



Europe



Intelligent Energy

# Estimación de la Energía Generada por un Sistema Fotovoltaico Conectado a la Red

## Balance energético





# ¿¿Un sistema IDEAL??

*Un sistema que disponga de un generador FV de potencia nominal 1 kWp, formado por 5 módulos de 200 Wp,STC según hojas de características técnicas del fabricante, e instalados de tal modo que reciban sobre su superficie una irradiación anual de 1925 kWh/m<sup>2</sup>-año inyectarían en la red, en “ausencia de pérdidas”, 1925 kWh en un año.*

- *La irradiancia sobre su superficie fuera constante e igual a 1000 W/m<sup>2</sup> durante 1925 horas al año.*
- *La incidencia de la irradiancia sobre la superficie del módulo fuera siempre perpendicular.*
- *La distribución espectral de la radiación se mantuviera constante e igual a 1.5 G.*
- *Los módulos que conforman el generador fotovoltaico fueran exactamente iguales, trabajaran siempre igualmente iluminados y con una temperatura de célula de 25 °C.*
- *El resto de componentes que conforman el sistema (cableado, protecciones, inversor,..) fueran ideales (la resistencia de los cables fuera igual a cero, los elementos de protección presentaran un comportamiento ideal, la conversión de energía se realizará con una eficiencia del 100%,..).*

**En RESUMEN, los módulos FV siempre trabajaran en CEM y el resto de elementos que integran el sistema fueran IDEALES.**





## Pérdidas normalizadas

# Concepto de Performance Ratio

La norma **UNE IEC 61724** es el estándar europeo donde se describen las recomendaciones generales para el análisis del comportamiento eléctrico de los sistemas fotovoltaicos, tanto conectados a la red como autónomos.

$$PR = \frac{E_{AC}}{\frac{H_a(\alpha, \beta) \cdot P_{GFV}}{G^*}}$$

**$E_{AC}$**  = Energía medida en kWh inyectada a la red.

**$H_a(\alpha, \beta)$**  = Irradiación anual incidente en el plano del generador medida en kWh/m<sup>2</sup>, siendo  $\alpha$  el azimut del generador y  $\beta$  su ángulo inclinación sobre la horizontal.

**$P_{GFV}$**  = Potencia máxima del generador fotovoltaico en CEM, en kWp.

**$G^*$**  = Irradiancia de referencia, 1kW/m<sup>2</sup>, que permite que este factor sea adimensional.

Europe



Intelligent Energy



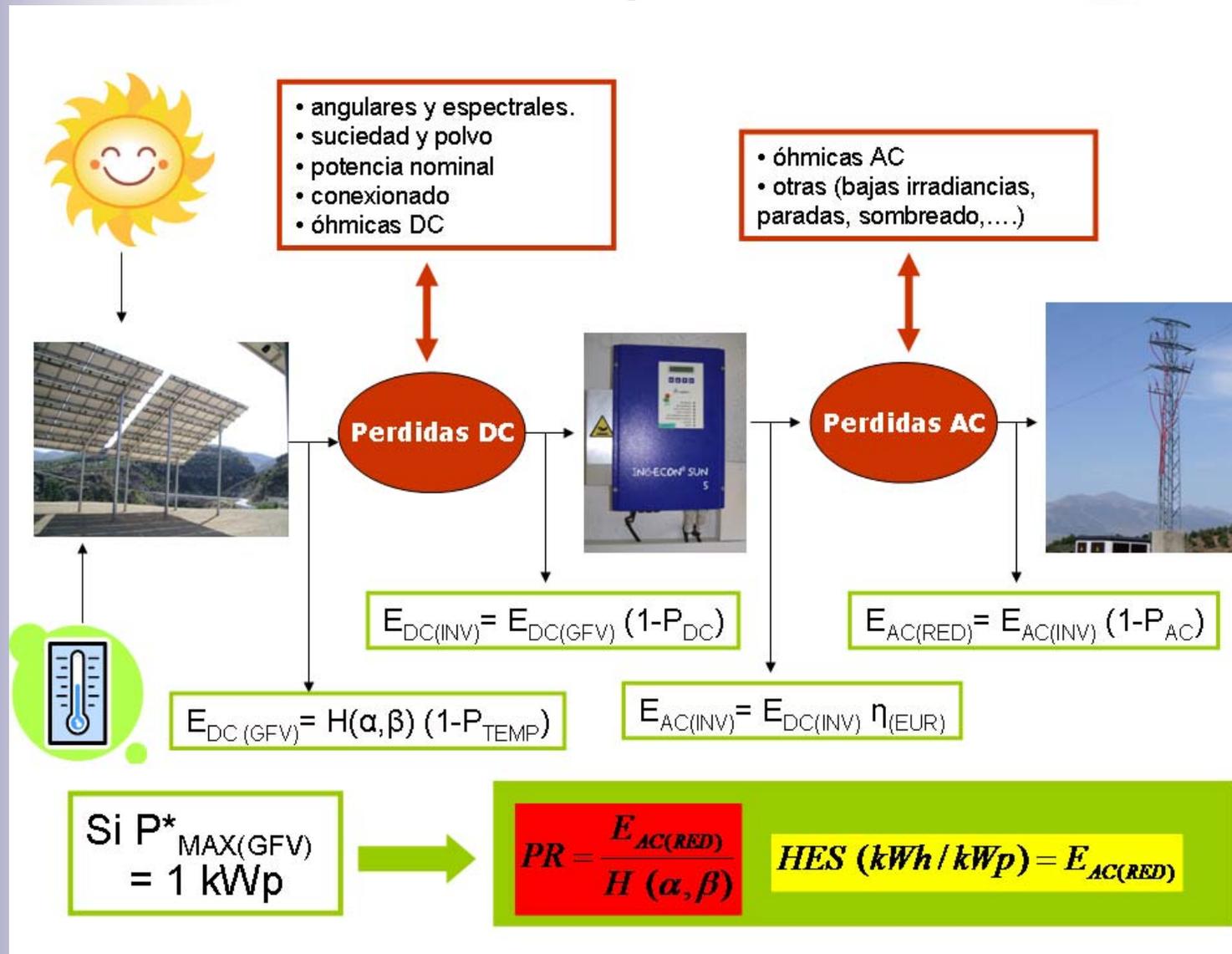
# Balance energético anual



Europe



Intelligent Energy





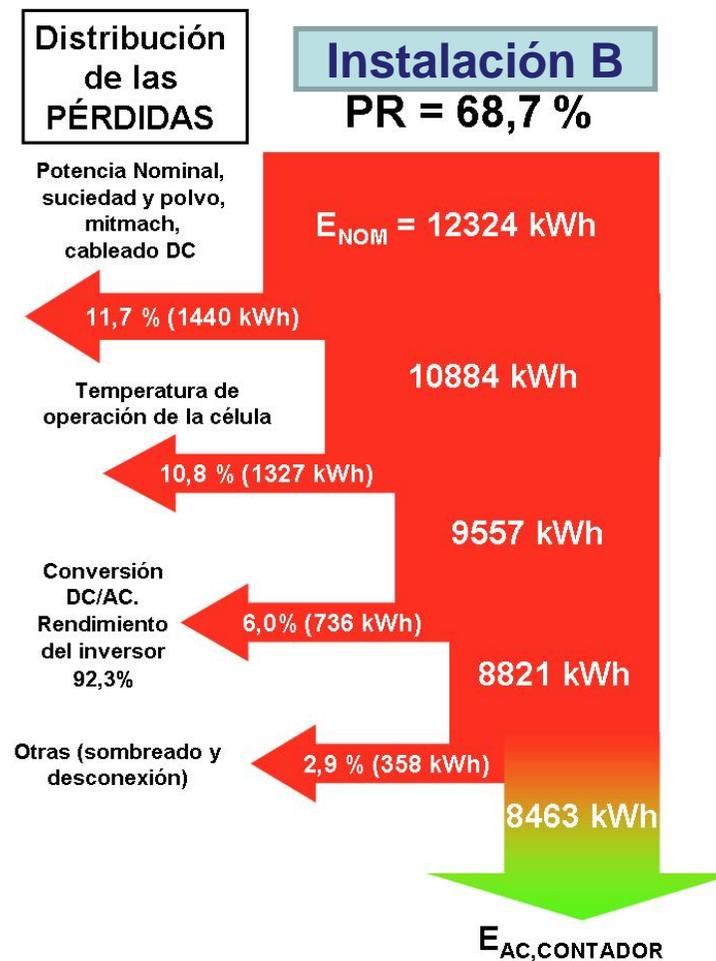
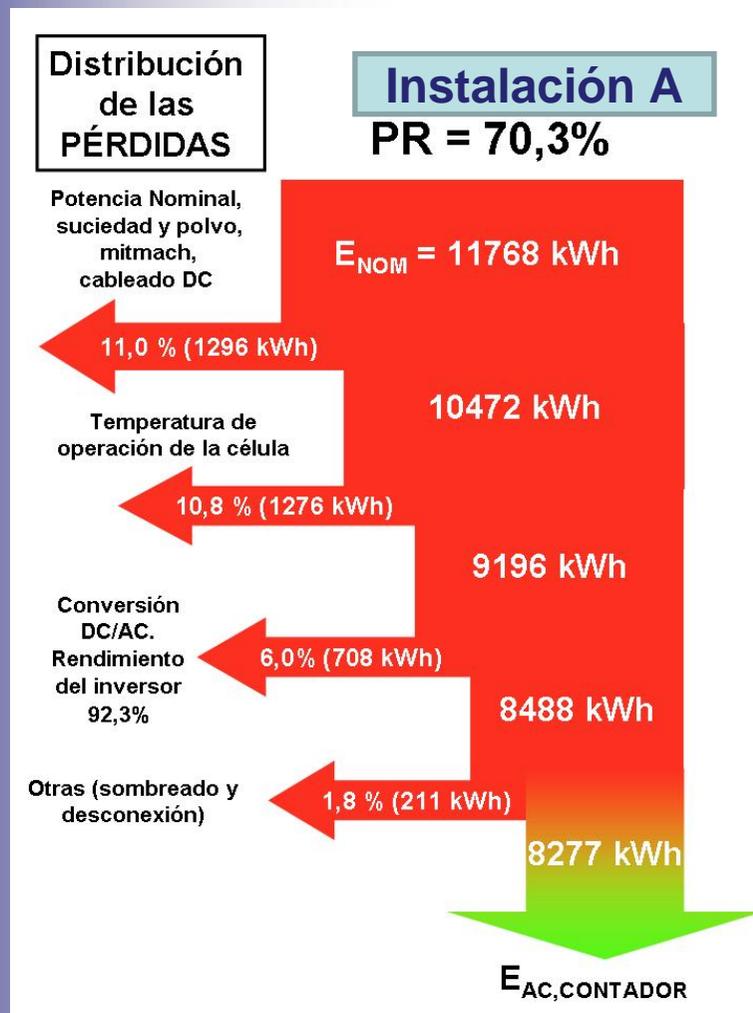
# Diagrama de Sankey (Sistema real)



Europe



Intelligent Energy





# Índices de producción



## Índice de producción final del sistema FV" (*YF*)

**YF** (definido también en **UNE 61724**) se conoce también como **Horas Equivalentes de Sol (*HES*)**, y brinda una normalización entre la energía AC producida por el sistema y el tamaño del generador FV expresado en kWp en CEM.

$$HES(kWh / kWp) = \frac{E_{AC}}{P_{GFV}} \quad (*)$$

(\*) El gobierno de España, en su último Real Decreto (RD-L 14/2010 de 23 diciembre de 2010), define "Número de horas equivalentes de funcionamiento de un SFCR".

Europe



Intelligent Energy

**I. DISPOSICIONES GENERALES****JEFATURA DEL ESTADO**

**19757** *Real Decreto-ley 14/2010, de 23 de diciembre, por el que se establecen medidas urgentes para la corrección del déficit tarifario del sector eléctrico.*

Tecnología	Horas equivalentes de referencia/año				
	Zona I	Zona II	Zona III	Zona IV	Zona V
Instalación fija. . . . .	1.232	1.362	1.492	1.632	1.753
Instalación con seguimiento a 1 eje . . . . .	1.602	1.770	1.940	2.122	2.279
Instalación con seguimiento a 2 ejes . . . . .	1.664	1.838	2.015	2.204	2.367

A estos efectos se define el número de horas equivalentes de funcionamiento de una instalación de producción de energía eléctrica como el cociente entre la producción neta anual expresada en kWh y la potencia nominal de la instalación expresada en kW.

No obstante lo dispuesto en la disposición adicional primera, hasta el 31 de diciembre de 2013 las horas equivalentes de referencia para las instalaciones de tecnología solar fotovoltaica acogidas al régimen económico establecido en el Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial, serán las siguientes:

Tecnología	Horas equivalentes de referencia/año
Instalación fija. . . . .	1.250
Instalación con seguimiento a 1 eje . . . . .	1.644
Instalación con seguimiento a 2 ejes . . . . .	1.707







# Reflexiones sobre los índices

Europe



Intelligent Energy

Que un SFCR presente un *PR* próximo a uno, no indica necesariamente que genere mucha energía. Un *PR* alto indica una buena eficiencia de conversión energética del sistema. Por muy bien diseñado y ejecutado que este un **SFCR en JAÉN** siempre tendrá un *PR* menor a una instalación igual situada, por ejemplo, **en los países nórdicos**.

Aunque probablemente, un SFCR situado en Jaén nunca pueda igualar en *PR* a uno situado en los países nórdicos, la buena noticia es que, en condiciones normales, **el  $Y_F$  de la instalación situada en nuestra provincia será el doble que el de una situada en centro-europa.**

*Dicho de otro modo, tendrá el mismo coste económico pero producirá el doble.*





# Estimación de la producción



$$E_{AC} = H_a(\alpha, \beta) \cdot P_{GFV} \cdot PR$$

$$PR = (1 - P_{TEMP}) \cdot (1 - P_{DC}) \cdot (\eta_{INV}) \cdot (1 - P_{AC}) \approx 0,65 - 0,80$$



Emplazamiento del sistema FV

**Porcentaje de pérdidas consideradas  
atendiendo a la causa que las producen**

	Opción A (%)	Opción B (%)	Opción C (%)
Mismatch	3,0%	3,0%	3,0%
Suciedad	4,0%	2,0%	1,0%
Angulares y espectrales	4,0%	3,0%	1,0%
Óhmicas DC	2,5%	1,0%	1,0%
Potencia inferior a la Nominal	5,0%	3,0%	3,0%
Rendimiento del algoritmo de seguimiento del PMP	3,0%	2,0%	2,0%
Sombreado	2,0%	1,0%	1,0%
Óhmicas AC	2,0%	1,0%	1,0%
Otros (baja irradiación, paradas,..)	2,0%	1,0%	1,0%

Europe



Intelligent Energy



# Bases de datos de radiación



<http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/>



<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/index.htm>

Europe



Intelligent Energy



# PVGIS

(Herramienta simple para la estimación de la producción energética de un SFCR)

**Interactive access to solar resource and photovoltaic potential:**

**Posters and maps of solar resource and photovoltaic electricity potential (Europe NEW, Africa)**

old version maps for Europe

Europe



Intelligent Energy



# PVGIS



(Herramienta simple para la estimación de la producción energética de un SFCR)

**PV potential estimation utility - Mozilla Firefox**

Archivo Editar Ver Historial Marcadores Herramientas Ayuda

http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php?lang=es&map=europe

Más visitados Comenzar a usar Fire... Últimas noticias

PVGIS home PV potential estimation utility

**JRC** **CM SAF** Photovoltaic Geographical Information System - Interactive Maps

EUROPA > EC > JRC > IE > RE > SOLAR > PVGIS > Interactive maps > Europa

Contact Important legal notice

"Ispra, Italy" "45.256N, 16.9589E" 37.515, -2.422

Huesa Jaen 37.764, -3.078

**PV Estimation** Monthly radiation Daily radiation

**Performance of Grid-connected PV**

Classic PVGIS

PV technology: Crystalline silicon

Installed peak PV power 1000 kWp

Estimated system losses [0;100] 14 %

**Fixed mounting options:**

Mounting position: Free-standing

Slope [0;90] 33 deg.  Optimize slope

Azimuth [-180;180] 5  Also optimize azimuth

(East=-90, South=0)

Vertical axis Slope [0;90] 0 deg.  Optimize

Inclined axis Slope [0;90] 0 deg.  Optimize

2-axis tracking

Examinar...

**Output formats**

Show graphs  Show horizon

Web page  Text file  PDF

Calculate [help]

Europe  
Intelligent Energy

Seminarios de formación para técnicos de entidades locales.





# PVGIS



(Herramienta simple para la estimación de la producción energética de un SFCR)

**PV potential estimation utility - Mozilla Firefox**  
Archivo Editar Ver Historial Marcadores Herramientas Ayuda  
http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php?lang=es&map=europe  
Más visitados Comenzar a usar Fire... Últimas noticias  
PVGIS home PV potential estimation utility

**JRC** **CM SAF** Photovoltaic Geographical Information System - Interactive Maps  
EUROPA > EC > JRC > IE > RE > SOLAR > PVGIS > Interactive maps > Europa Contact Important legal notice

"Ispra, Italy" "45.256N, 16.9589E" 37.515, -2.422  
Huesa Jaen 37.764, -3.078

**PV Estimation** Monthly radiation Daily radiation

**Performance of Grid-connected PV**  
Classic PVGIS  
PV technology: Crystalline silicon  
Installed peak PV power 1000 kWp  
Estimated system losses [0;100] 14 %

**Fixed mounting options:**  
Mounting position: Free-standing  
Slope [0;90] 33 deg.  Optimize slope  
Azimuth [-180;180] 5  Also optimize azimuth  
(East=-90, South=0)

Vertical axis Slope [0;90] 0 deg.  Optimize  
 Inclined axis Slope [0;90] 0 deg.  Optimize  
 2-axis tracking

Examinar...

**Output formats**  
 Show graphs  Show horizon  
 Web page  Text file  PDF

Calculate [help]

Europe  
Intelligent Energy

Seminarios de formación para técnicos de entidades locales.





# PVGIS

(Herramienta simple para la estimación de la producción energética de un SFCR)

The screenshot shows the PVGIS interface with the following elements:

- Performance of Grid-connected PV** section:
  - Classic PVGIS (dropdown)
  - PV technology: Crystalline silicon (dropdown)
  - Installed peak PV power: 1000 kwp (input)
  - Estimated system losses [0;100]: 14 % (input)
- Fixed mounting options:** (highlighted in yellow)
  - Mounting position: Free-standing (dropdown)
  - Slope [0;90]: 33 deg. (input) with  Optimize slope
  - Azimuth [-180;180]: 5 (input) with  Also optimize azimuth
- Tracking options:** (highlighted in green)
  - Vertical axis Slope [0;90]: 0 deg.  Optimize
  - Inclined axis Slope [0;90]: 0 deg.  Optimize
  - 2-axis tracking
- Output formats:**
  - Show graphs  Show horizon
  - Web page  Text file  PDF
- Buttons:** Examinar..., Calculate, [help]

Elección de la base de datos para parámetros medioambientales

Tecnología utilizada

Potencia pico del GFV

% pérdidas  
(sin considerar las relacionadas con la T<sup>a</sup> de operación)

Orientación e inclinación para Sistemas FIJOS

Tipo de seguimiento del GFV

Europe



Intelligent Energy



# PVGIS

(Herramienta simple para la estimación de la producción energética de un SFCR)

**PV power estimate information - Mozilla Firefox**  
 http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/PVcalc.php

**Performance of Grid-connected PV**

NOTE: before using these calculations for anything serious, you should read [\[this\]](#)

**PVGIS estimates of solar electricity generation**

Location: 37°45'50" North, 3°44'1" West, Elevation: 636 m a.s.l.

Solar radiation database used: PVGIS-classic

Nominal power of the PV system: 1000.0 kW (crystalline silicon)  
 Estimated losses due to temperature: 11.5% (using local ambient temperature)  
 Estimated loss due to angular reflectance effects: 2.6%  
 Other losses (cables, inverter etc.): 14.0%  
 Combined PV system losses: 25.8%

Fixed system: inclination=33°, orientation=5° (optimum)

Month	$E_d$	$E_m$	$H_d$	$H_m$
Jan	3220.00	99800	4.07	126
Feb	3450.00	96700	4.45	125
Mar	4300.00	133000	5.72	177
Apr	4210.00	126000	5.66	170
May	4620.00	143000	6.33	196
Jun	4660.00	140000	6.55	197
Jul	4690.00	145000	6.67	207
Aug	4510.00	140000	6.38	198
Sep	4260.00	128000	5.88	176
Oct	3760.00	116000	5.06	157
Nov	2930.00	87900	3.79	114
Dec	2790.00	86600	3.54	110
<b>Yearly average</b>	<b>3950</b>	<b>120000</b>	<b>5.35</b>	<b>163</b>
<b>Total for year</b>		<b>1440000</b>		<b>1950</b>

Terminado

Nominal power of the PV system: 1000.0 kW (crystalline silicon)  
 Estimated losses due to temperature: 11.5% (using local ambient temperature)  
 Estimated loss due to angular reflectance effects: 2.6%  
 Other losses (cables, inverter etc.): 14.0%  
 Combined PV system losses: 25.8%

<b>Yearly average</b>	<b>3950</b>	<b>120000</b>	<b>5.35</b>	<b>163</b>
<b>Total for year</b>		<b>1440000</b>		<b>1950</b>

Seguimiento a dos ejes

<b>Yearly average</b>	<b>5170</b>	<b>157000</b>	<b>7.06</b>	<b>215</b>
<b>Total for year</b>		<b>1890000</b>		<b>2580</b>

Europe



Intelligent Energy