

2.1 Cálculo bajo condiciones reales

Introducción

En el diseño de arreglos fotovoltaicos, uno de los errores más comunes es asumir que los paneles entregan en campo la **potencia nominal indicada en la ficha técnica**. En la realidad, esa potencia corresponde a condiciones de laboratorio (STC), no a condiciones reales de operación.

En esta sección aprenderemos a hacer **cálculos rápidos y realistas** para estimar:

- La potencia que realmente puede entregar un panel.
- El comportamiento del voltaje en condiciones de baja temperatura.
- Por qué estos cálculos son críticos para la seguridad del inversor.

2.1.1 Cálculo de potencia bajo condiciones “reales”

Para estimar la potencia de un panel fotovoltaico en condiciones **NOCT** (o condiciones similares a campo), se deben considerar dos ajustes fundamentales:

1. Ajuste por irradiancia

- STC usa 1000 W/m^2 .
- NOCT usa típicamente 800 W/m^2 .

2. Ajuste por temperatura de la celda

- Se utiliza el **coeficiente térmico de potencia (γ - gamma)**, proporcionado en la ficha técnica.

Coeficiente de temperatura

Tensión U_{oc}	-0,26 %/K
Corriente I_{sc}	0,046 %/K
Potencia P_{mpp}	-0,31 %/K

Fórmula para cálculo de potencia real

$$P = P_{STC} \times \frac{G}{1000 \text{ W/m}^2} \times [1 + \gamma \times (T_{celda} - 25^\circ\text{C})]$$

Donde:

- P_{STC} = potencia nominal del panel (W)
- G = irradiancia real (W/m^2)
 - En NOCT, normalmente **800 W/m^2**
- γ = coeficiente de temperatura de potencia P_{max} (-%/°C)
 - Ejemplo: $-0.35\%/^\circ\text{C} \rightarrow -0.0035/^\circ\text{C}$
- T_{celda} = temperatura de la celda (°C)
 - En NOCT, el fabricante suele indicar este valor (por ejemplo, 45°C)

Nota importante:

Los **25°C** corresponden a la temperatura de celda en condiciones STC.

Ejemplo práctico en NOCT

Supón:

- Panel: **550 W**
- NOCT: **45°C**
- $\gamma = -0.35\%/^\circ\text{C} = -0.0035$
- Irradiancia: **800 W/m^2**

1. Factor de irradiancia

$$\frac{800 \text{ W/m}^2}{1000 \text{ W/m}^2} = \mathbf{0.8}$$

2. Diferencia de temperatura

$$\Delta T = 45^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C} = 20^\circ\text{C}$$

3. Factor por temperatura

$$1 + \left(-\frac{0.0035}{^{\circ}\text{C}} \times 20^{\circ}\text{C}\right) = 1 - 0.07 = \mathbf{0.93}$$

4. Potencia en NOCT

$$P_{NOCT} = 550\text{W} \times 0.8 \times 0.93 \approx \mathbf{409\text{ W}}$$

Conclusión:

Un panel de **550 W en STC**, en condiciones NOCT típicas, entrega alrededor de **410 W pico**.

Regla de dedo

👉 **La potencia en NOCT es aproximadamente el 75% de la potencia STC.**

Esto explica perfectamente por qué **casi nunca se observa en campo la potencia “de etiqueta”**.

Además, este valor **no representa la potencia promedio del día**, sino solo un periodo corto cercano al cenit solar.

Fórmula estándar para calcular la temperatura de la celda

Cuando no se conoce directamente la temperatura de la celda, puede estimarse con la siguiente expresión:

$$T_{cell} = T_{amb} + \frac{G}{800\text{ W/m}^2} \times (NOCT - 20^{\circ}\text{C})$$

Donde:

- T_{cell} = temperatura de la celda ($^{\circ}\text{C}$)
- T_{amb} = temperatura ambiente ($^{\circ}\text{C}$)
- G = irradiancia instantánea (W/m^2)
- **NOCT** = temperatura nominal de operación de la celda ($^{\circ}\text{C}$)
- **800 W/m^2** = irradiancia de referencia NOCT
- **20°C** = temperatura ambiente en condiciones NOCT

¿Puede un panel producir más que su potencia nominal?

Sí, pero rara vez.

Esto solo ocurre bajo condiciones muy específicas:

- Clima frío ($\approx 5^{\circ}\text{C}$ o menos)
- Irradiancia **mayor a 1000 W/m^2** (días muy claros)
- Buena ventilación (control térmico)
- Alineación casi perfecta con el sol

Ejemplo real

- Panel: **600 W**
- Coeficiente térmico de potencia: **$-0.31\%/^{\circ}\text{C}$**
- Irradiancia: **1020 W/m^2**
- Temperatura de celda: **22°C**

i. Diferencia de temperatura respecto a STC

$$\Delta T = 22 - 25 = -3^{\circ}\text{C}$$

Esta es la temperatura ambiente

ii. Factor térmico

$$1 + (-0.0031/^{\circ}\text{C} \times -3^{\circ}\text{C}) \approx 1.012$$

→ Solo por temperatura, el panel puede entregar **1.2% más potencia**.

iii. Factor por irradiancia

$$\frac{1020 \text{ W/m}^2}{1000 \text{ W/m}^2} = 1.02$$

→ Solo por irradiancia, **2% más potencia**.

iv. Potencia real

$$P_{real} = 600\text{W} \times 1.02 \times 1.012 \approx 619 \text{ W}$$

Conclusión:

Un panel de **600 Wpico** puede llegar a producir alrededor de **619 W**, pero:

- Es temporal (minutos).
 - Depende mucho del clima e irradiancia.
 - **No se usa para cambiar el diseño eléctrico** (cables, protecciones, inversor).
-

2.1.2 Voc en temperatura baja

Ahora veremos por qué **calcular correctamente el voltaje es crítico para la seguridad del inversor**.

Objetivo principal

Garantizar que el **string fotovoltaico NO exceda el $V_{oc_{max}}$** del inversor.

- Cuando la temperatura baja, el **Voc del panel aumenta**.
- Si el voltaje del string supera el límite del inversor, **el equipo puede dañarse**.

Fórmula práctica de potencia real

$$V_{Ocreal} = V_{OCSTC} * [1 + (\Delta T \times \beta Voc)]$$

Donde:

- V_{Ocreal} = Voltaje de circuito abierto REAL del panel (V)
- V_{OCSTC} = Voltaje de circuito abierto en condiciones STC del panel (V)
 - *Este dato lo encontramos en la ficha técnica*
- G = Irradiancia real (W/m^2)
 - En NOCT, normalmente **800 W/m^2**
- βVoc = Coeficiente de temperatura de voltaje (-%/°C)
- ΔT = Diferencia de temperatura de la celda (°C)
 - Este cálculo es la diferencia entre la temperatura real de la celda y de la temperatura en STC.

Ejemplo simple

Datos:

- $V_{oc_{STC}} = 50 \text{ V}$
- Temperatura ambiente mínima esperada: 5°C
- $\beta_{V_{oc}} = -0.28\%/^{\circ}\text{C} = -0.0028/^{\circ}\text{C}$
- STC usa 25°C

i. Diferencia de temperatura

$$\Delta T = 5^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C} = -20^{\circ}\text{C}$$

ii. Incremento relativo del Voc

$$0.28\%/^{\circ}\text{C} \times 20^{\circ}\text{C} = 5.6\%$$

iii. Incremento

$$50 V_{oc} \times 0.056 = 2.8 \text{ V}$$

Voc real en frío

$$V_{oc_{frío}} = 50 + 2.8 = 52.8 \text{ V}$$

Esto significa:

- En un día muy frío, **cada panel** del string puede entregar $\sim 51\text{--}53 \text{ V}$, no el valor típico en operación.
- Este incremento se **multiplica por el número de módulos en serie**.

👉 Por eso este cálculo se hace antes de elegir el inversor.

Fuentes confiables para temperaturas mínimas y máximas

- <https://weatherspark.com>
- <https://worldweather.wmo.int>
- <https://www.imn.ac.cr>

2.1.3 Nota importante sobre coeficientes térmicos ($^{\circ}\text{C}$ vs K)

Algunas fichas técnicas expresan los coeficientes térmicos en $\%/^{\circ}\text{C}$ y otras en $\%/\text{K}$.

¿Esto afecta el cálculo?

No lo afecta. En este caso son exactamente equivalentes.

- $1 \text{ K} = 1 ^{\circ}\text{C}$ (cuando hablamos de diferencias de temperatura).
- Solo cambia el punto cero, no la magnitud del incremento.

Ejemplo:

- De 25°C a $5^{\circ}\text{C} \rightarrow -20^{\circ}\text{C}$
- De 298 K a $278 \text{ K} \rightarrow -20 \text{ K}$

La variación es idéntica.

Regla práctica:

👉 **Si ves $\%/\text{K}$ en una ficha técnica, úsalo tal cual como $\%/^{\circ}\text{C}$.**

No conviertas nada. El resultado será exactamente el mismo.

