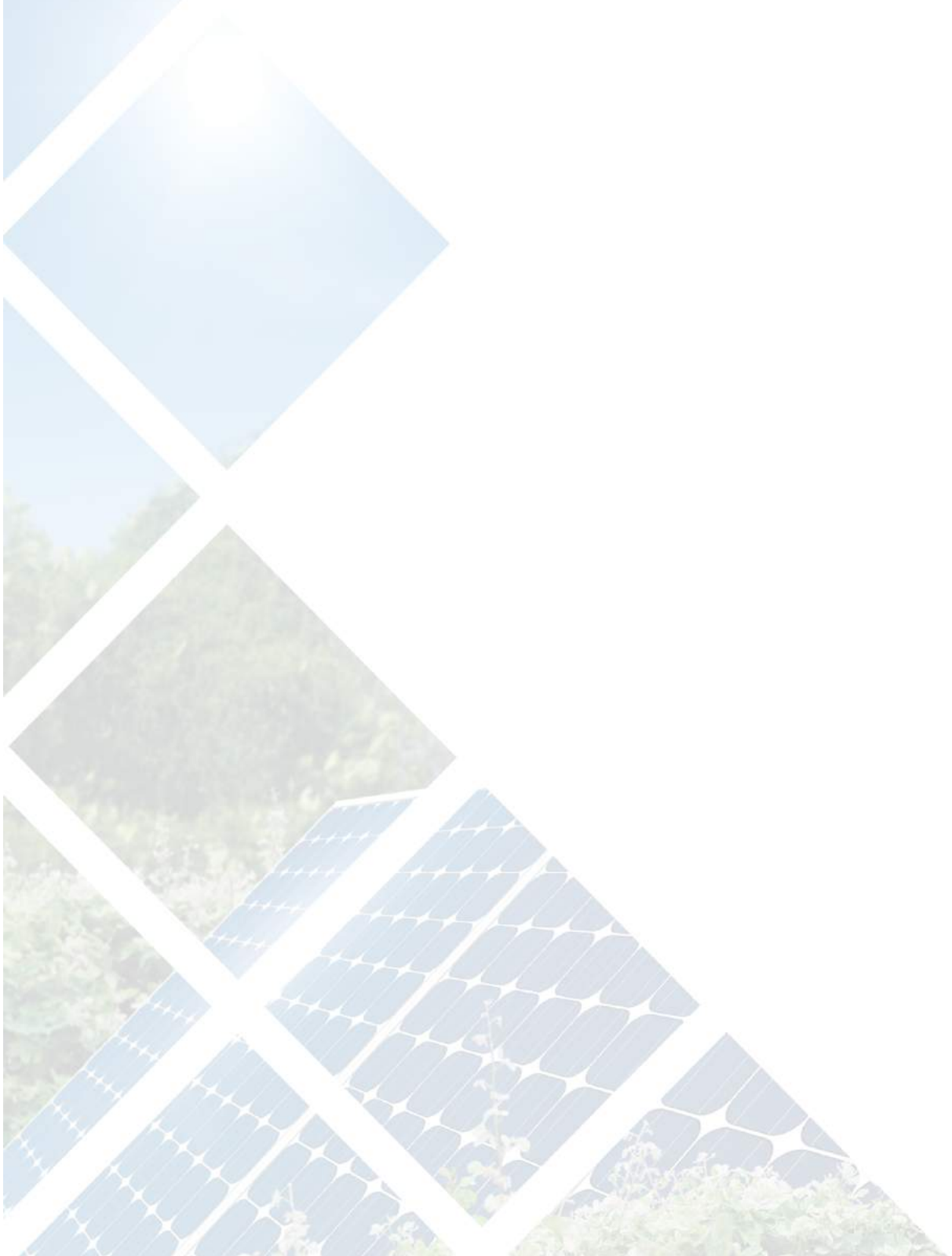
Si seleccionaste la respuesta "NO", te proponemos que regreses al material de enseñanza y a su análisis repetido para lograr los resultados de aprendizaje previstos (conocimiento, habilidades). Si es necesario, usa una fuente adicional de información preparada para cada tema.



7. GLOSARIO

Inglés	Español
Amorphous semiconductor	Semiconductor amorfo
Array	Conjunto
Azimuth	Azimut
Balance-of-system (BOS)	Balance del sistema
Battery	Batería / pila
BIPV (Building Integrated Photovoltaics)	Elementos fotovoltaicos integrados en edificios
Blocking Diode	Diodo de bloqueo
Bypass diode	Diodo de derivación
Conversion Efficiency	Eficiencia de conversión
Crystalline silicon cells	Células de silicio cristalino
Current-voltage	Voltaje actual
Depth of discharge	Profundidad de descarga
Diffuse Irradiance	Irradiancia difusa
Energy Pay-Back Time	Tiempo de rentabilidad de la energía
Equivalent carbon dioxide	Dióxido de carbono equivalente
Feasibility Study	Estudio de viabilidad
Feed-in-Tariff	Tarifas de alimentación
Filling Factor	Coeficiente de llenado
Gallium Arsenide (GaAs)	Arseniuro de galio (AsGa)
Global Horizontal Irradiance	Irradiancia global horizontal
Global In-Plane Irradiance	Irradiancia global aéreo
Grid-connected system	Sistema conectado a la red
Hot spot	Punto de atracción / conflicto
Hybrid System	Sistema híbrido
Ingot	Lingote
Internal Rate of Return	Tasa interna de rendimiento
Inverter	Inversor
Irradiance	Irradiancia
Junction Box	Caja de conexiones
Learning Curve	Curva de aprendizaje
Life Cycle Analysis	Análisis del ciclo vital
Mismatch losses	Pérdidas por desajuste
MPP Regulator	Regulador MPP
Open circuit voltage	Voltaje de circuito abierto
Peak (Maximum) Power Point (MPP)	Punto de máxima potencia (MPP)
Peak Sun hours	Horas sol pico
Performance ratio	Relación / ratio de rendimiento / coste-beneficio
PV effect	Efecto fotovoltaico
PV Module	Módulo fotovoltaico
Pyrometer	Pirómetro
Quality management system	Sistema de gestión de calidad
Semiconductor	Semiconductor
Silicon	Silicona

Solar spectrum	Espectro solar
Stand-alone PV system	Sistema fotovoltaico autónomo
Standard test conditions (STC)	Condiciones estándares de prueba (STC)
String	Cuerda / cadena / serie / secuencia
Tracking system	Sistema de seguimiento / rastreo
Voltage	Voltaje
Wafer	Oblea



8. LITERATURA

1. Goetzberger A., Voß B., Knobloch J.: *Sonnenenergie: Photovoltaik*. Teubner Studienbücher, Stuttgart, Germany, 1994.
2. Goetzberger A., Wittwer V.: *Sonnenenergie – Physikalische Grundlagen und thermische Anwendungen*. Teubner Studienbücher, Stuttgart, Germany, 1996.
3. Benz J., Ortiz B., Roth W., Sauer D.U., Steinhüser A.: *Fuel Cells in Photovoltaik Hybrid Systems for Stand-Alone Power Supplies*. Proceedings 2nd European PV-Hybrid and Mini-Grid Conference, Kassel, Germany, 2003.
4. Roth W., Schmidt H., Schulz W., Steinhüser A.: *Photovoltaic Power Supply for Telecommunication Network Components in Remote Areas*. Proceedings TELESCON 2000, Dresden, Germany, 2000.
5. Palz W.: *Power for the world – a global photovoltaic action plan*. Solar Europe Newsletter, Kommission der Europäischen Gemeinschaften, DG XII, 1993.
6. Schweizer P., Shresta J.N.: *What can solar electricity provide for the Himalayan society? The case of Nepal*. 13th European Photovoltaic Solar Energy Conference, Nice, France, 1995.
7. *Successful User Schemes for Photovoltaic Stand-Alone Systems*. European Commission DG XVII, 2000.
8. *EPIA Global Market Outlook for Photovoltaics 2014-2018 (June 2014)*.
9. *PVPS Report Snapshot of Global PV 1992–2013. Report IEA-PVPS T1-24:2014*.

Fuentes electrónicas

1. <http://aberdeensolar.com/solar-pv/home-suitable>
2. <http://alternateenergycompany.com/how-solar-pv-panels-works-with-the-grid>
3. <http://energyinformative.org/wp-content/uploads/2012/05/off-grid-solar-system.png>
4. <http://gramwzielone.pl/energia-sloneczna/17916/czyszczenie-instalacji-fotowoltaicznej-zwiekszy-jej-wydajnosc>
5. <http://sine.ni.com/cs/app/doc/p/id/cs-12744>
6. <http://thatpowerguy.nz/solar/solar-power-system-size>
7. <http://www.alternative-energy-tutorials.com/solar-power/pv-panel.html>
8. <http://www.freesolarpanelsuk.co.uk/the-best-angle-and-orientation-for-solar-panels-in-the-uk.php>
9. <http://www.greenrhinoenergy.com/solar/performance/shading.php>
10. <http://www.instsani.pl/519/system-montazu-dla-dachu-pokrytego-dachowka-ceramiczna>
11. <http://www.iparu.com/dual-axis-tracker-pst-2a>
12. <http://www.laplacesolar.com/photovoltaic-products/solar-link-monitoring-solutions/>
13. <http://www.nuvisionenergy.co.uk/>
14. <http://www.photon-solar.eu/>

15. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-05962015000300297
16. <http://www.studymumbai.com/renewable-energy-resources.html>
17. http://www.thesolarplanner.com/array_plaement.html
18. <http://www.twojaenergia.pl/poradnik>
19. <https://ars.els-cdn.com/content/image/1-s2.0-S2214398X14000120-gr1.jpg>
20. <https://cen.acs.org/energy/solar-power/Perovskite-progress-pushes-tandem-solar/96/i24>
21. <https://energymag.net/daily-energy-demand-curve>
22. <https://greenpowerworksinc.com/energy-efficiency-for-residential>
23. <https://news.energysage.com/is-my-roof-even-suitable-for-solar>
24. <https://news.energysage.com/solar-panels-work-shade/>
25. <https://pveducation.org/pvcdrom/manufacturing/single-crystalline-silicon>
26. <https://solarips.com/2016/02/like-a-sunflower-solar-pv-panels-track-the-sun/>
27. <https://www.ecosoch.com/types-of-solar-on-grid-inverters-micro-string-central-2/>
28. <https://www.e-education.psu.edu/eme812/node/738>
29. <https://www.energy.gov/energysaver/buying-and-making-electricity/hybrid-wind-and-solar-electric-systems>
30. <https://www.homepower.com/articles/solar-electricity/design-installation/maximizing-solar-self-consumption>
31. <https://www.homepower.com/articles/solar-electricity/design-installation/energy-basics-shading-and-solar-electric-systems>
32. <https://www.indiamart.com/proddetail/aluminium-solar-mounting-structure-10795911762.html>
33. <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/Photovoltaics-Report.pdf>
34. <https://www.leoni-solar-windpower.com/en/products-services/generator-combiner-boxes/general-information/>
35. https://www.met.hu/en/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/altalanos_eghajlati_jellemzes/sugarzas
36. <https://www.powersystemsdesign.com/articles/the-promise-of-solar-technology/28/6289>
37. <https://www.quora.com/How-does-off-grid-solar-plant-work>
38. <https://www.quora.com/Why-do-solar-panels-face-south>
39. https://www.researchgate.net/figure/Mean-weekly-profile_fig1_313453567
40. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778814001224#fig0025>
41. <https://www.semanticscholar.org/paper/Design%2C-implementation-and-performance-analysis-of-Munna-Bhuyan/d143c1d713073ec0ada345f7b28ebdc7428b7c71/figure/0>
42. <https://www.semanticscholar.org/paper/Maximum-power-point-tracking-controller-using-P-and-Singh-Sarkar/89cc1255f020c31698fc6c90bc6d0872b523b39b/figure/1>
43. <https://www.solarpowerworldonline.com/2014/12/quick-run-bipv>
44. <https://www.solarquotes.com.au/blog/an-eastwest-split-of-solar-panels-on-a-single-string-can-work-well/>

