

LA MEDICIÓN EN UN ENTORNO FOTOVOLTAICO CON EL FTV500



La energía solar se puede utilizar para la producción de electricidad. La energía solar fotovoltaica convierte la radiación solar en electricidad mediante células fotovoltaicas integradas en paneles que pueden instalarse en edificios o en el suelo.

El principio es que ciertos materiales semiconductores, como el silicio, tienen la propiedad de generar electricidad cuando reciben la luz del sol: es el efecto fotovoltaico. Se implementa en las células del mismo nombre.

Tras la instalación de una estructura fotovoltaica, la eficiencia y la seguridad son de suma importancia. Por ello, ahora es necesario realizar pruebas de verificación.

Resulta a veces difícil leer la ficha técnica de un módulo fotovoltaico.

Es importante conocer la corriente y la potencia de la que se dispondrá al final.

Pero hay un punto que no se ha definido durante mucho tiempo, y es que se trata de una instalación eléctrica, y también debe formar parte de este nivel de seguridad.

En este sentido, una instalación fotovoltaica debe cumplir hoy en día los criterios de seguridad de cualquier instalación.

Antes de la conexión a la red eléctrica, debe realizarse una comprobación de los dispositivos de seguridad eléctrica.

Durante la conexión a la red eléctrica, se realiza una comprobación de su eficacia. En segundo lugar, es necesario realizar una inspección y luego una prueba periódica de las instalaciones eléctricas para determinar si la instalación (o parte de ella) no está deteriorada, lo que podría poner en peligro la seguridad del usuario, y para comprobar si la instalación cumple las normas vigentes.

Además, esta comprobación incluye un examen de la influencia de cualquier cambio en el uso de la instalación en comparación con la aplicación a la que estaba destinada anteriormente. También es necesario comprobar el rendimiento de la instalación, ya que la producción de electricidad es el objetivo principal de esta instalación.





LAS NORMAS

- **IEC 62446** - Esta norma está destinada a los diseñadores e instaladores de sistemas fotovoltaicos conectados a la red, que pueden utilizarla como plantilla para proporcionar una documentación eficaz a un cliente. Describe las pruebas de puesta en marcha, los criterios de inspección y la documentación prevista para verificar la seguridad de la instalación y el buen funcionamiento del sistema. Su última versión también define la información y documentación que debe entregarse al cliente tras la instalación de un sistema fotovoltaico conectado a la red.

- **IEC 61010** - Esta norma especifica los requisitos generales de seguridad de los equipos eléctricos para uso profesional, industrial (de proceso) y educativo, para todos los equipos que intervienen en el proceso de medición. Esta norma se estableció para determinar las normas generales de seguridad de los instrumentos de medida.

- **IEC 61557** - Esta norma trata de la seguridad eléctrica en redes de distribución de baja tensión hasta 1.000 v de c.a. y 1.500 v de c.c. Se refiere a los equipos de control, medida o vigilancia de las medidas de protección.

- **IEC 61557 - Parte 2 – Resistencia de aislamiento** - Este capítulo de la norma describe los requisitos aplicables a los equipos para medir la resistencia de aislamiento de equipos e instalaciones en estado desenergizado.

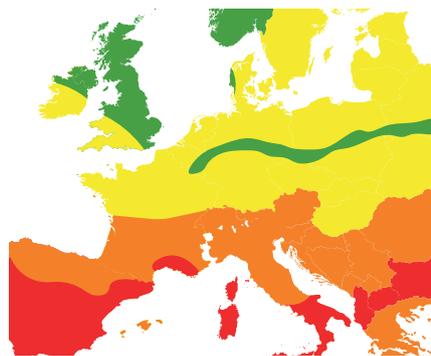
- **IEC 61557 - Parte 4 - Resistencia (continuidad) de las conexiones de tierra y equipotenciales** - Este capítulo de la norma describe los requisitos aplicables a los equipos para medir la resistencia de los conductores de puesta a tierra, conductores de puesta a tierra de protección y conductores de conexión equipotencial, incluidas sus conexiones y terminales, con indicación del valor o límites medidos.

- **IEC 60891** - Describe procedimientos de corrección con la temperatura y la irradiancia de la característica I-V (corriente-tensión) de dispositivos fotovoltaicos. Asimismo, describe los procedimientos para determinar los factores necesarios para estas correcciones.

- **IEC 60904** - Describe procedimientos para medir las características de corriente a voltaje de dispositivos fotovoltaicos en luz solar natural o simulada. Estos procedimientos se aplican a una sola célula solar fotovoltaica, un subconjunto de células solares fotovoltaicas o un módulo fotovoltaico.

LAS MEDIDAS

Como cualquier parte de una instalación eléctrica, los módulos de generación fotovoltaica deben cumplir las normas básicas de seguridad.



- **La continuidad** - La continuidad es buena en cuanto la resistencia de continuidad de la instalación es inferior a 2Ω . Todas las tierras de la instalación protegidas por el mismo dispositivo deben estar interconectadas con un conductor conectado al mismo sistema de puesta a tierra. La prueba de continuidad debe realizarse con una medición específica de tensión y corriente ($4/24 \text{ V @ } 200 \text{ mA}$).

- **El aislamiento (desenergizado/energizado)** - Se recomienda comprobar periódicamente la resistencia del aislamiento, tanto de los equipos eléctricos como de las instalaciones. En este contexto, la resistencia de aislamiento se mide entre cada conductor activo y la tierra (en modo desenergizado). Las pruebas se realizan con una tensión de prueba de varios cientos de voltios continuos. La dificultad de un sistema fotovoltaico es que es imposible detener la producción de electricidad. Mientras el panel recibe luz, produce electricidad. Para esta prueba, debe utilizarse un equipo capaz de realizar pruebas de aislamiento bajo tensión.

- **Las STC (Standard Test Conditions)** - Las condiciones de prueba estándar definen cómo se examinan los módulos fotovoltaicos en el laboratorio para determinar sus propiedades eléctricas. Son condiciones estándar que permiten comparar los módulos entre sí.

Las STC proporcionan una serie de condiciones de prueba que incluyen:

- El nivel de iluminación del módulo y, por tanto, la cantidad de energía recibida en una superficie de un panel solar es máxima cuando la radiación es perpendicular a dicha superficie.

- **Temperatura de la célula:** ahora sabemos que el efecto de la temperatura en una célula fotovoltaica influye en el perfil de su característica corriente-tensión. Sólo una pequeña parte de la radiación solar se convierte en electricidad. El resto sigue siendo calor. De ahí que una célula fotovoltaica mal ventilada aumentará su temperatura muy rápidamente. Cabe observar que la temperatura de la célula fotovoltaica tiene un efecto significativo en su tensión. Sin embargo, el efecto de la temperatura sobre la corriente de la célula fotovoltaica es insignificante. Resulta que a medida que aumenta la temperatura de la célula, la tensión en circuito abierto de la misma disminuye.



- **Coefficiente de masa de aire**, que corresponde al recorrido óptico de la radiación solar a través de la atmósfera terrestre en comparación con este recorrido cuando el Sol está en el cenit. Cuantifica el espectro solar en un lugar determinado después de que su radiación haya atravesado la atmósfera.

Los fabricantes de módulos siempre indican las propiedades generales, como las dimensiones o el peso del módulo, en las fichas técnicas de sus productos, pero sobre todo sus características eléctricas teóricas. También muestra el rendimiento (η) del panel en condiciones de prueba estándar (STC).

Electrical Rating at STC (1000 W/m², AM 1.5 spectrum, cell temperature 25°C)

Peak Power (P _{max})	90 W	Maximum Series Fuse	20 A
Production Tolerance of P _{max}	-5/+10%	Limiting reverse current (I _r)	5.58 A
Voltage @ P _{max} (V _{mpp})	17.9 V		
Current @ P _{max} (I _{mpp})	5.03 A		
Open Circuit Voltage (V _{oc})	22.2 V		
Short Circuit Current (I _{sc})	5.58 A		

Diagram showing the electrical connections with (+) and (-) terminals.

WARNING ELECTRICAL HAZARD
This solar module produces DC electricity when exposed to light

- **ALWAYS** observe the recommended safety precautions and use the recommended personal protection equipment.
- **ALL** installation and maintenance operations must be carried out by qualified personnel in accordance with local regulations.
- **BEWARE** dangerous DC voltages and currents may exist when modules are installed.
- **DO NOT** damage or scratch the rear surface of the module.
- **DO NOT** handle or install modules when they are wet or if the backsheet is damaged.
- **WHEN** connecting this solar module to other equipment then refer to the equipment manufacturer's instructions.

Refer to the Instruction Sheet for more information.
Manufactured by Ameresco Solar in ISO9001 certified facility in China.

UL 1703, Class C, Fire Rating: CLASS C
Certified to UL CORD Std C1703-01
Maximum System Voltage: 600V
Field Wiring: 14-10 AWG / 2.5-6.0 mm²
Cables: stranded copper, rated at 90°C min.
Minimum Bypass Diode: 10A

Class I Group ABCD
Div 2 T3C Ta=60°
48 VDC Maximum System Voltage

Certified in accordance with IEC 61215 Edition II & IEC 61730
Protection Class: Class A Installations
Maximum System Voltage: 1000V

CE, VDE

- **Las condiciones NOCT** - NOCT es la abreviatura del anglicismo Normal Operating Cell Temperatura (temperatura nominal de uso de las células). Efectivamente, las STC requieren un nivel de iluminancia de 1.000 W/m² y una temperatura de la célula de 25 °C. Sin embargo, en la realidad, las células de los módulos no funcionan en estas condiciones.

Así, la industria ha introducido condiciones de ensayo de células más realistas. Se trata de las condiciones NOCT:

- Nivel de iluminancia: 800 W/m²
- Temperatura externa: 20 °C
- Velocidad del viento: 1 m/s
- Masa de aire: AM = 1.5

Ya no se condiciona a la temperatura de las células, sino a la temperatura del aire circundante (20 °C) y a la velocidad del viento (1 m/s). En estas condiciones NOCT, que se aproximan a las condiciones de funcionamiento de las instalaciones fotovoltaicas, las células que componen los módulos fotovoltaicos se calentarán y alcanzarán una temperatura estacionaria, que se denomina temperatura nominal de funcionamiento de las células (en inglés: Normal Operating Cell Temperature, NOCT).

- **Rendimiento de una célula** - El rendimiento de una célula o módulo fotovoltaico es la relación entre la energía eléctrica generada por esta célula o módulo y la energía luminosa recibida en la superficie correspondiente. El rendimiento real varía por lo tanto continuamente, especialmente en función del tiempo (velos nubosos), sombras que puedan aparecer. Actualmente, la unidad más pequeña que se controla una vez colocada la instalación es el panel solar, que consta de varias células fotovoltaicas.

- **Rif** - Es la variación de la resistencia de la célula en función de la corriente de cortocircuito y de la tensión en circuito abierto.

- **La inclinación** - La inclinación representa el ángulo formado por el panel y una superficie horizontal. En Europa, sólo nos referimos a la teoría, y la inclinación perfecta de tus futuros paneles solares debería estar entre 30 °C y 35 °C con respecto a una línea horizontal (cerca del ecuador, el sol está por encima de la cabeza al mediodía: lo ideal es que el panel esté plano). Pero es obligatorio asegurarse en el momento de la prueba de que el sol está lo suficientemente alto en el horizonte. En ese caso, es necesario utilizar un inclinómetro. El acimut también es importante a la hora de configurar la instalación.

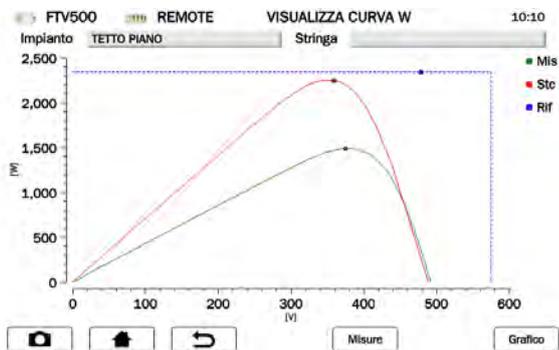
- **Tensión de circuito abierto Voc** - Es la tensión en los terminales de la célula cuando está en circuito abierto, es decir, cuando los polos + y - están eléctricamente aislados de cualquier otro circuito eléctrico (la corriente que circula por ella es entonces nula).

- **Corriente de cortocircuito I_{sc}** - Se trata de la corriente que atraviesa la célula fotovoltaica cuando está en cortocircuito, es decir, cuando el polo + está conectado al polo - (la tensión en sus bornes es entonces nula). La corriente de cortocircuito (I_{cc}) crece proporcionalmente con la iluminación, mientras que la tensión en circuito abierto (V_{oc}) varía muy poco.

- **Potencia pico (W_c)** - La potencia pico se define como la potencia eléctrica producida por la célula (o un panel) cuando se somete a las STC. Este valor se utiliza como referencia para comparar los paneles fotovoltaicos entre sí. La potencia pico de un módulo, anotada P_c, se define entonces como la potencia máxima del módulo con las STC.

$$\text{Entonces } P_c = P_{MPP}(STC) = U_{MPP}(STC) \times I_{MPP}(STC).$$

La potencia pico representa una potencia y, por tanto, se expresa en vatios (W). No obstante, como se trata de una potencia bastante especial, se expresa en vatios-pico (W_c).



• **Curva I-V** - La característica corriente-tensión de una célula fotovoltaica se determina mediante una serie de mediciones de los parámetros de tensión y corriente en sus bornes. Esto permite trazar una curva tensión-corriente (I-V). A continuación, se comparará con una curva calculada a partir de los elementos STC. La potencia suministrada por la célula es el producto de la corriente y de la tensión. El punto de máxima potencia se define por el producto de la tensión V_{mpp} (tensión de máxima potencia) y la corriente I_{mpp} (corriente de máxima potencia). No será el mismo punto por el que pasará la curva PV (potencia-tensión). Una buena curva de medida consta de más de 200 puntos, y cuanto más grandes sean, mayor será la resolución y el análisis posibles. La tensión varía de 0 V a la tensión máxima del MPP, la corriente está limitada por la corriente máxima del módulo.

• **El rendimiento del convertidor CA/CC - NOCT** es la abreviatura del anglicismo Normal Operating Cell Temperatura (temperatura nominal de uso de las células). Efectivamente, las STC requieren un nivel de iluminancia de 1.000 W/m^2 y una temperatura de la célula de $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Sin embargo, en la realidad, las células de los módulos no funcionan en estas condiciones.

Así, la industria ha introducido condiciones de ensayo de células más realistas. Se trata de las condiciones NOCT:

- Las conexiones en serie de varias células incrementan la tensión para una misma corriente.
- Poner las células en paralelo aumenta la corriente manteniendo la tensión.
- **Efecto de la temperatura** - Una célula PV convierte una energía radiante (radiación) en energía eléctrica con un rendimiento variable según la tecnología. El resto de la radiación que no se convierte en electricidad se convierte en gran parte en calor. Se refleja la fracción residual. De ahí que una célula fotovoltaica mal ventilada aumentará su temperatura muy rápidamente. La temperatura de la célula fotovoltaica tiene un efecto significativo en su tensión. Sin embargo, el efecto de la temperatura sobre la corriente de la célula fotovoltaica es insignificante. A medida que la temperatura de la célula aumenta, la tensión de circuito abierto de la célula disminuye, y al mismo tiempo la potencia de la célula disminuye.

EL FTV500

5 MEDIDAS EN 1 ÚNICO INSTRUMENTO

- Curva I-V (con control rápido)
- Continuidad
- Aislamiento eléctrico del sistema de la instalación fotovoltaica desenergizado y energizado
- Rendimiento del ondulador
- Registrador de datos

PRESTACIONES, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD ELÉCTRICA

- Instrumento multifunciones para el control de la seguridad eléctrica y de las prestaciones de una instalación fotovoltaica.
- Pantalla antirreflejos
- Serie de pruebas automáticas:
 - Medida de aislamiento de hasta 1.000 Vcc
 - Tensión en circuito abierto (V_{oc}) y corriente de cortocircuito (I_{sc})
 - Continuidad de los conductores de protección a 200 mA
- Gestión y creación directa de informes a partir del instrumento (almacenamiento directo en una memoria USB en los formatos estándares (pdf, doc, html, etc.))
- Carcasa remota para medidas de temperatura e insolación con transmisión WiFi (irradiación/temperatura)
- VNC para visualizar y compartir el control remoto, a través de una conexión WiFi
- Cumplimiento con las normas internacionales.internacionales

