



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Estudio comparativo del diseño de instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red eléctrica usando varias herramientas

A comparative study of the design of grid-connected photovoltaic installations using various tools

Autor

Carlos José Caridad Casado

Director

José Luis Bernal Agustín

Titulación del autor

Grado de Ingeniería de Tecnologías Industriales

ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
2020

Resumen

Este Trabajo de Fin de Grado trata sobre el estudio comparativo del diseño de instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a la red eléctrica usando varias herramientas.

En primer lugar, se realizará una revisión de las herramientas más utilizadas para el diseño de instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red eléctrica. Los softwares empleados son PVsyst, PVGIS y Ninja.Renewables.

Posteriormente, se propondrán distintos casos de estudio, con diferentes localizaciones y tecnologías de la instalación solar fotovoltaica. Se diseñarán las instalaciones de los casos de estudio, considerando las opciones que permitan las herramientas, tales como las bases de datos de irradiación, la inclinación fija, seguidor a un eje o a dos, etc.

Y por último, se realizará un análisis de la expectativa de la rentabilidad esperada en función de la herramienta utilizada.

Índice

Resumen	1
Índice	2
1. Introducción	5
1.1. Objeto.....	5
1.2. Definiciones	5
1.3. Bases de datos	7
1.3.1. PVGIS-SARAH.....	7
1.3.2. PVGIS-CMSAF.....	7
1.3.3. PVGIS-ERA5.....	8
1.3.4. PVGIS-COSMO	8
1.3.5. Meteonorm	8
1.3.6. NASA-MERRA.....	9
2. Herramientas más utilizadas para el diseño de instalaciones FV conectadas a la red eléctrica.....	10
2.1. Sistema de información geográfica fotovoltaica (PVGIS).....	10
2.1.1. Parámetros de entrada del PVGIS.....	10
2.1.2. Factores de influencia	11
2.1.3. Resultados del PVGIS	11
2.2. PVsyst	12
2.2.1. Pre-dimensionamiento	12
2.2.2. Diseño del proyecto	14
2.2.3. Base de datos	17
2.2.4. Herramientas.....	17
2.3. Ninja Renewables.....	17
2.3.1. Base de datos	17
2.3.2. Renewables.ninja - web.....	18
2.3.3. Renewables.ninja - Interfaz Excel.....	18
2.4. Pliego de condiciones del IDAE.....	19
2.4.1. Objeto	19
2.4.2. Generalidades.....	19
2.4.3. Definiciones	20
2.4.4. Diseño	20
2.4.5. Componentes y materiales.....	21
2.4.6. Recepción y pruebas	21
2.4.7. Cálculo de la producción anual esperada	21

2.4.8.	Requerimientos técnicos del contrato de mantenimiento.....	21
2.4.9.	Anexos.....	22
3.	Casos de estudio.....	23
3.1.	Localización.....	24
3.1.1.	La Coruña.....	24
3.1.2.	Pamplona.....	26
3.1.3.	Huesca.....	28
3.1.4.	Zaragoza.....	30
3.1.5.	Sevilla.....	32
3.2.	Tipología de los casos.....	34
4.	Diseño de las instalaciones de los casos de estudio.....	35
4.1.	La Coruña.....	35
4.1.1.	Caso 1.....	35
4.1.2.	Caso 2.....	36
4.1.3.	Caso 3.....	37
4.1.4.	Caso 4.....	37
4.1.5.	Caso 5.....	38
4.1.6.	Caso 6.....	39
4.1.7.	Caso 7.....	39
4.1.8.	Caso 8.....	40
4.2.	Pamplona.....	41
4.2.1.	Caso 1.....	41
4.2.2.	Caso 2.....	41
4.2.3.	Caso 3.....	42
4.2.4.	Caso 4.....	43
4.2.5.	Caso 5.....	43
4.2.6.	Caso 6.....	44
4.2.7.	Caso 7.....	45
4.2.8.	Caso 8.....	45
4.3.	Huesca.....	46
4.3.1.	Caso 1.....	46
4.3.2.	Caso 2.....	47
4.3.3.	Caso 3.....	47
4.3.4.	Caso 4.....	48
4.3.5.	Caso 5.....	49
4.3.6.	Caso 6.....	49
4.3.7.	Caso 7.....	50

4.3.8.	Caso 8.....	51
4.4.	Zaragoza	51
4.4.1.	Caso 1.....	51
4.4.2.	Caso 2.....	52
4.4.3.	Caso 3.....	53
4.4.4.	Caso 4.....	53
4.4.5.	Caso 5.....	54
4.4.6.	Caso 6.....	55
4.4.7.	Caso 7.....	55
4.4.8.	Caso 8.....	56
4.5.	Sevilla	57
4.5.1.	Caso 1.....	57
4.5.2.	Caso 2.....	57
4.5.3.	Caso 3.....	58
4.5.4.	Caso 4.....	59
4.5.5.	Caso 5.....	59
4.5.6.	Caso 6.....	60
4.5.7.	Caso 7.....	61
4.5.8.	Caso 8.....	61
4.6.	Energía producida	63
5.	Expectativa de rentabilidad	64
5.1.	Caso 1	64
5.2.	Caso 2	65
5.3.	Caso 3	66
5.4.	Caso 4	67
5.5.	Caso 5	68
5.6.	Caso 6	69
5.7.	Caso 7	70
5.8.	Caso 8	71
6.	Conclusiones.....	73
	Bibliografía.....	74
	Anexo A.....	76
	Anexo B	196
	Anexo C	201

1. Introducción

1.1. Objeto

Este Trabajo Fin de Grado tiene como objeto el estudio comparativo del diseño de instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a la red eléctrica haciendo uso de varias herramientas, como PVsyst, PVGIS, Ninja.Renewables y el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red o Pliego de condiciones del IDAE.

Se diseñarán las instalaciones de los casos de estudio teniendo en cuenta las diferentes opciones que permitan las herramientas.

Se analizarán los resultados, y su efecto en la rentabilidad esperada en este tipo de instalaciones (autoconsumo).

Hay que destacar que este trabajo no abarca datos económicos, por lo que sólo se tendrán en cuenta los valores de producción energética. No se entra a valorar el costo de cada instalación ni el precio de la energía según su localización. Ésto podría hacer una variación de las conclusiones.

1.2. Definiciones

Para entender de una manera más clara este documento se realiza una contextualización y se definen una serie de conceptos, definiciones obtenidas del Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red:

Las *energías renovables* son aquellas que provienen de medios naturales y son inagotables. Éstas son la energía solar, eólica, hidráulica, geotérmica, mareomotriz y biomasa.

La *energía solar* aprovecha la energía procedente del Sol en forma de radiación para transformarla en energía eléctrica. Para ello se emplean ciertos dispositivos y tecnologías que serán descritos más adelante.

La *radiación solar* es la energía procedente del Sol en forma de ondas electromagnéticas.

La *irradiancia* es la densidad de potencia incidente en una superficie o la energía incidente en una superficie por unidad de tiempo y unidad de superficie. Se mide en kW/m^2 .

La *irradiancia directa* es la radiación que proviene directamente del Sol.

La *irradiancia difusa* es la radiación que proviene de todas las direcciones excepto la que llega directamente del Sol. Es la que existe en un día nublado.

La *irradiancia reflejada* es parte de la radiación reflejada por el suelo.

La *irradiancia global* es la suma de la irradiancia directa, difusa y reflejada. Es el total de la radiación que llega a un lugar.

El *albedo* es el porcentaje de radiación reflejado por una superficie frente a la radiación que incide en esta.

La *irradiación* es la energía incidente en una superficie por unidad de superficie y a lo largo de un cierto período de tiempo. Se mide en kWh/m², o bien en MJ/m².

Las *instalaciones fotovoltaicas* son aquellas que disponen de módulos fotovoltaicos para la conversión directa de la radiación solar en energía eléctrica sin ningún paso intermedio.

El *inversor* es un convertidor de tensión y corriente continua en tensión y corriente alterna. También se denomina ondulator.

La *célula solar o fotovoltaica* es un dispositivo que transforma la radiación solar en energía eléctrica.

La *célula de tecnología equivalente* (CTE) es la célula solar encapsulada de forma independiente, cuya tecnología de fabricación y encapsulado es idéntica a la de los módulos fotovoltaicos que forman la instalación.

El *módulo o panel fotovoltaico* es el conjunto de células solares directamente interconectadas y encapsuladas como único bloque, entre materiales que las protegen de los efectos de la intemperie.

Las *Condiciones Estándar de Medida* (CEM) son las condiciones de irradiancia y temperatura en la célula solar, utilizadas universalmente para caracterizar células, módulos y generadores solares y definidas del modo siguiente:

- Irradiancia solar: 1000 W/m²
- Distribución espectral: AM 1,5 G
- Temperatura de célula: 25° C

La *potencia pico* es la potencia máxima del panel fotovoltaico en CEM.

La *TONC* es la temperatura de operación nominal de la célula, definida como la temperatura que alcanzan las células solares cuando se somete al módulo a:

- Irradiancia solar: 800 W/m²
- Distribución espectral: AM 1,5 G
- Temperatura ambiente: 20° C
- Velocidad del viento: 1 m/s

La *potencia instalada* en corriente alterna de una central fotovoltaica conectada a la red es la potencia de corriente alterna a la entrada de la red eléctrica para un campo fotovoltaico con todos sus módulos en un mismo plano y que opera, sin sombras, a las condiciones estándar de medida (CEM).

El *ángulo de inclinación* (β) es el ángulo que forma la superficie de los módulos con el plano horizontal (figura 1, ilustración 1). Su valor es 0° para módulos horizontales y 90° para verticales.

El *ángulo de azimut* (α) es el ángulo entre la proyección sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del módulo y el meridiano del lugar (figura 2, ilustración 1). Su valor es 0° para módulos orientados al Sur, -90° para módulos orientados al Este y +90° para módulos orientados al Oeste.

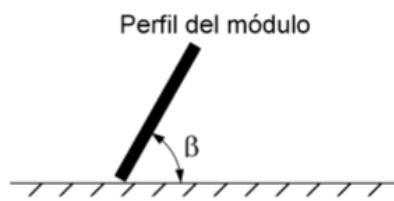


Fig. 1

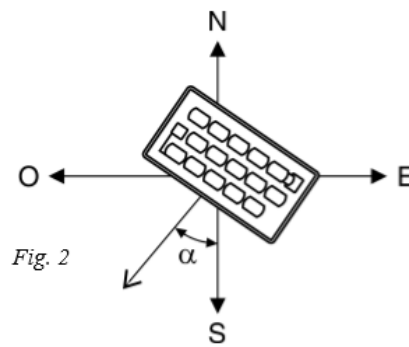


Fig. 2

Ilustración 1. Inclinación y azimut.

1.3. Bases de datos

Una *base de datos* es un conjunto de datos que tienen relación entre sí y son almacenados metódicamente para usarse cuando sean necesarios. En este sentido, una base de datos de radiación solar almacena los datos obtenidos a través de diferentes fuentes para su posterior uso, como puede ser, en este caso, el estudio de varios sistemas fotovoltaicos. Las fuentes de datos son dispositivos de medición satelitales y basados en tierra.

El número relativamente bajo de dispositivos de medición basados en tierra es la razón por la cual las mediciones satelitales se usan con más frecuencia. Por lo general, los satélites geoestacionarios hacen las observaciones requeridas.

La ventaja más destacable de usar tales datos es que los datos de radiación solar están disponibles en toda el área cubierta por las imágenes de satélite, normalmente disponibles series de tiempo largas, hasta 30 años o más. La principal desventaja es la necesidad de utilizar métodos numéricos sofisticados para calcular la radiación solar a nivel del suelo. Este tipo de cálculo requiere también datos sobre vapor de agua atmosférico, ozono y aerosoles.

1.3.1. PVGIS-SARAH

El conjunto de datos de radiación solar de superficie - Heliosat (SARAH) es una climatología fundamentada en satélites de la irradiancia de la superficie solar, la irradiancia directa de la superficie y el albedo de nubes efectivo extraídos de las observaciones satelitales de los canales visibles de los instrumentos MVIRI y SEVIRI a bordo del geoestacionario Meteosat satélites. Los datos están disponibles desde 2005 hasta 2016 y cubren el área de $\pm 65^\circ$ de longitud y $\pm 65^\circ$ de latitud. Los productos están disponibles como promedios mensuales, diarios y por hora en una cuadrícula regular de latitud/longitud con una resolución espacial de $0.05^\circ \times 0.05^\circ$.

1.3.2. PVGIS-CMSAF

La recuperación de la irradiancia de la superficie solar CMSAF (Instalación de Aplicación de Satélites para el Monitoreo del Clima) se basa en cálculos de transferencia de radiación utilizando parámetros obtenidos del satélite como datos de entrada. Forma parte del segmento terrestre de la Organización Europea para la Explotación de Satélites Meteorológicos (EUMETSAT) y de la red de Instalaciones de Aplicación de Satélites EUMETSAT. Contribuye al monitoreo operativo a largo plazo del sistema climático al proporcionar variables climáticas

esenciales relacionadas con el ciclo de energía y agua de la atmósfera, como los parámetros de la nube, los componentes del presupuesto de radiación de la superficie y la parte superior de la atmósfera (TOA) y el vapor de agua atmosférico. El CMSAF contribuye a la observación sostenible del sistema climático al proporcionar variables climáticas fundamentales relacionadas con el ciclo de energía y agua de la atmósfera. El objetivo principal del CMSAF es la generación de registros de datos climáticos (CDR) satelitales. Un registro de datos climáticos es una serie temporal de longitud, consistencia y calidad suficientes para determinar la variabilidad y el cambio climático. Los datos están disponibles de 2007 a 2016.

1.3.3. PVGIS-ERA5

Estos datos son producidos por el Centro Europeo de Previsión Meteorológica de Medio Alcance (ECMWF). ERA5 proporciona estimaciones por hora de una gran cantidad de variables climáticas atmosféricas, terrestres y oceánicas. Los datos cubren la Tierra en una cuadrícula de 30 km y resuelven la atmósfera utilizando 137 niveles desde la superficie hasta una altura de 80 km. ERA5 incluye información sobre incertidumbres para todas las variables a resoluciones espaciales y temporales reducidas. Los datos disponibles cubren un período de tiempo de 2010 a 2016.

1.3.4. PVGIS-COSMO

El modelo COSMO (Consortium for Small-Scale Modeling) es un modelo de predicción atmosférica de área limitada no hidrostática. Ha sido diseñado tanto para la predicción numérica operativa del clima (PNT) como para diversas aplicaciones científicas. El modelo COSMO se basa en las primitivas ecuaciones termohidrodinámicas que describen el flujo compresible en una atmósfera húmeda. Este modelo utiliza un espacio de cuadrícula de alrededor de 7 km. Los datos disponibles cubren un período de 2005 a 2015.

1.3.5. Meteonorm

Meteonorm es una base de datos climatológica global. Está principalmente diseñada para sistemas de energía solar activa como plantas fotovoltaicas o sistemas solares térmicos. Estos sistemas generalmente usan valores estadísticos de datos meteorológicos. La planificación se basa principalmente en un pronóstico de irradiancia a largo plazo y otros parámetros. Hoy en día, muchos planificadores usan software de simulación (especialmente para proyectos más complejos).

La mayor parte del software necesita como entrada los llamados años típicos. Tales años típicos contienen datos por hora durante un año o más (8760 líneas de entrada por año) de radiación global y temperatura y, a veces, otros parámetros como la velocidad del viento. Hay tres tipos principales de series temporales: valores medidos, años meteorológicos típicos (TMY) o años de referencia de diseño (DRY) y series de tiempo generadas matemáticamente.

- Valores medidos (datos terrestres y satelitales). Proporcionan la información más precisa, pero tienen varias desventajas: existen pocas estaciones terrestres en todo el mundo con todo el conjunto de información, se necesitan al menos 10 años de datos y es costoso y lento obtenerlos. De los datos satelitales solo se pueden derivar parámetros de radiación.

- Los tipos de datos TMY incluyen variaciones de varios años en un año y, por lo tanto, solo se necesita un conjunto de datos de un año para la simulación. Dependiendo de la aplicación, están más o menos adaptados. Son dependientes del sitio. Generalmente TMY reproduce bien las distribuciones estadísticas de 10 años de los datos originales; en particular, se incluyen valores extremos. En regiones montañosas los parámetros de radiación solar de altos horizontes son sólo representativos para áreas pequeñas debido a las fuertes variaciones de la línea del horizonte de un lugar a otro.

- Series de tiempo generadas matemáticamente. La ventaja de las series de tiempo generadas matemáticamente es que son independientes y se puede usar para cualquier lugar. La distribución estadística y las correlaciones automáticas y cruzadas están diseñadas para ajustarse a los valores medidos tanto como sea posible. Un año incluye información de varios como en TMYs. Generalmente significa que se logran distribuciones mensuales (valores extremos medios).

Meteonorm pertenece al grupo de series de tiempo generadas matemáticamente (primero subgrupo). La razón para elegir este tipo de modelo fue que podía proporcionar datos para cualquier sitio en el mundo (junto con la interpolación de medios mensuales) y el tiempo. Las series corresponden a valores típicos.

1.3.6. NASA-MERRA

El conjunto de datos de análisis retrospectivo de la era moderna para investigación y aplicaciones (MERRA) se lanzó en 2009 por la Oficina Global de Modelado y Asimilación (GMAO) de la NASA. Se basa en una versión del sistema de asimilación de datos atmosféricos GEOS-5 que se congeló en 2008. Los datos de MERRA abarcan el período 1979 hasta febrero de 2016 y se produjeron en una cuadrícula de $0.5^{\circ} \times 0.66^{\circ}$ con 72 capas. MERRA se usó para conducir reanálisis independientes de la superficie terrestre (MERRA-Land) y aerosoles atmosféricos (MERRAero).

El análisis retrospectivo de la era moderna para investigación y aplicaciones, versión 2 (MERRA-2) proporciona datos a partir de 1980. Se introdujo para reemplazar el conjunto de datos MERRA original debido a los avances realizados en el sistema de asimilación que permiten la asimilación de la radiación hiperspectral moderna y observaciones de microondas, junto con conjuntos de datos de ocultación de radio GPS. También utiliza las observaciones del perfil de ozono de la NASA que comenzaron a fines de 2004. Los avances adicionales tanto en el modelo GEOS como en el sistema de asimilación GSI están incluidos en MERRA-2. La resolución espacial sigue siendo la misma (aproximadamente 50 km en la dirección latitudinal) que en MERRA.

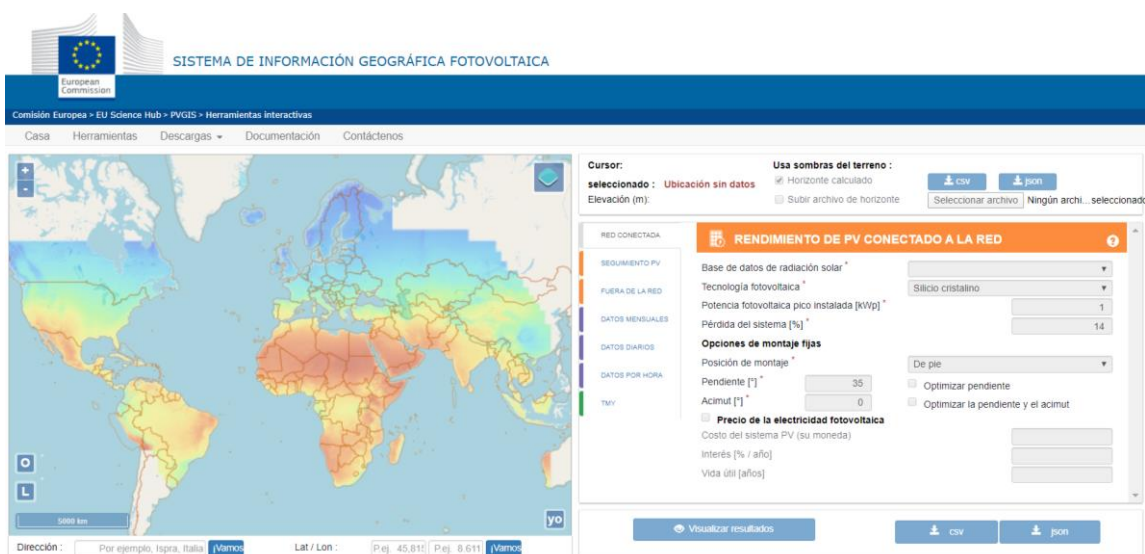
Junto con las mejoras en la asimilación meteorológica, MERRA-2 da algunos pasos significativos hacia el objetivo de GMAO de un nuevo análisis del Sistema Terrestre. MERRA-2 es el primer reanálisis global a largo plazo que asimila observaciones espaciales de aerosoles y representa sus interacciones con otros procesos físicos en el sistema climático.

2. Herramientas más utilizadas para el diseño de instalaciones FV conectadas a la red eléctrica

2.1. Sistema de información geográfica fotovoltaica (PVGIS)

El sistema de información geográfica fotovoltaica, o su abreviatura en inglés PVGIS, es una calculadora o herramienta que determina el rendimiento de los sistemas fotovoltaicos, tanto autónomos como conectados a la red, y que es realizado por la Comisión Europea.

2.1.1. Parámetros de entrada del PVGIS



The screenshot displays the PVGIS web interface. On the left is a world map with a color-coded solar radiation overlay. The right panel, titled 'RENDIMIENTO DE PV CONECTADO A LA RED', contains the following input fields and options:

- Cursor:** Ubicación sin datos (selected), Elevación (m).
- Usa sombras del terreno:** Horizonte calculado, Subir archivo de horizonte.
- RED CONECTADA:** RENDIMIENTO DE PV CONECTADO A LA RED.
- Base de datos de radiación solar:** Dropdown menu.
- Tecnología fotovoltaica:** Silicio cristalino.
- Potencia fotovoltaica pico instalada [kWp]:** 1.
- Pérdida del sistema [%]:** 14.
- Opciones de montaje fijas:** Optimizar pendiente, Optimizar la pendiente y el acimut.
- Posición de montaje:** De pie.
- Pendiente [°]:** 35.
- Acimut [°]:** 0.
- Precio de la electricidad fotovoltaica:** Costo del sistema PV (su moneda), Interés [% / año], Vida útil [años].

Buttons for 'Visualizar resultados', 'csv', and 'json' are visible at the bottom of the form.

Ilustración 2. Entradas de datos en el PVGIS conectado a la red.

Para realizar la consulta, primero se ingresa la ubicación de la zona deseada. Los datos específicos de la ubicación se pueden almacenar en el campo de entrada respectivo. Los parámetros requeridos para el cálculo son los siguientes:

- Base de datos de radiación solar: los datos de radiación solar utilizados en PVGIS provienen principalmente de datos satelitales. De esta manera, se obtienen datos para cada ubicación en grandes áreas geográficas con un análisis por hora. Se puede elegir entre "PVGIS-SARAH", "PVGIS-CMSAF", "PVGIS-ERA5" y "PVGIS-COSMO".
- Tecnología fotovoltaica: dependiendo del sistema fotovoltaico diseñado, se puede optar entre celdas de silicio cristalino, módulos de película delgada hechos de CIS o CIGS, o módulos de película delgada hechos de telurio de cadmio (CdTe).
- Potencia fotovoltaica pico instalada: es la potencia que el fabricante declara que la matriz fotovoltaica puede producir en Condiciones Estándar de Medida (CEM).
- Pérdidas del sistema: es el porcentaje de las pérdidas del sistema, como la pérdida de energía debido a cables o inversores, etc. Como el valor predeterminado es 14%, se puede mantener este valor para una primera estimación.
- Análisis financiero: es el precio de la electricidad fotovoltaica.

- Costo del sistema PV (su moneda): es el costo total de instalación, incluidos los componentes del sistema fotovoltaico (módulos fotovoltaicos, montaje, inversores, cables, etc.) y los costos de instalación (planificación, instalación ...). El precio de la electricidad calculado por PVGIS será el precio por kWh de electricidad en la misma moneda elegida por el usuario.
- Interés: es la tasa de interés a pagar sobre cualquier préstamo necesario para financiar el sistema fotovoltaico. Esto supone una tasa de interés fija sobre el préstamo que se pagará en cuotas anuales durante la vida útil del sistema.
- Vida útil: es la vida útil esperada del sistema fotovoltaico en años. Se utiliza para calcular el costo de electricidad efectivo. Si el sistema fotovoltaico es de mayor duración, el costo de la electricidad será correspondientemente menor.
- Opciones de montaje fijas: se hace una distinción entre posición de montaje de pie o integrado en edificio.
- Pendiente: es el ángulo entre la horizontal y la superficie del panel. 0° es para horizontal, 90° es para vertical.
- Azimut: el azimut, u orientación, es el ángulo de los módulos fotovoltaicos en relación con la dirección hacia el sur. -90° es este, 0° es sur y 90° es oeste.
- Opciones de seguimiento: se puede calcular aproximadamente el rendimiento previsto de un sistema fotovoltaico con seguimiento. Con un sistema de seguimiento uniaxial, se ingresa la orientación para el eje vertical o inclinado, según el diseño.
- Subir archivo de horizonte: es posible cargar un archivo con un horizonte especial o elementos de sombreado.

2.1.2. Factores de influencia

Los siguientes factores influyen en el rendimiento fotovoltaico:

- Irradiación durante el año (por ejemplo, picos de alimentación en verano, alimentación adicional de la red eléctrica en invierno).
- Diseño, ángulo de inclinación y degradación del rendimiento relacionada con la edad o el uso de los módulos solares.
- Inclinación del techo y sombreado.
- Ubicación geográfica (la radiación solar es más intensa en el sur que en las regiones del norte).
- Altitud (cuanto más alta, más fuerte es la radiación solar).
- Microclima (las áreas con menos cobertura de nubes tienen mayor radiación solar).

2.1.3. Resultados del PVGIS

Los resultados se publican en forma de gráficos y tablas que muestran la cantidad diaria (estimada) de energía eléctrica a esperar en cada mes de un sistema fotovoltaico con las propiedades ingresadas. También muestra la producción promedio anual por día y proporciona datos estadísticos.

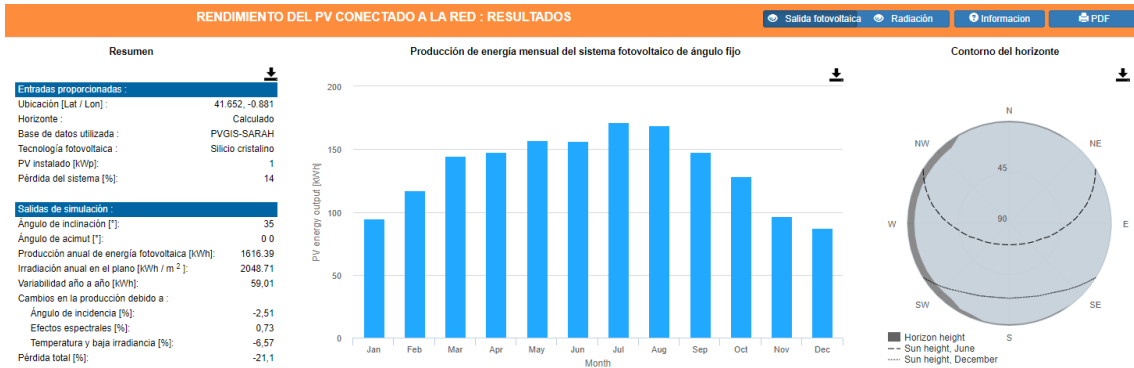


Ilustración 3. Salidas de datos del PVGIS conectado a la red.

2.2. PVsyst

El PVsyst es un programa de cálculo que permite realizar el diseño, simulación y análisis de datos de una instalación fotovoltaica. El software ha sido desarrollado por la Universidad de Ginebra.

Este programa permite importar fácilmente datos meteorológicos de las bases de datos más usadas, como PVGIS y Meteonorm.

Tras ejecutar el programa, aparecen distintas opciones. Éstas son: pre-dimensionamiento, diseño del proyecto, base de datos y herramientas.

2.2.1. Pre-dimensionamiento

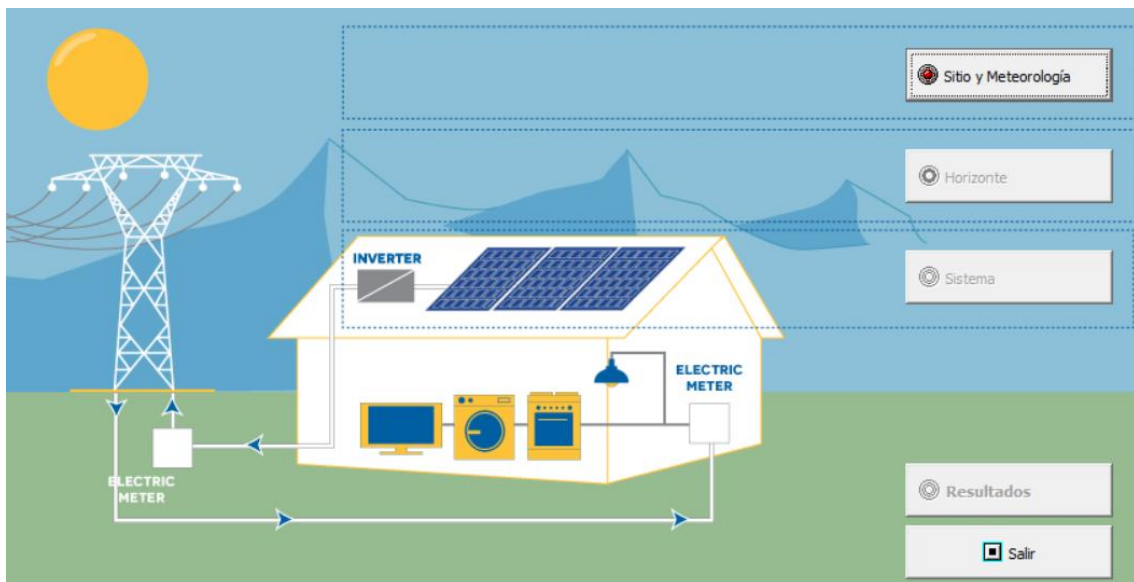


Ilustración 4. Ventana inicial de pre-dimensionamiento del PVsyst conectado a la red.

El pre-dimensionamiento de un proyecto permite hacer una primera evaluación de las dimensiones del sistema y sus componentes, y evaluaciones rápidas de la producción del sistema, calculadas utilizando valores mensuales, aunque sin componentes reales.

Para empezar a introducir los parámetros de entrada se requiere un orden establecido por el programa (ilustración 4). Primero se inserta la localización del proyecto para conocer el sitio y la meteorología del entorno. Después se define el horizonte, o lo que es lo mismo, las sombras que puedan ser proyectadas. Por último, se incluyen las componentes del sistema (ilustración 5):

- Especificaciones de la matriz: opción de elección entre:
 - Área activa: superficie activa de la matriz. Se mide en metros cuadrados.
 - Potencia nominal: potencia pico de la instalación en kWp.
 - Rendimiento anual: energía eléctrica anual. Sus unidades son MWh/año.
- Orientación plana del colector: indica cómo se sitúa la placa según la orientación. Dependiendo de éstos, irán cambiando el factor de transposición, las pérdidas con respecto a la posición óptima y la radiación recibida.
 - Inclinación: ángulo entre la horizontal y la superficie del panel. 0° es para horizontal, 90° es para vertical.
 - Azimut: ángulo de los módulos fotovoltaicos en relación con la dirección hacia el sur. -90° es este, 0° es sur y 90° es oeste.
- Tipo de módulo fotovoltaico: indicar de qué tipo es, su tecnología, su disposición de montaje y sus propiedades de ventilación.

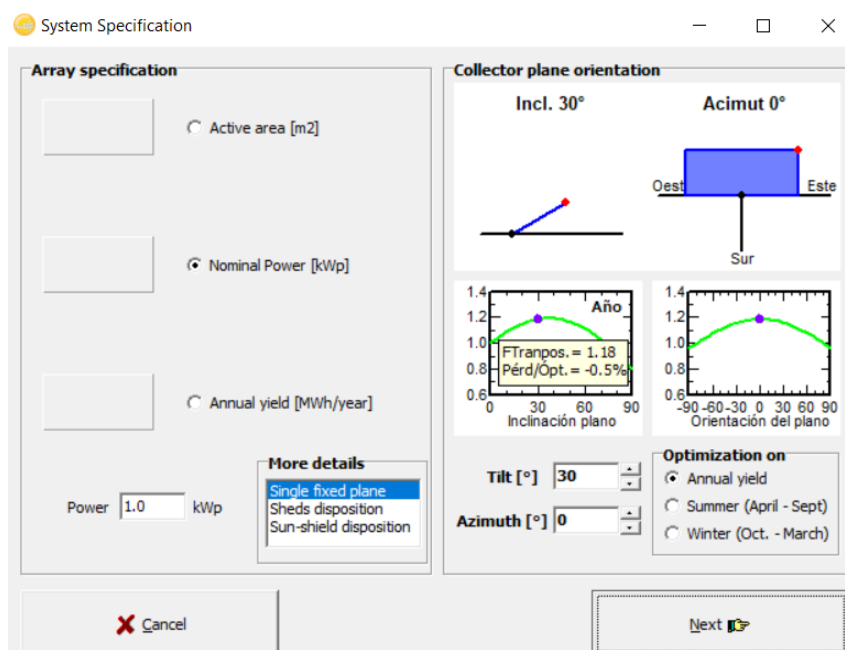


Ilustración 5. Especificaciones del sistema del PVsyst conectado a la red.

Una vez introducidos los parámetros, se puede visualizar los resultados del pre-dimensionamiento para la instalación fotovoltaica (ilustración 6).

- Diagrama de irradiación: radiación diaria recibida por el módulo, tanto inclinado como horizontal.
- Energía de salida del sistema: producción de energía al cabo del año
- Tabla de resultados: radiación recibida en el plano horizontal, radiación recibida en el módulo inclinado, energía media diaria en cada mes y energía total en cada mes.
- Costes: costes de inversión y costes de energía eléctrica.

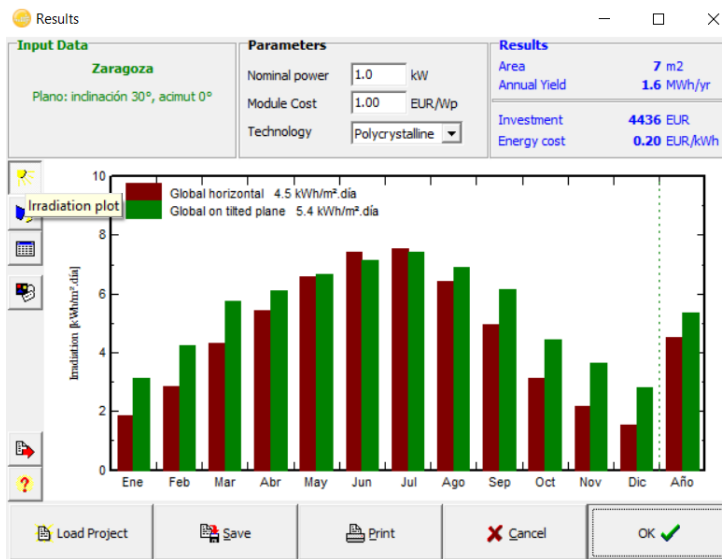


Ilustración 6. Salidas de datos del PVsyst conectado a la red.

2.2.2. Diseño del proyecto

El diseño del proyecto permite realizar el estudio completo del sistema, así como los cálculos precisos de la producción del sistema utilizando simulaciones detalladas por hora, la interpretación y comparación de las diferentes variantes de simulación, el sombreado del perfil de obstáculos y el uso de herramientas 3D para el estudio de los efectos de sombras cercanas, el análisis detallado de las pérdidas del sistema y la evaluación económica con los precios de los componentes reales.

Lo primero que se requiere son los datos para la designación del proyecto, en donde se debe insertar el sitio y los datos meteorológicos de la ubicación de la instalación fotovoltaica (ilustración 7). Para ello se requiere la utilización de una base de datos.

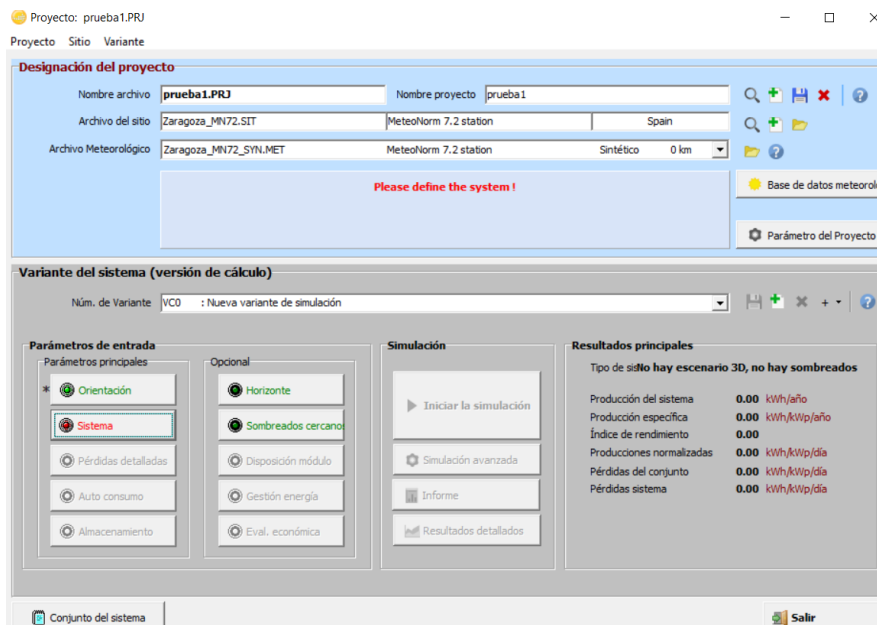


Ilustración 7. Ventana inicial de diseño del proyecto del PVsyst conectado a la red.

Después, ya se pueden introducir los parámetros de entrada del sistema:

- Orientación: indica cómo se sitúa la placa según la orientación. Dependiendo de éstos, irán cambiando el factor de transposición, las pérdidas con respecto a la posición óptima y la radiación recibida.
 - Inclinación: ángulo entre la horizontal y la superficie del panel. 0° es para horizontal, 90° es para vertical.
 - Azimut: ángulo de los módulos fotovoltaicos en relación con la dirección hacia el sur. -90° es este, 0° es sur y 90° es oeste.
 - Tipo de campo: distintas opciones, ya sean si los módulos están en un plano fijo, o seguidores del eje horizontal, o varias orientaciones, etc.
- Sistema (ilustración 8): se definen los parámetros del sistema. PVsyst presenta una configuración de matriz que permite realizar una simulación preliminar. El software incorpora un sistema de mensajes de advertencia o error codificado por colores.
 - Configuración global del sistema: número de subconjuntos en una instalación fotovoltaica (ilustración 9).
 - Ayuda al dimensionamiento: insertar la superficie disponible de los módulos o la potencia pico deseada.
 - Selección del módulo FV: modelo del módulo solar situado en la base de datos.
 - Selección del inversor: modelo del inversor situado en la base de datos.
 - Dimensionamiento del conjunto: número de módulos en serie y en cadena, número de módulos totales y superficie total de ocupación.
- Horizonte: gráfico de la altura del sol con respecto a la orientación, hora y día del año.
- Sombreados cercanos: posibilidad de añadir sombreados que puedan afectar a la instalación fotovoltaica.

Definición de un sistema red, Variante "Nueva variante de simulación"

Configuración global sistema

1 N.º de sub-conjuntos

Esquema Simplificado

Resumen sistema global

N.º de módulos	68	Potencia nominal FV	21.1 kWp
Superficie módulos	132 m ²	Potencia máxima FV	19.8 kWdc
N.º de inversores	2	Potencia nominal CA	16.4 kWac

Sub-conjunto #1

Nombre y orientación del sub-conjunto

Nombre: Sub-conjunto #1

Orientación: Plano Inclinado Fijo

Inclinación: 35°

Azimut: 0°

Ayuda al dimensionamiento

Sin pre-dim. Entrar Pnom deseada: 19.0 kWp

Redimens. superficie disponible(módulos): 118 m²

Selección del módulo FV

Disponible actualmente: [dropdown] Filter: All PV modules Módulos necesarios aprox. 61

JS Solar (Jiangsu Jiashu) 310 Wp 31V Si-poly JS310P 72 cells Since 2007 Manufacturer 2015

Dimensionamiento de voltajes: 31.3 V

Voc (-10°C) 51.8 V

Use Optimizer

Selección del inversor

Disponible actualmente: [dropdown] Output voltage 230 V Mono 50Hz

Fronius International 8.2 kW 80 - 800 V TL 50/60 Hz Primo 8.2-1 Since 2015

N.º de entradas MPPT: 4

Voltaje de funcionam.: 80-800 V Inverter power used 16.4 kWac

Utilice característica mu Voltaje máx. de entrada: 1000 V inverter con 2 MPPT

Dimensionamiento del conjunto

N.º de módulos y cadenas

Mód. en serie: 17 entre 3 y 19

N.º de cadena: 4 única posibilidad 4

Pérdida sobrecarga 0.3 %

Relación Pnom 1.29

N.º módulos 68 Superficie 132 m²

Cond. de funcionamiento

Vmpp (60°C)	531 V
Vmpp (20°C)	651 V
Voc (-10°C)	881 V

Irradiancia plano 1000 W/m²

Imp (STC)	33.4 A
Isc (STC)	35.2 A
Isc (en STC)	35.2 A

Potencia nom. Conjunto (STC) 21.1 kWp

Pmáx en funcionamiento en 1000 W/m² y 50°C 18.7 kW

Conjunto del sistema Anular OK

Ilustración 8. Definición del sistema PVsyst conectado a la red.

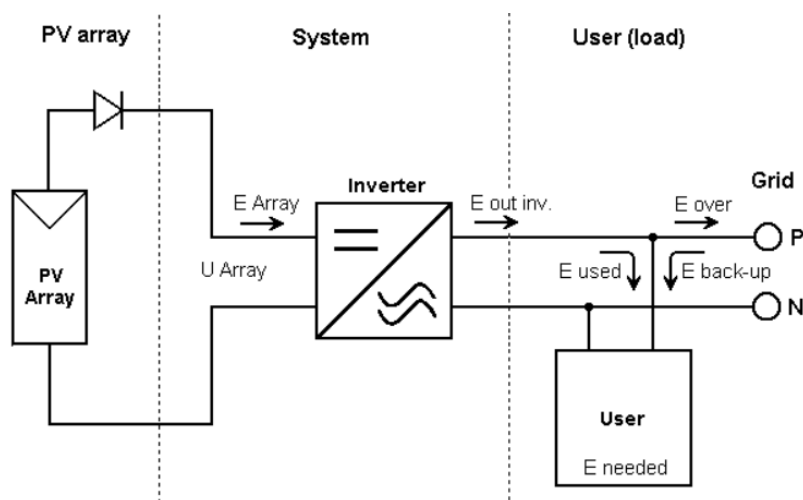


Ilustración 9. Esquema simplificado de un subconjunto.

La simulación calcula la distribución de energías a lo largo del año (ilustración 10). Los resultados principales son:

- La producción total de energía: esencial para la evaluación de la rentabilidad del sistema fotovoltaico.
- La relación de rendimiento: describe la calidad del sistema en sí.
- La energía específica: indicador de producción basado en la irradiación disponible (ubicación y orientación).

Los resultados muestran las principales energías y ganancias o pérdidas asociadas con la simulación. Es una herramienta para un análisis rápido del comportamiento del sistema y posibles mejoras en el diseño.

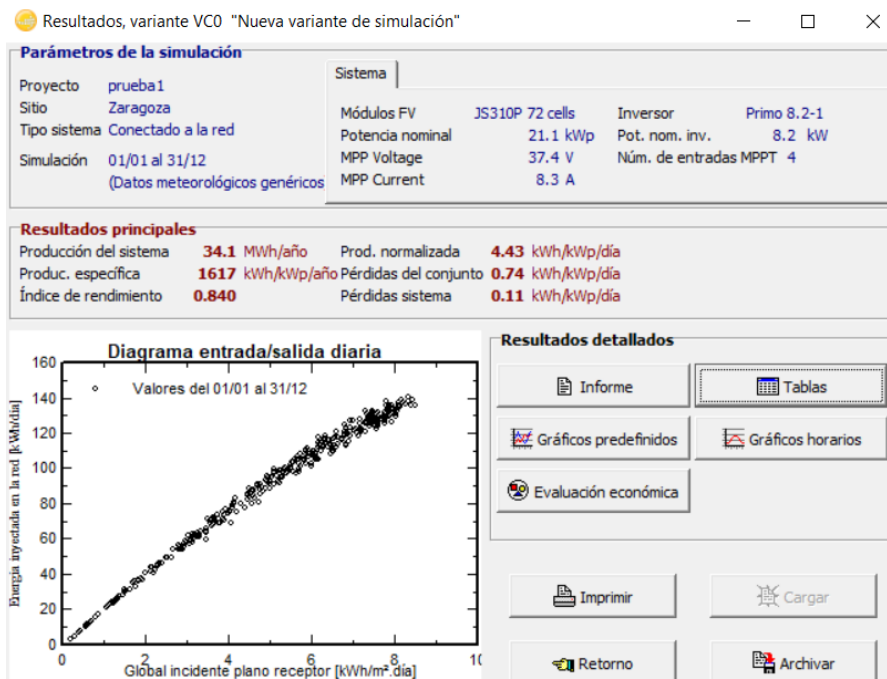


Ilustración 10. Resultados del PVsyst conectado a la red.

2.2.3. Base de datos

Los datos de componentes y meteorológicos se gestionan en la base de datos. Se puede utilizar la información y los datos proporcionados por el programa o agregar nuevos, tanto importarlos de otras bases de datos como designarlos manualmente.

- Base de datos meteorológicos: sitios geográficos, generación horaria sintética, tablas y gráficos meteorológicos, comparación de datos meteorológicos e importación de diversas fuentes.
- Base de datos de componentes: módulos FV, inversores, baterías, reguladores de carga, bombas, reguladores de bombeo, generadores, precios, fabricantes y detallistas.

2.2.4. Herramientas

Las herramientas que facilita el PVsyst son didácticas e informativas. Se dividen en:

- Caja de herramientas solares:
 - Tablas y gráficos para la geometría solar.
 - Comportamiento eléctrico de los módulos fotovoltaicos
 - Factor de transposición, optimización del plano de orientación para datos meteorológicos específicos.
 - Cálculo meteorológico rápidos con condiciones específicas.
 - Optimización del voltaje fijo de funcionamiento con respecto al MPP de un año completo.
- Datos medidos: Análisis de datos medidos en un sistema real (medidas de salida de potencia del sistema incluidas).
 - Importar los datos medidos como archivo ASCII.
 - Manipulación de archivos de datos medidos.
 - Visualización y análisis de los archivos de datos registrados: tablas y gráficos de parámetros solares.
 - Simulación y comparación de valores: análisis de los datos medidos.

2.3. Ninja Renewables

El Ninja Renewables es un programa que permite ejecutar simulaciones de la producción de energía por hora de las plantas de energía eólica y solar ubicadas en cualquier parte del mundo. Ha sido desarrollado por el Imperial College London y ETH Zürich.

Funciona tomando datos meteorológicos de modelos de reanálisis global y observaciones satelitales. Sus dos fuentes de datos son NASA MERRA y un conjunto de datos SARA de CM-SAF.

2.3.1. Base de datos

Los análisis meteorológicos globales MERRA y MERRA-2, así como el conjunto de datos satelitales CM-SAF SARA basados en Meteosat, producen simulaciones fotovoltaicas por hora en Europa. Para validar estas simulaciones, se registran las series de tiempo medidas de más de

1,000 sistemas fotovoltaicos y la producción nacional total reportada por los operadores del sistema de transmisión. Los datos satelitales tienen una precisión ligeramente mejor, pero son más estables que los datos de análisis.

Los resultados cuantifican la forma en que el crecimiento creciente de la energía fotovoltaica cambia significativamente la demanda de energía neta y afecta la adecuación del sistema y los requisitos de la rampa, con efectos heterogéneos en diferentes países europeos.

2.3.2. Renewables.ninja - web

Los modelos de Renewables.ninja utilizan datos históricos del clima para simular la producción de energía de parques eólicos y solares en cualquier parte del mundo. Utilizando el sitio web, se puede introducir la latitud y longitud directamente o pinchar en un lugar del mapa determinado, apareciendo en el cajetín de la izquierda la latitud y longitud. Para introducir los datos, se selecciona *PV Solar*. Se puede elegir la base de datos, el año de los datos usados, la capacidad (kWp), las pérdidas del sistema, si hay seguimiento o no, la inclinación y el azimut. Dándole a *Correr* saldrán los resultados gráficos y se pueden guardar los resultados numéricos en formato CSV.



Ilustración 11. Renewables.ninja

2.3.3. Renewables.ninja - Interfaz Excel

La interfaz de Excel (ilustración 12) de Renewables.ninja permite ejecutar simulaciones y entregar los resultados directamente a una hoja de cálculo.

Hay seis modelos de hojas de trabajo, que producen simulaciones de parques fotovoltaicos o eólicos, con una resolución mensual, diaria o por hora. En este caso sólo se hará uso a los correspondientes con los fotovoltaicos.

Los parámetros del modelo se insertan en las celdas grises en la sección superior de la hoja de trabajo. Estos parámetros son: la base de datos, el año, la latitud, la longitud, la capacidad de potencia, la pérdida del sistema, el rastreo, la inclinación y el azimut.

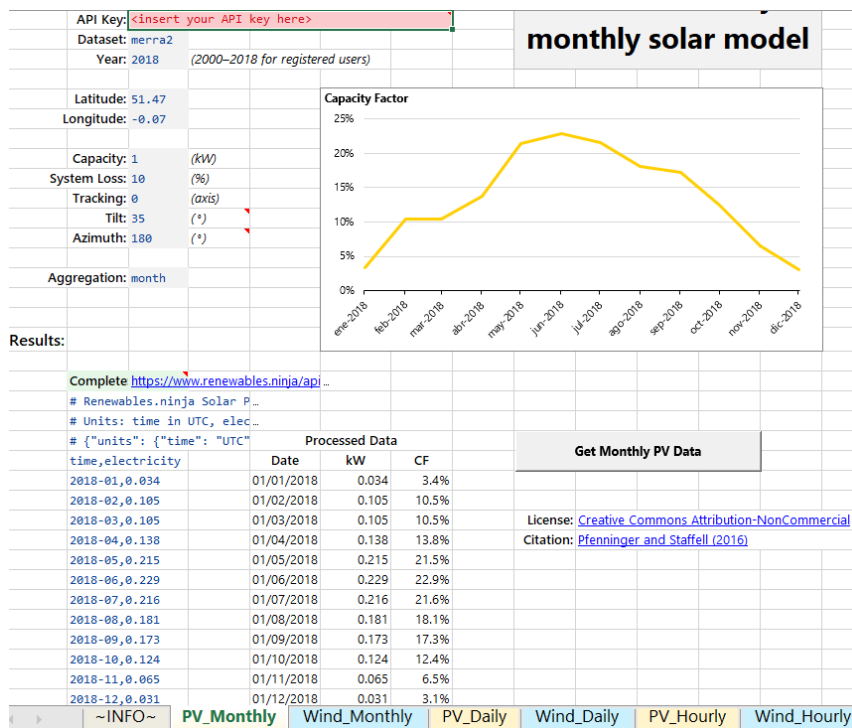


Ilustración 12. Interfaz Excel de Ninja Renewables

Una vez insertados, se pincha en *Get PV Data* y se reflejan los resultados obtenidos. Éstos se muestran tanto en una gráfica como en una tabla, donde aparecen los meses/días/horas de todo el año, la potencia obtenida y el factor de capacidad (CF).

2.4. Pliego de condiciones del IDAE

2.4.1. Objeto

El Pliego de condiciones del IDEA es un documento que tiene como objeto fijar las condiciones técnicas mínimas que deben cumplir las instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a red. Pretende ser una guía para instaladores y fabricantes de equipos, definiendo las especificaciones mínimas que debe cumplir una instalación.

Se pueden implementar soluciones diferentes a las exigidas, siempre que quede suficientemente justificada su necesidad y que no impliquen una disminución de las exigencias mínimas de calidad especificadas.

2.4.2. Generalidades

Este Pliego se emplea para las instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a la red de distribución, por lo quedan excluidas las instalaciones aisladas de la red.

Se aplican todas las normativas en relación con instalaciones fotovoltaicas, y en particular las relacionadas con el sector eléctrico, los sistemas fotovoltaicos conectados a red, la puesta en marcha e inspección, el modelo de contrato tipo y modelo de factura, las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de

instalaciones de energía eléctrica, el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, el Código Técnico de la Edificación, la producción de energía eléctrica en régimen especial y el Reglamento Unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.

2.4.3. Definiciones

Se hace mención a una serie de conceptos a lo largo del Pliego que quedan definidos en este apartado. Éstos los clasifica en cuatro partes: radiación solar, instalación, módulos e integración arquitectónica.

- Radiación solar: radiación solar, irradiancia e irradiación.
- Instalación: instalaciones fotovoltaicas, instalaciones fotovoltaicas interconectadas, línea y punto de conexión y medida, interruptor automático de la interconexión, interruptor general, generador fotovoltaico, rama fotovoltaica, inversor, potencia nominal del generador y potencia de la instalación fotovoltaica o potencia nominal.
- Módulos: célula solar o fotovoltaica, célula de tecnología equivalente (CTE), módulo o panel fotovoltaico, Condiciones Estándar de Medida (CEM), potencia pico y TONC.
- Integración arquitectónica.

2.4.4. Diseño

El diseño que debe cumplir el generador fotovoltaico ha de llevar a cabo una serie de condiciones, como son:

- Todos los módulos de la matriz serán del mismo modelo.
- La orientación e inclinación del generador fotovoltaico y las posibles sombras sobre el mismo serán tales que las pérdidas sean inferiores a la tabla 1:

	Orientación e inclinación (OI)	Sombras (S)	Total (OI+S)
General	10%	10%	15%
Superposición	20%	15%	30%
Integración arquitectónica	40%	20%	50%

Tabla 1. Límites de pérdidas debidas a orientación e inclinación y a sombras

El sistema de monitorización tendrá que proporcionar una serie de medidas, como son: voltaje y corriente CC a la entrada del inversor, voltaje de fase/s en la red, potencia total de salida del inversor, radiación solar en el plano de los módulos, medida con un módulo o una célula de tecnología equivalente, temperatura ambiente en la sombra, potencia reactiva de salida del inversor para instalaciones mayores de 5 kWp y temperatura de los módulos en integración arquitectónica y, siempre que sea posible, en potencias mayores de 5 kW.

En el caso de una integración arquitectónica, la Memoria de Diseño o Proyecto debe especificar las condiciones de la construcción y de la instalación, y la descripción y justificación de las soluciones elegidas.

2.4.5. Componentes y materiales

Se hace una descripción de las condiciones que deben seguir las componentes y materiales que formen parte de la instalación solar fotovoltaica.

- En lo que afecta tanto a equipos (módulos e inversores) como a materiales (conductores, cajas y armarios de conexión) se debe asegurar un grado de aislamiento eléctrico definido en el Pliego.
- Mantenimiento en la instalación solar fotovoltaica de las condiciones de seguridad, tanto para el personal como para la propia red.
- Incluir en la Memoria de Diseño o Proyecto las fotocopias de las especificaciones técnicas proporcionadas por el fabricante de todos los componentes.
- Los módulos fotovoltaicos deberán cumplir las directrices de la Directiva 2006/95/CE. Además, el Pliego describe cómo han de ser los módulos, así como su estructura soporte, los inversores, el cableado, la conexión a la red, las medidas, las protecciones, la puesta a tierra de las instalaciones fotovoltaicas, los armónicos, la compatibilidad electromagnética y las medidas de seguridad

2.4.6. Recepción y pruebas

El documento dicta cómo han de ser, como mínimo, las pruebas a realizar por el instalador. Éstas son: funcionamiento y puesta en marcha de todos los sistemas, pruebas de arranque y parada en distintos instantes de funcionamiento, pruebas de los elementos y medidas de protección, seguridad y alarma, así como su actuación, con excepción de las pruebas referidas al interruptor automático de la desconexión, y determinación de la potencia instalada.

Concluidas las pruebas y la puesta en marcha, se pasará a la fase de la Recepción Provisional de la Instalación.

2.4.7. Cálculo de la producción anual esperada

La Memoria debe incluir las producciones mensuales máximas teóricas en función de la irradiancia, la potencia instalada y el rendimiento de la instalación.

2.4.8. Requerimientos técnicos del contrato de mantenimiento

El objeto de este apartado es definir las condiciones generales mínimas que deben seguirse para el adecuado mantenimiento de las instalaciones de energía solar fotovoltaica conectadas a red.

Define dos escalones de actuación para englobar todas las operaciones necesarias durante la vida útil de la instalación para asegurar el funcionamiento, aumentar la producción y prolongar la duración de esta: mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo. El mantenimiento debe realizarse por personal técnico cualificado bajo la responsabilidad de la empresa instaladora. Además, el suministrador deberá hacer una garantía de la instalación, tanto de los materiales como del procedimiento empleado para su montaje.

2.4.9. Anexos

Los anexos muestran los cálculos necesarios para cada una de las variables requeridas en la instalación del sistema fotovoltaico.

- Anexo I: Medida de la potencia instalada de una central fotovoltaica conectada a la red eléctrica.
- Anexo II: Cálculo de las pérdidas por orientación e inclinación del generador distinta de la óptima.
- Anexo III: Cálculo de las pérdidas de radiación solar por sombras.

3. Casos de estudio

Se han seleccionado los casos de estudio como representación de cada una de las zonas climáticas clasificadas por el Código Técnico de la Edificación (CTE). Estas zonas dividen el país dependiendo de la radiación solar global media anual sobre el plano horizontal. Los casos son: La Coruña (Zona I), Pamplona (Zona II), Huesca (Zona III), Zaragoza (Zona IV) y Sevilla (Zona V).

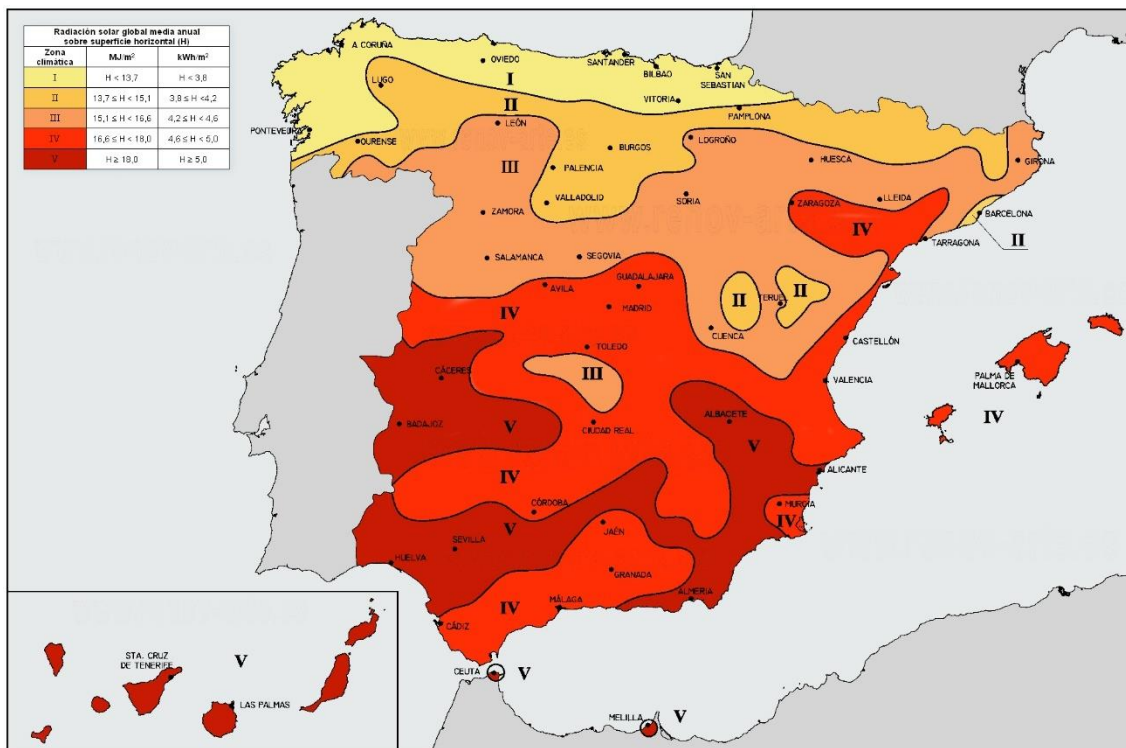


Ilustración 13. Mapa de las zonas climáticas dependiendo de la radiación solar según el CTE.

Esta división es realizada por la distinción de cantidad de radiación solar que muestra la tabla 2.

Zona climática	MJ/m ²	kWh/m ²
I	$H < 13,7$	$H < 3,8$
II	$13,7 \leq H < 15,1$	$3,8 \leq H < 4,2$
III	$15,1 \leq H < 16,6$	$4,2 \leq H < 4,6$
IV	$16,6 \leq H < 18,0$	$4,6 \leq H < 5,0$
V	$H \geq 18,0$	$H \geq 5,0$

Tabla 2. Radiación solar global media diaria anual.

Todos los datos tomados de las distintas bases de datos corresponden al año 2015, siendo éste el año más reciente en el cual se tienen todos los datos de todas las bases de datos que se van a utilizar en este documento.

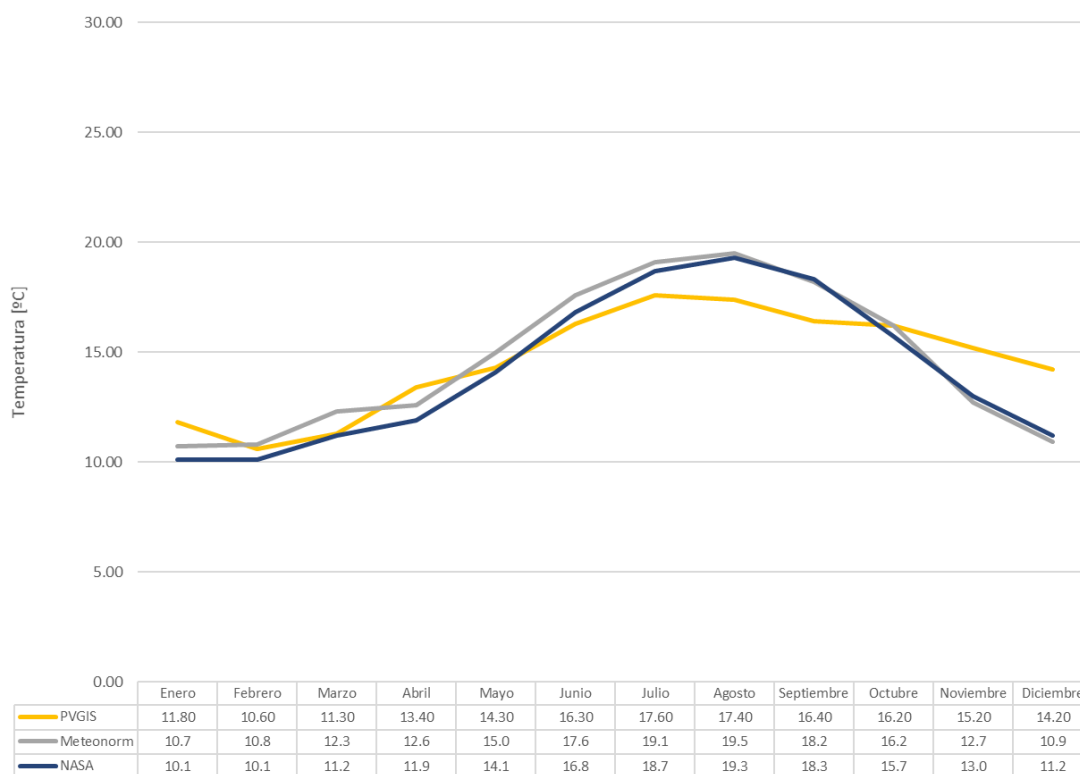
3.1. Localización

3.1.1. La Coruña

La Coruña es una ciudad gallega en el noroeste peninsular, situada en la costa del océano Atlántico. Sus datos son:

- Latitud: 43,3713° (N)
- Longitud: -8,396° (O)
- Zona climática: Zona I
- Altura sobre el nivel del mar: 15 m
- Diferencia entre hora legal y hora solar: 1h 34min

La gráfica 1 muestra su temperatura media mensual dependiendo de la base de datos, con una media anual de 14,6° C según PVGIS, 14,6° C según Meteonorm, y 14,2° C según la NASA.



Gráfica 1. Temperatura media mensual en La Coruña.

El rango de temperaturas máximo es el de la base de datos de la Nasa con una diferencia de 9,2° C, siendo el más suave de los cinco casos de estudio. Su pico de temperatura media se halla en los 18,5±1,1° C en agosto y su mínimo 10,9±0,9° C en enero.

La gráfica 2 muestra la variación de irradiación solar global en el plano horizontal, es decir, con una inclinación de 0°, a lo largo del año en La Coruña según la base de datos.

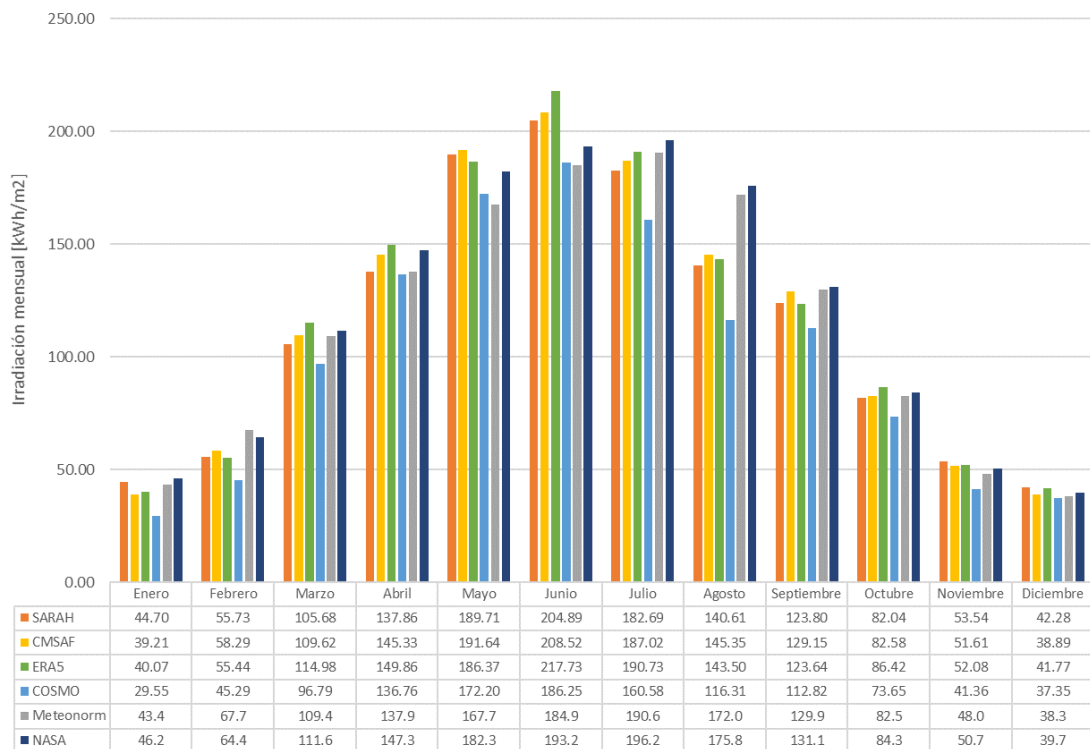


Gráfico 2. Irradiación global en el plano horizontal en La Coruña.

Según las distintas bases de datos, La Coruña recibe una irradiación global en el plano horizontal de:

- Para PVGIS-SARAH, la mayor radiación se recibe en junio y la menor en diciembre, y una irradiación anual de 1.363,5 kWh/m².
- Para PVGIS-CMSAF, la mayor radiación se recibe en junio y la menor en diciembre, y una irradiación anual de 1.387,2 kWh/m².
- Para PVGIS-ERA5, la mayor radiación se recibe en junio y la menor en enero, y una irradiación anual de 1.402,6 kWh/m².
- Para PVGIS-COSMO, la mayor radiación se recibe en junio y la menor en enero, y una irradiación anual de 1.208,9 kWh/m².
- Para Meteonorm, la mayor radiación se recibe en julio y la menor en diciembre, y una irradiación anual de 1.372,3 kWh/m².
- Para la base de datos de la NASA, la mayor radiación se recibe en julio y la menor en diciembre, y una irradiación anual de 1.422,8 kWh/m².

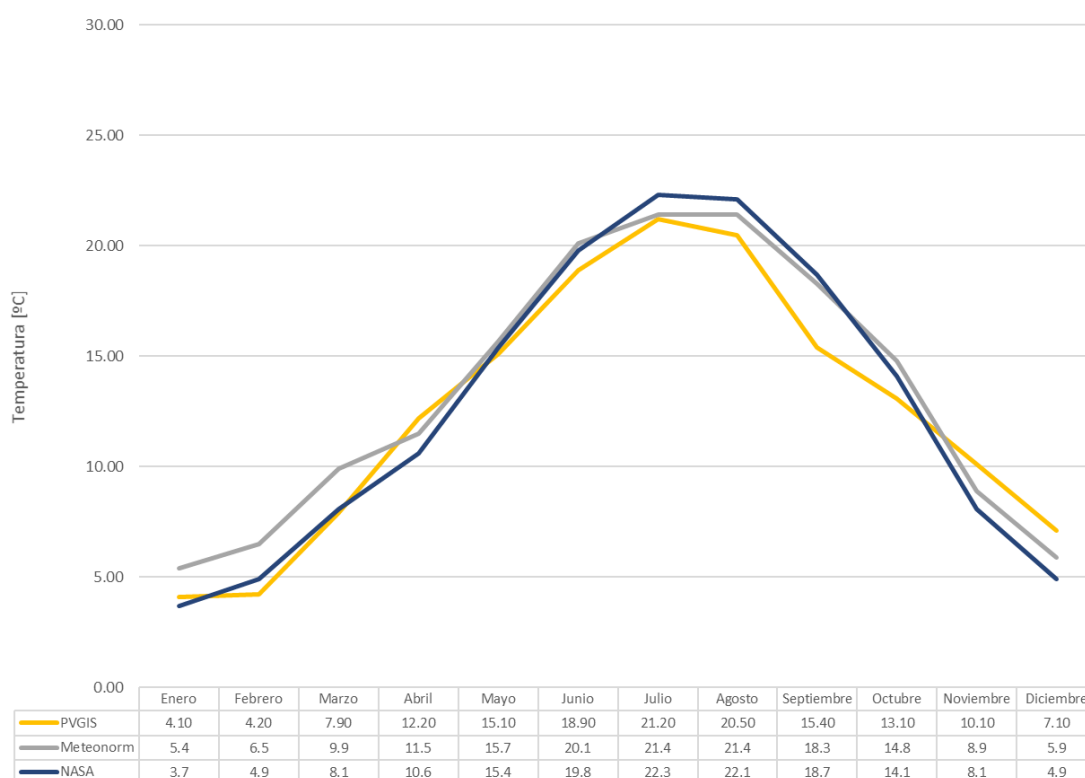
Como indica el Código Técnico de la Edificación, la irradiación en la Zona I es de $H < 3,8$ kWh/m² diarios, es decir, $H < 1.387,0$ kWh/m² anuales, por lo que sólo se ajustarían las bases de datos de PVGIS-SARAH, PVGIS-COSMO y Meteonorm.

3.1.2. Pamplona

Pamplona es la capital de Navarra, situada al norte de la Península Ibérica. Sus datos son:

- Latitud: 42,8169° (N)
- Longitud: -1,6432° (O)
- Zona climática: Zona II
- Altura sobre el nivel del mar: 444 m
- Diferencia entre hora legal y hora solar: 1h 7min

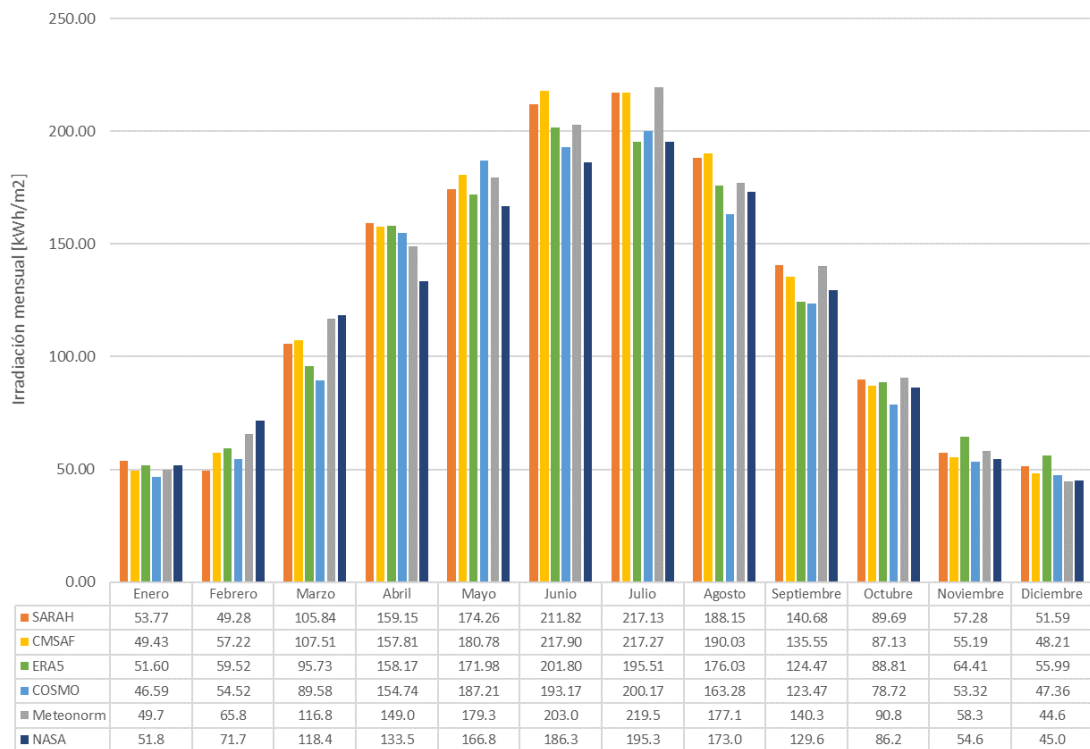
La gráfica 3 muestra su temperatura media mensual dependiendo de la base de datos, con una media anual de 12,5° C según PVGIS, 13,3° C según Meteonorm, y 12,7° C según la NASA.



Gráfica 3. Temperatura media mensual en Pamplona.

El rango de temperaturas máximo es el de la base de datos de la Nasa con una diferencia de 18,6° C. Su pico de temperatura media se halla en los 21,8±0,6° C en julio y su mínimo 4,5±0,9° C en enero.

La gráfica 4 muestra la variación de irradiación solar global en el plano horizontal a lo largo del año en Pamplona según la base de datos.



Gráfica 4. Irradiación global en el plano horizontal en Pamplona.

Según las distintas bases de datos, Pamplona recibe una irradiación global en el plano horizontal de:

- Para PVGIS-SARAH, la mayor radiación se recibe en julio y la menor en febrero, y una irradiación anual de 1.498,6 kWh/m².
- Para PVGIS-CMSAF, la mayor radiación se recibe en junio y la menor en diciembre, y una irradiación anual de 1.504,0 kWh/m².
- Para PVGIS-ERA5, la mayor radiación se recibe en junio y la menor en enero, y una irradiación anual de 1.444,60 kWh/m².
- Para PVGIS-COSMO, la mayor radiación se recibe en julio y la menor en enero, y una irradiación anual de 1.392,1 kWh/m².
- Para Meteonorm, la mayor radiación se recibe en julio y la menor en diciembre, y una irradiación anual de 1.494,2 kWh/m².
- Para la base de datos de la NASA, la mayor radiación se recibe en julio y la menor en diciembre, y una irradiación anual de 1.412,2 kWh/m².

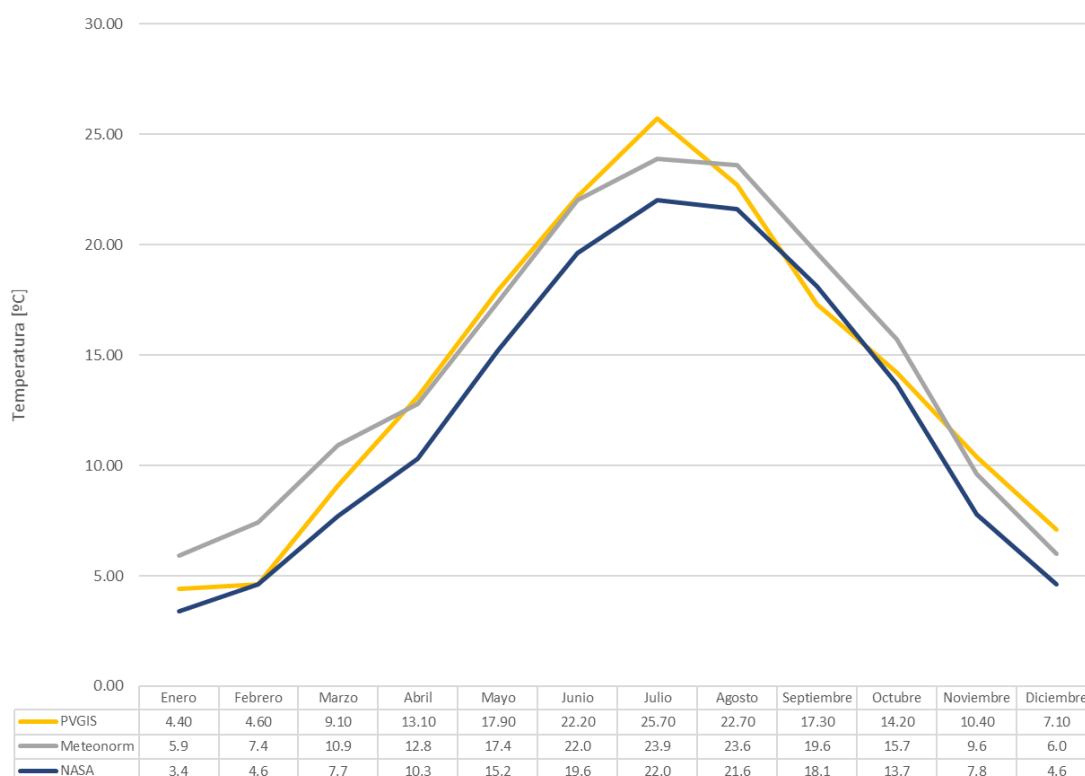
Como indica el Código Técnico de la Edificación, la irradiación en la Zona II es de $3,8 \leq H < 4,2$ kWh/m² diarios, es decir, $1.387,0 \leq H < 1.533,0$ kWh/m² anuales, por lo que sólo se ajustarían todas las bases de datos.

3.1.3. Huesca

Huesca es una ciudad aragonesa situada al noreste de la Península Ibérica. Sus datos son:

- Latitud: 42,1362° (N)
- Longitud: -0,4087° (O)
- Zona climática: Zona III
- Altura sobre el nivel del mar: 474 m
- Diferencia entre hora legal y hora solar: 1h 2min

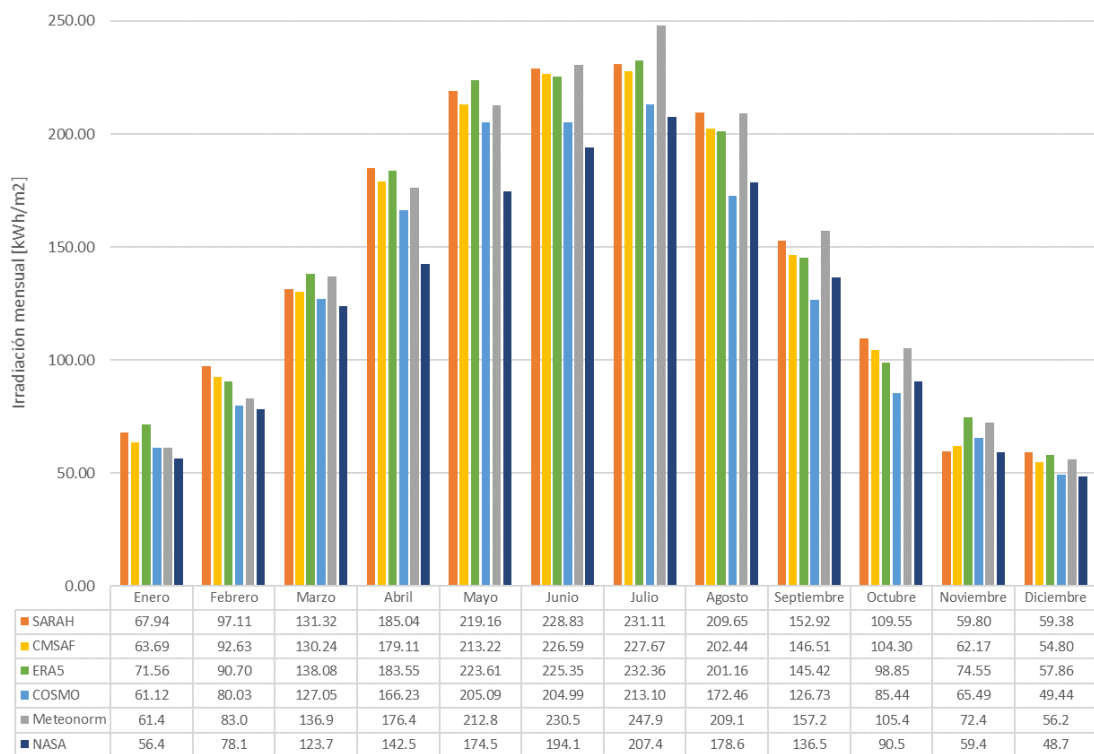
La gráfica 5 muestra su temperatura media mensual dependiendo de la base de datos, con una media anual de 14,1° C según PVGIS, 14,6° C según Meteonorm, y 12,4° C según la NASA.



Gráfica 5. Temperatura media mensual en Huesca.

El rango de temperaturas máximo es el de la base de datos PVGIS con una diferencia de 21,3° C, siendo el mayor de los cinco casos de estudio. Su pico de temperatura media se halla en los 23,9±1,9° C en julio y su mínimo 4,6±1,3° C en enero.

La gráfica 6 muestra la variación de irradiación solar global en el plano horizontal a lo largo del año en Huesca según la base de datos.



Gráfica 6. Irradiación global en el plano horizontal en Huesca.

Según las distintas bases de datos, Huesca recibe una irradiación global en el plano horizontal de:

- Para PVGIS-SARAH, la mayor radiación se recibe en julio y la menor en diciembre, y una irradiación anual de 1.751,8 kWh/m².
- Para PVGIS-CMSAF, la mayor radiación se recibe en julio y la menor en diciembre, y una irradiación anual de 1.703,4 kWh/m².
- Para PVGIS-ERA5, la mayor radiación se recibe en julio y la menor en diciembre, y una irradiación anual de 1.743,0 kWh/m².
- Para PVGIS-COSMO, la mayor radiación se recibe en julio y la menor en diciembre, y una irradiación anual de 1.557,2 kWh/m².
- Para Meteonorm, la mayor radiación se recibe en julio y la menor en diciembre, y una irradiación anual de 1.749,2 kWh/m².
- Para la base de datos de la NASA, la mayor radiación se recibe en julio y la menor en diciembre, y una irradiación anual de 1.490,4 kWh/m².

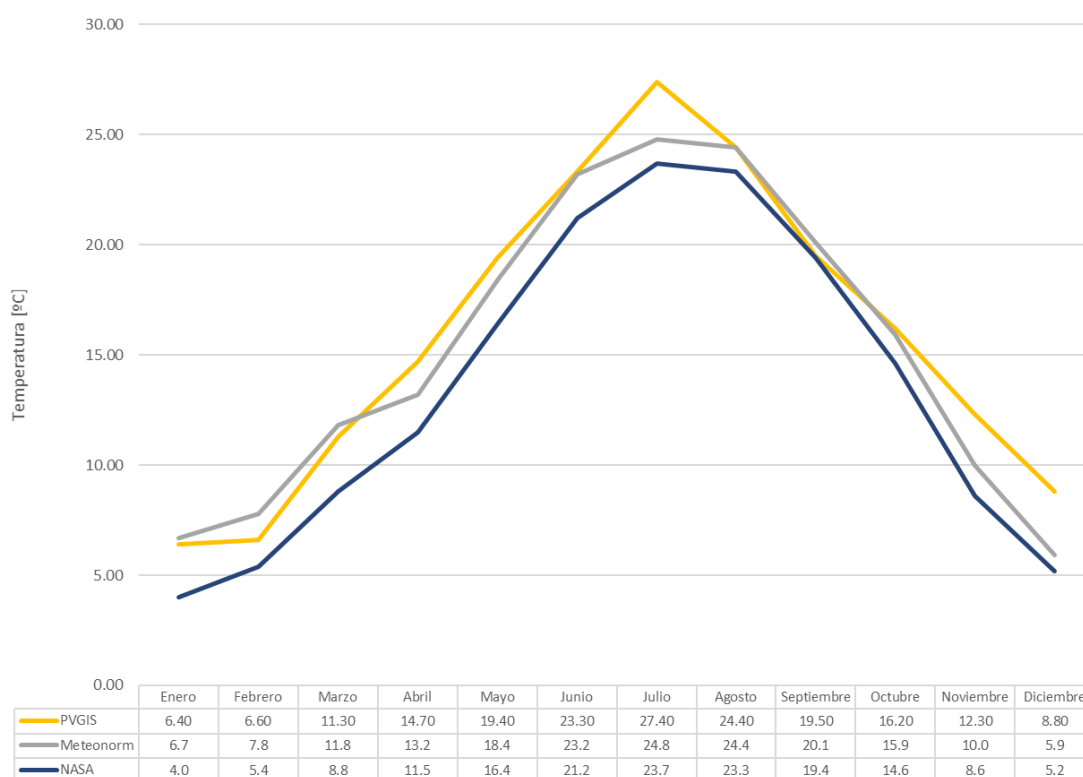
Como indica el Código Técnico de la Edificación, la irradiación en la Zona III es de $4,2 \leq H < 4,6$ kWh/m² diarios, es decir, $1.533,0 \leq H < 1.679,0$ kWh/m² anuales, por lo que sólo se ajustarían la base de datos de PVGIS-COSMO.

3.1.4. Zaragoza

Zaragoza es la capital de Aragón, situada al noreste peninsular, a orillas del río Ebro. Sus datos son:

- Latitud: 41,6561° (N)
- Longitud: -0,8773° (O)
- Zona climática: Zona IV
- Altura sobre el nivel del mar: 208 m
- Diferencia entre hora legal y hora solar: 1h 4min

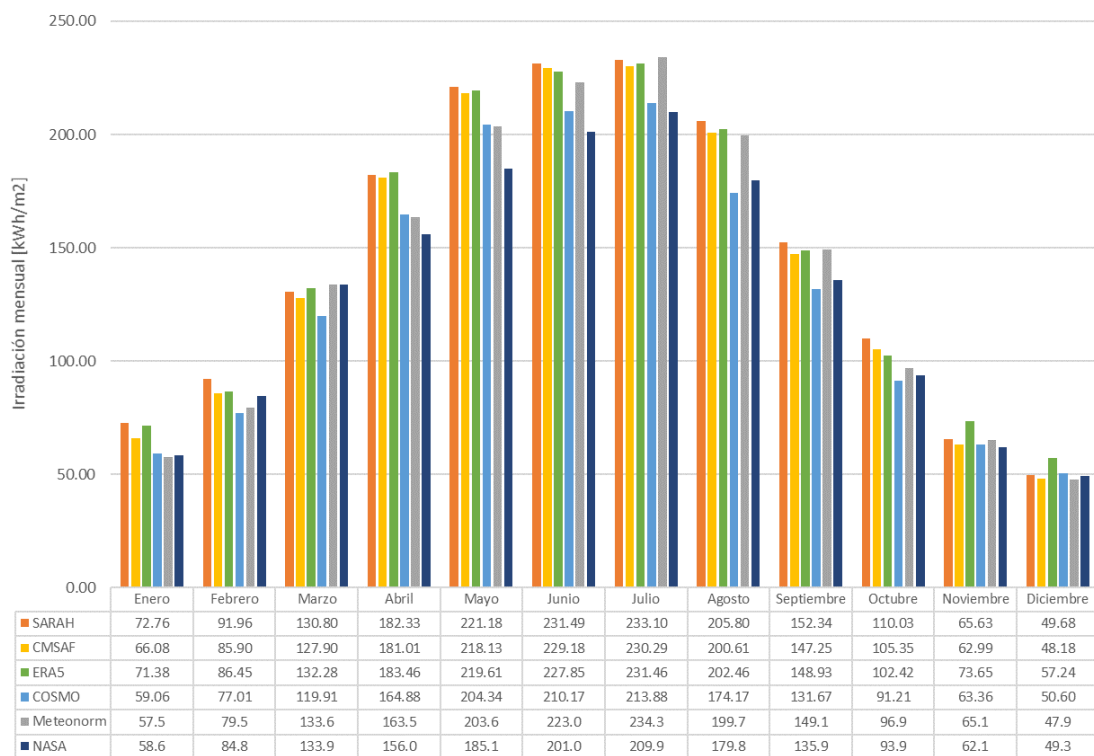
La gráfica 7 muestra su temperatura media mensual dependiendo de la base de datos, con una media anual de 15,9° C según PVGIS, 15,2° C según Meteonorm, y 13,5° C según la NASA.



Gráfica 7. Temperatura media mensual en Zaragoza.

El rango de temperaturas máximo es el de la base de datos PVGIS con una diferencia de 21,0° C. Su pico de temperatura media se halla en los 25,6±1,9° C en julio y su mínimo 5,3±1,4° C en enero.

La gráfica 8 muestra la variación de irradiación solar global en el plano horizontal a lo largo del año en Zaragoza según la base de datos.



Gráfica 8. Irradiación global en el plano horizontal en Zaragoza.

Según las distintas bases de datos, Zaragoza recibe una irradiación global en el plano horizontal de:

- Para PVGIS-SARAH, la mayor radiación se recibe en julio y la menor en diciembre, y una irradiación anual de 1.747,1 kWh/m².
- Para PVGIS-CMSAF, la mayor radiación se recibe en julio y la menor en diciembre, y una irradiación anual de 1.702,9 kWh/m².
- Para PVGIS-ERA5, la mayor radiación se recibe en julio y la menor en diciembre, y una irradiación anual de 1.737,2 kWh/m².
- Para PVGIS-COSMO, la mayor radiación se recibe en julio y la menor en diciembre, y una irradiación anual de 1.560,3 kWh/m².
- Para Meteonorm, la mayor radiación se recibe en julio y la menor en diciembre, y una irradiación anual de 1.653,7 kWh/m².
- Para la base de datos de la NASA, la mayor radiación se recibe en julio y la menor en diciembre, y una irradiación anual de 1.550,3 kWh/m².

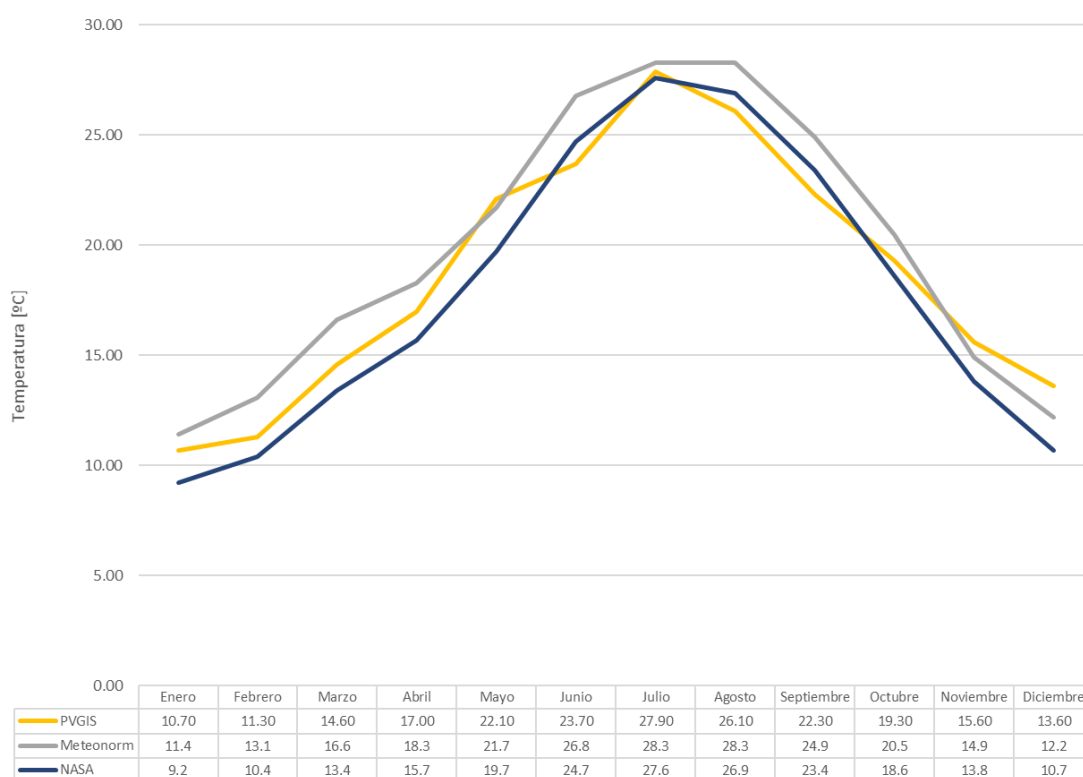
Como indica el Código Técnico de la Edificación, la irradiación en la Zona IV es de $4,6 \leq H < 5,0$ kWh/m² diarios, es decir, $1.679,0 \leq H < 1.825,0$ kWh/m² anuales, por lo que sólo se ajustarían la base de datos de PVGIS-SARAH, PVGIS-CMSAF y PVGIS-ERA5.

3.1.5. Sevilla

Sevilla es la capital de Andalucía, situada al sudoeste de la Península Ibérica, a orillas del río Guadalquivir. Sus datos son:

- Latitud: 37,3828° (N)
- Longitud: -5,9732° (O)
- Zona climática: Zona V
- Altura sobre el nivel del mar: 24 m
- Diferencia entre hora legal y hora solar: 1h 24min

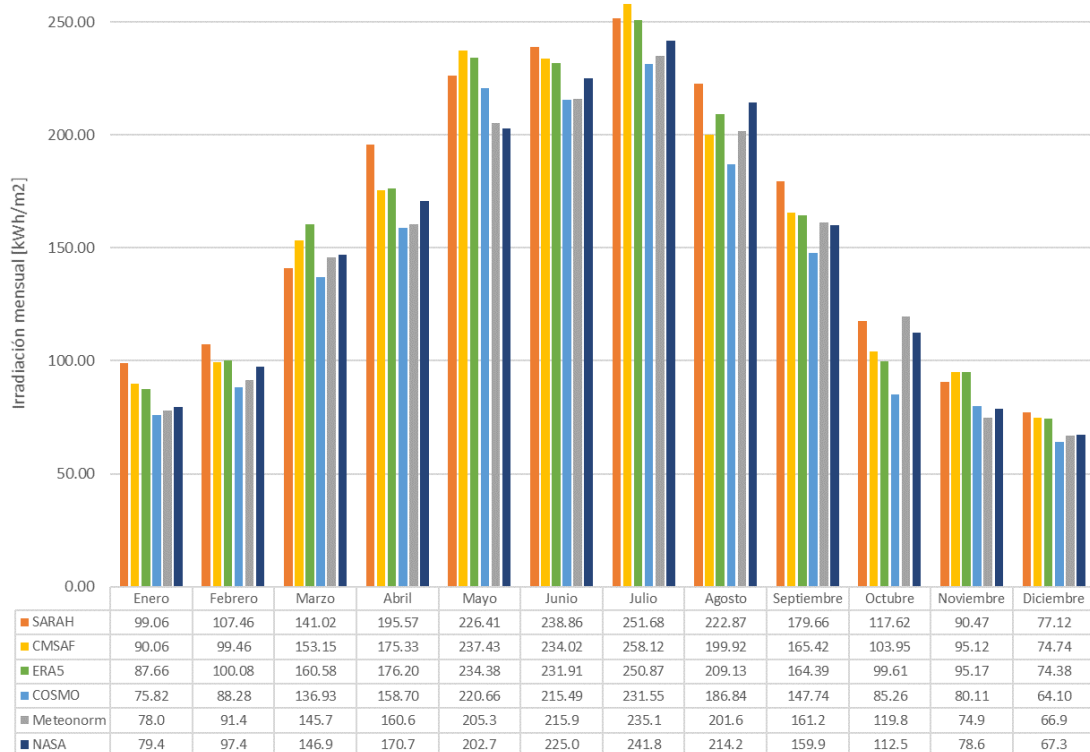
La gráfica 9 muestra su temperatura media mensual dependiendo de la base de datos, con una media anual de 18,7° C según PVGIS, 19,8° C según Meteonorm, y 17,8° C según la NASA.



Gráfica 9. Temperatura media mensual en Sevilla.

El rango de temperaturas medias máximo es el de la base de datos de la Nasa con una diferencia de 18,4° C. Su pico de temperatura media se halla en los 28,0±0,6° C en julio y su mínimo 10,3±1,1° C en enero.

La gráfica 10 muestra la variación de irradiación solar global en el plano horizontal a lo largo del año en Sevilla según la base de datos.



Gráfica 10. Irradiación global en el plano horizontal en Sevilla.

Según las distintas bases de datos, Sevilla recibe una irradiación global en el plano horizontal de:

- Para PVGIS-SARAH, la mayor radiación se recibe en julio y la menor en diciembre, y una irradiación anual de 1.947,8 kWh/m².
- Para PVGIS-CMSAF, la mayor radiación se recibe en julio y la menor en diciembre, y una irradiación anual de 1.886,7 kWh/m².
- Para PVGIS-ERA5, la mayor radiación se recibe en julio y la menor en diciembre, y una irradiación anual de 1.884,4 kWh/m².
- Para PVGIS-COSMO, la mayor radiación se recibe en julio y la menor en diciembre, y una irradiación anual de 1.691,5 kWh/m².
- Para Meteonorm, la mayor radiación se recibe en julio y la menor en diciembre, y una irradiación anual de 1.756,4 kWh/m².
- Para la base de datos de la NASA, la mayor radiación se recibe en julio y la menor en diciembre, y una irradiación anual de 1.796,4 kWh/m².

Como indica el Código Técnico de la Edificación, la irradiación en la Zona V es de $H \geq 5,0$ kWh/m² diarios, es decir, $H \geq 1.825,0$ kWh/m² anuales, por lo que sólo se ajustarían la base de datos de PVGIS-SARAH, PVGIS-CMSAF y PVGIS-ERA5.

3.2. Tipología de los casos

Dependiendo de la inclinación y el azimut de las placas solares fotovoltaicas, se recibirán distintas cantidades de irradiación solar. Se hará una distinción entre el plano, con o sin seguimiento, la orientación y la tecnología utilizada.

Caso 1. Módulos solares fijos, de silicio cristalino, con inclinación 0° y azimut 0° .

Caso 2. Módulos solares fijos, de silicio cristalino, con inclinación óptima y azimut 0° .

Caso 3. Módulos solares fijos, de CIS, con inclinación 0° y azimut 0° .

Caso 4. Módulos solares fijos, de CIS, con inclinación óptima y azimut 0° .

Caso 5. Módulos solares con sistema de seguimiento, de silicio cristalino, con inclinación óptima constante.

Caso 6. Módulos solares con sistema de seguimiento, de CIS, con inclinación óptima constante.

Caso 7. Módulos solares con sistema de seguimiento biaxial, de silicio cristalino.

Caso 8. Módulos solares con sistema de seguimiento biaxial, de CIS.

4. Diseño de las instalaciones de los casos de estudio

Para poder comparar se tomará el caso de una instalación solar fotovoltaica de 10kWp de potencia. Dependerá de la localización, el tipo de instalación y la orientación.

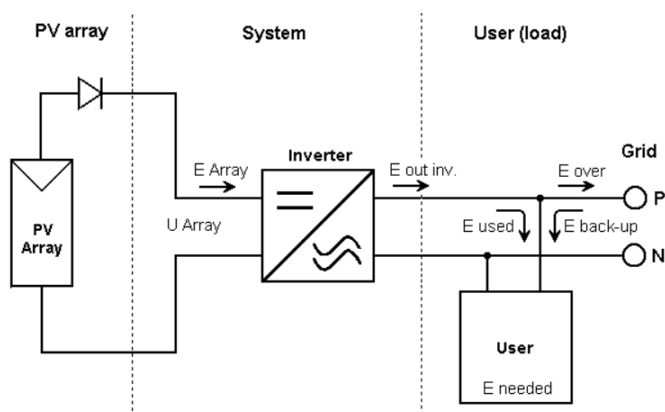


Ilustración 14. Esquema simplificado de una instalación PV.

Los módulos fotovoltaicos empleados son:

- JAM6-72-315/SI del fabricante JA Solar, cuya potencia nominal son 315 Wp/mod y su eficiencia del 16,27%.
- CIGS-3150A1 del fabricante Hulk Energy Technology, cuya potencia nominal son 315 Wp/mod y su eficiencia del 13,47%.

Los inversores empleados son:

- IG Plus 120 V-3 del fabricante Fronius International.
- IG Plus 100 V-3 del fabricante Fronius International.

En el Anexo A se explica con mayor detalle cómo se han llegado a los resultados mostrados en este apartado.

4.1. La Coruña

4.1.1. Caso 1

Diseño de una instalación fotovoltaica en La Coruña de 10 kWp, con módulos solares fijos, de silicio cristalino, con inclinación 0° y azimut 0°.

Herramienta	PVGIS				PVsyst	Ninja.Renewables	
Base de datos	SARAH	CMSAF	ERA5	COSMO	Meteonorm	MERRA	SARAH
PV instalado	10kWp						
Pérdidas	11,29%						
Inclinación	0°						
Irradiación [kWh/m ² ·año]	1.370	1.353	1.416	1.271	1.311	1.449	1.264
Producción de PV [kWh/año]	12.155	12.000	12.565	11.271	12.095	12.732	11.089

Tabla 3. Resultados del caso 1 en La Coruña.

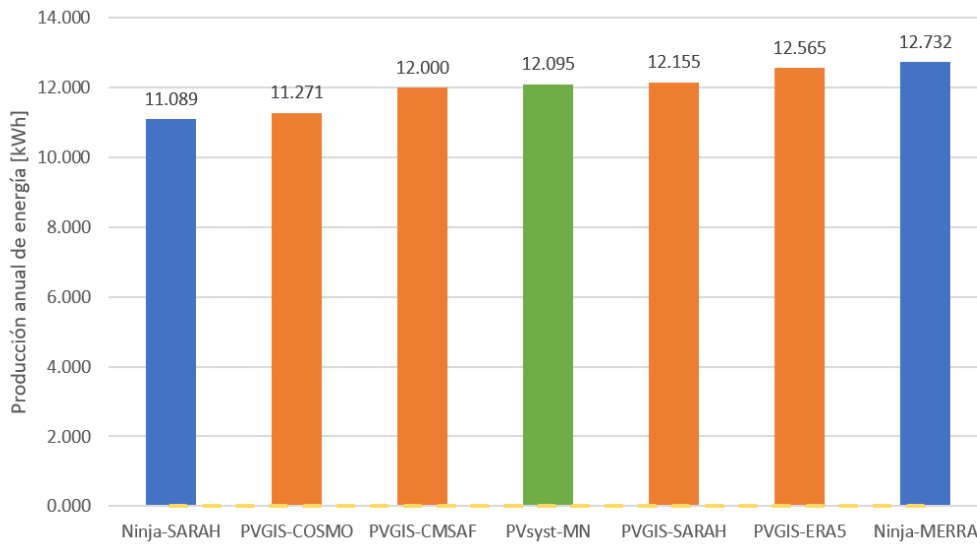


Gráfico 11. Producción anual de energía PV del caso 1 en La Coruña.

4.1.2. Caso 2

Diseño de una instalación fotovoltaica en La Coruña de 10 kWp, con módulos solares fijos, de silicio cristalino, con inclinación óptima y azimut 0°.

Herramienta	PVGIS				PVsyst	Ninja.Renewables	
Base de datos	SARAH	CMSAF	ERA5	COSMO	Meteonorm	MERRA	SARAH
PV instalado	10kWp						
Pérdidas	12,55%						
Inclinación	34°	34°	36°	33°	36°	38°	34°
Irradiación [kWh/m ² -año]	1.581	1.529	1.679	1.453	1.532	1.592	1.368
Producción de PV [kWh/año]	13.822	13.374	14.679	12.709	13.940	13.978	11.995

Tabla 4. Resultados del caso 2 en La Coruña.

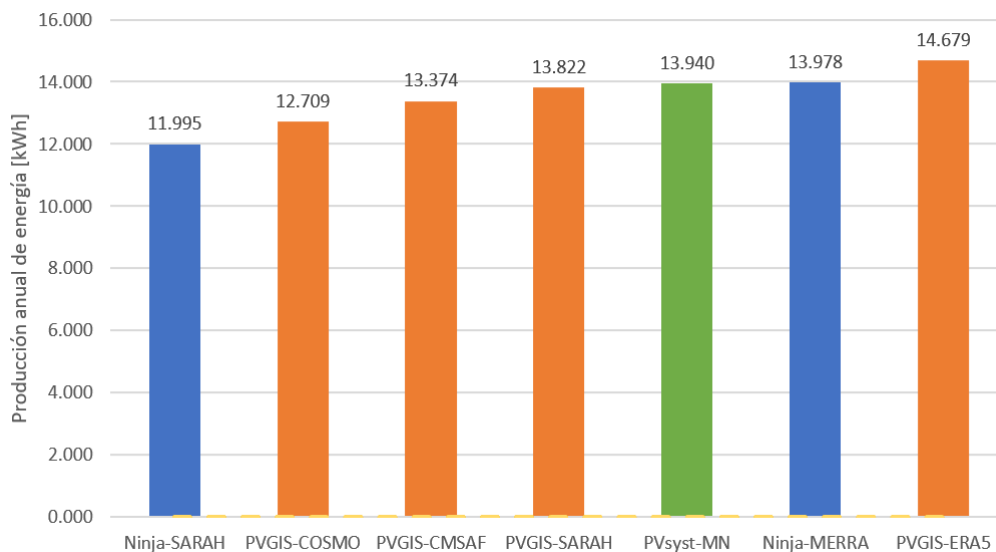


Gráfico 12. Producción anual de energía PV del caso 2 en La Coruña.

4.1.3. Caso 3

Diseño de una instalación fotovoltaica en La Coruña de 10 kWp, con módulos solares fijos, de CIS, con inclinación 0° y azimut 0°.

Herramienta	PVGIS				PVsys	Ninja.Renewables	
Base de datos	SARAH	CMSAF	ERA5	COSMO	Meteonorm	MERRA	SARAH
PV instalado	10kWp						
Pérdidas	5,71%						
Inclinación	0°						
Irradiación [kWh/m ² ·año]	1.370	1.353	1.416	1.271	1.311	1.540	1.343
Producción de PV [kWh/año]	12.920	12.756	13.355	11.979	11.718	13.531	11.786

Tabla 5. Resultados del caso 3 en La Coruña.

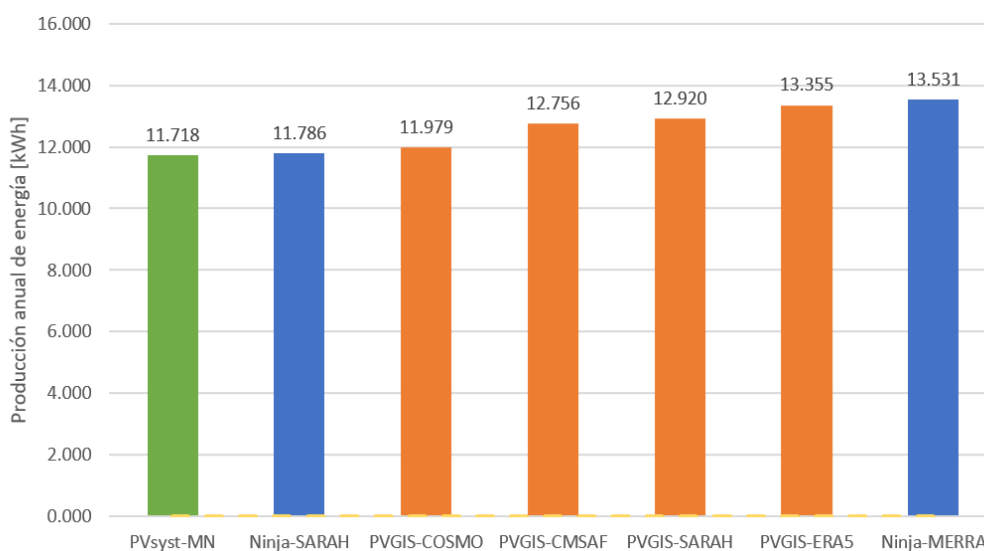


Gráfico 13. Producción anual de energía PV del caso 3 en La Coruña.

4.1.4. Caso 4

Diseño de una instalación fotovoltaica en La Coruña de 10 kWp, con módulos solares fijos, de CIS, con inclinación óptima y azimut 0°.

Herramienta	PVGIS				PVsys	Ninja.Renewables	
Base de datos	SARAH	CMSAF	ERA5	COSMO	Meteonorm	MERRA	SARAH
PV instalado	10kWp						
Pérdidas	7,02%						
Inclinación	34°	34°	36°	33°	36°	38°	34°
Irradiación [kWh/m ² ·año]	1.581	1.529	1.679	1.453	1.532	1.693	1.454
Producción de PV [kWh/año]	14.697	14.221	15.608	13.508	13.508	14.862	12.754

Tabla 6. Resultados del caso 4 en La Coruña.

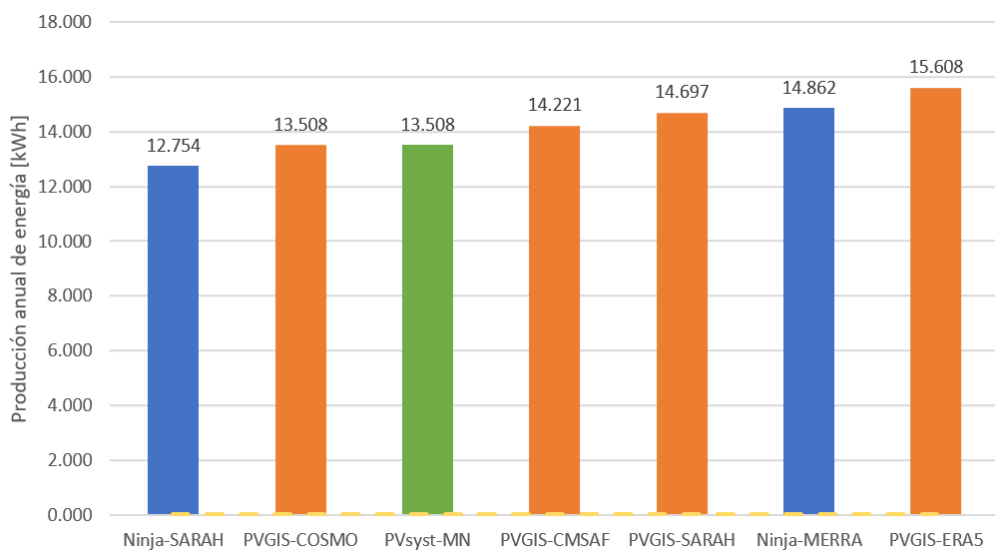


Gráfico 14. Producción anual de energía PV del caso 4 en La Coruña.

4.1.5. Caso 5

Diseño de una instalación fotovoltaica en La Coruña de 10 kWp, con módulos solares con sistema de seguimiento, de silicio cristalino, con inclinación óptima constante.

Herramienta	PVGIS				PVsyst	Ninja.Renewables	
Base de datos	SARAH	CMSAF	ERA5	COSMO	Meteonorm	MERRA	SARAH
PV instalado	10kWp						
Pérdidas	13,73%						
Inclinación	53°	53°	56°	52°	53°	53°	53°
Irradiación [kWh/m ² -año]	2.008	1.947	2.215	1.810	2.010	1.920	1.622
Producción de PV [kWh/año]	17.324	16.795	19.109	15.612	18.037	16.862	14.223

Tabla 7. Resultados del caso 5 en La Coruña.

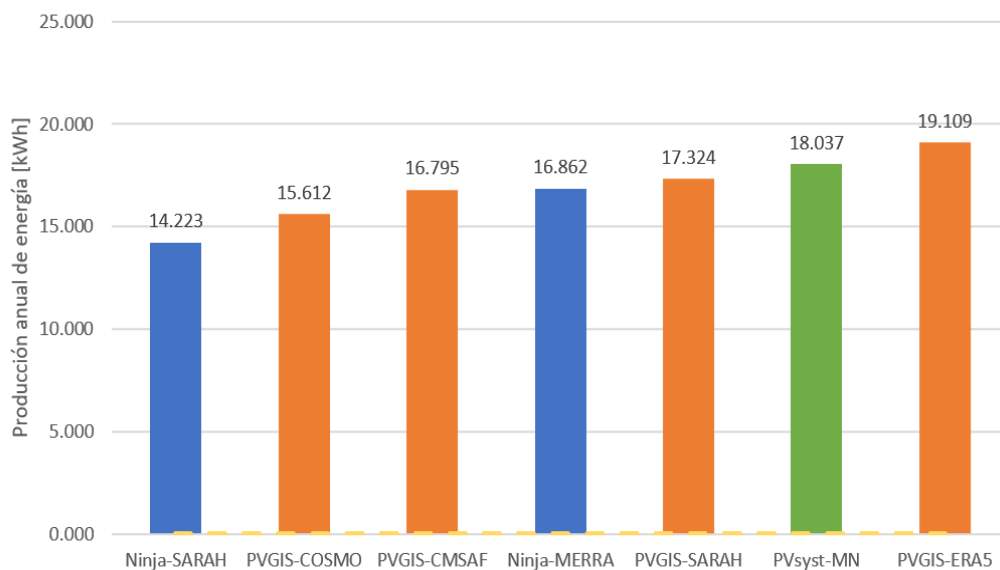


Gráfico 15. Producción anual de energía PV del caso 5 en La Coruña.

4.1.6. Caso 6

Diseño de una instalación fotovoltaica en La Coruña de 10 kWp, con módulos solares con sistema de seguimiento, de CIS, con inclinación óptima constante.

Herramienta	PVGIS				PVsystem	Ninja.Renewables	
Base de datos	SARAH	CMSAF	ERA5	COSMO	Meteonorm	MERRA	SARAH
PV instalado	10kWp						
Pérdidas	8,56%						
Inclinación	53°	53°	56°	52°	53°	53°	53°
Irradiación [kWh/m ² -año]	2.008	1.947	2.215	1.810	2.010	2.035	1.719
Producción de PV [kWh/año]	18.364	17.802	20.255	16.547	17.418	17.871	15.076

Tabla 8. Resultados del caso 6 en La Coruña.

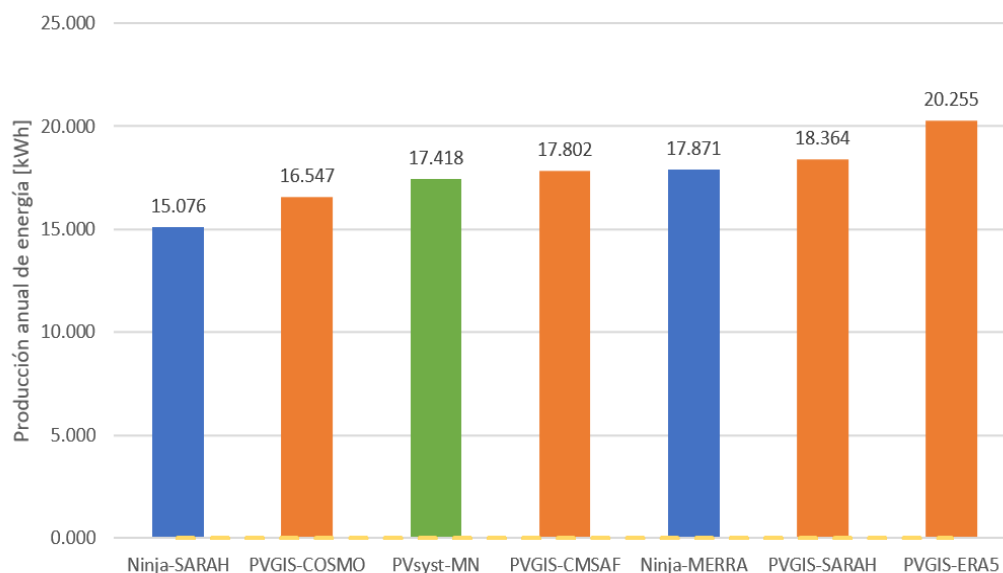


Gráfico 16. Producción anual de energía PV del caso 6 en La Coruña.

4.1.7. Caso 7

Diseño de una instalación fotovoltaica en La Coruña de 10 kWp, con módulos solares con sistema de seguimiento biaxial, de silicio cristalino.

Herramienta	PVGIS				PVsystem	Ninja.Renewables	
Base de datos	SARAH	CMSAF	ERA5	COSMO	Meteonorm	MERRA	SARAH
PV instalado	10kWp						
Pérdidas	14,11%						
Irradiación [kWh/m ² -año]	2.070	2.009	2.291	1.856	2.077	1.996	1.683
Producción de PV [kWh/año]	17.783	17.259	19.674	15.941	18.561	17.529	14.764

Tabla 9. Resultados del caso 7 en La Coruña.

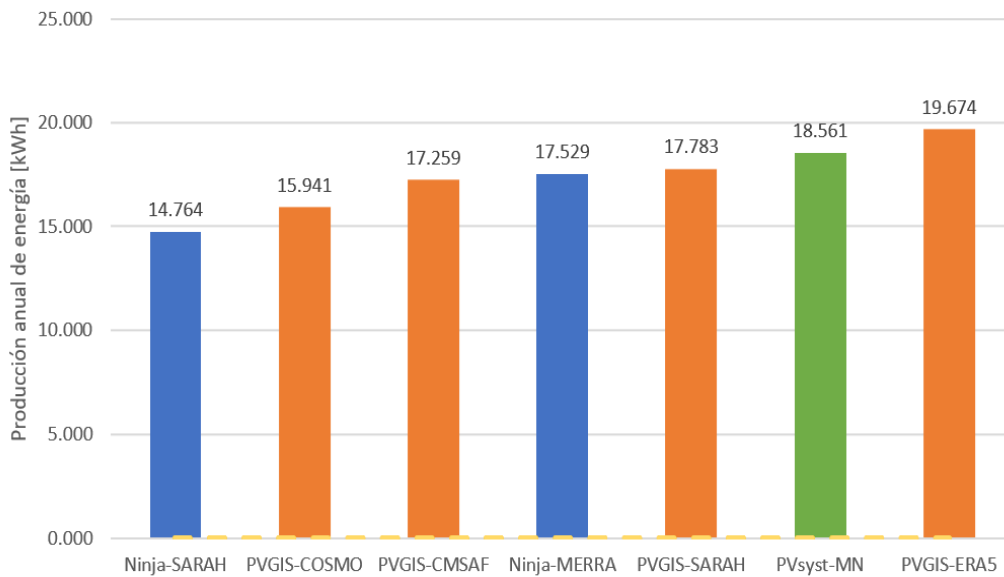


Gráfico 17. Producción anual de energía PV del caso 7 en La Coruña.

4.1.8. Caso 8

Diseño de una instalación fotovoltaica en La Coruña de 10 kWp, con módulos solares con sistema de seguimiento biaxial, de CIS.

Herramienta	PVGIS				PVsyst	Ninja.Renewables	
Base de datos	SARAH	CMSAF	ERA5	COSMO	Meteonorm	MERRA	SARAH
PV instalado	10kWp						
Pérdidas	8,79%						
Irradiación [kWh/m ² -año]	2.070	2.009	2.291	1.856	2.077	2.002	1.696
Producción de PV [kWh/año]	18.885	18.328	20.893	16.929	17.964	17.588	14.874

Tabla 10. Resultados del caso 8 en La Coruña.

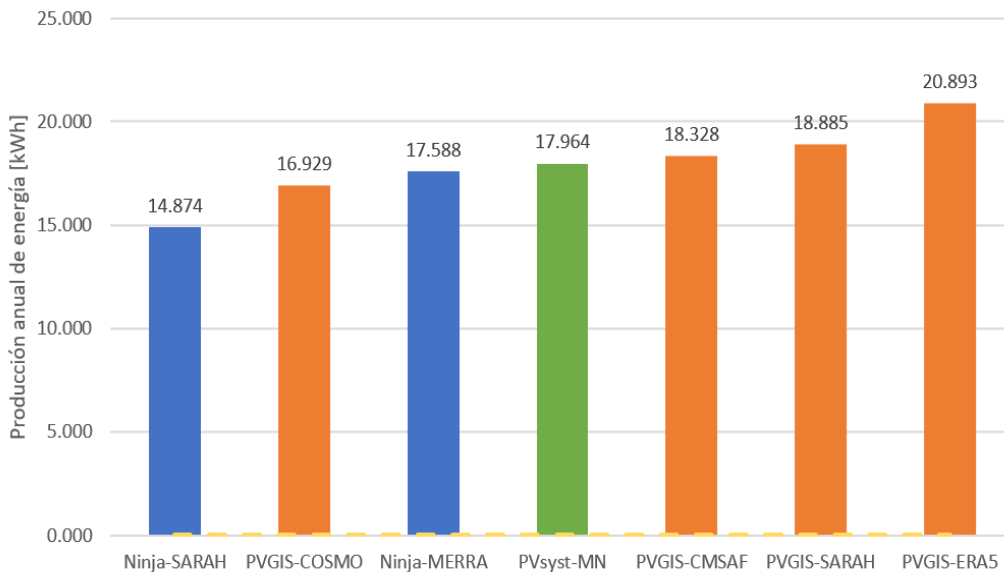


Gráfico 18. Producción anual de energía PV del caso 8 en La Coruña.

4.2. Pamplona

4.2.1. Caso 1

Diseño de una instalación fotovoltaica en Pamplona de 10 kWp, con módulos solares fijos, de silicio cristalino, con inclinación 0° y azimut 0°.

Herramienta	PVGIS				PVsyst	Ninja.Renewables	
Base de datos	SARAH	CMSAF	ERA5	COSMO	Meteonorm	MERRA	SARAH
PV instalado	10kWp						
Pérdidas	12,05%						
Inclinación	0°						
Irradiación [kWh/m ² -año]	1.490	1.487	1.436	1.408	1.429	1.397	1.494
Producción de PV [kWh/año]	13.100	13.081	12.625	12.383	13.066	12.267	13.124

Tabla 11. Resultados del caso 1 en Pamplona.

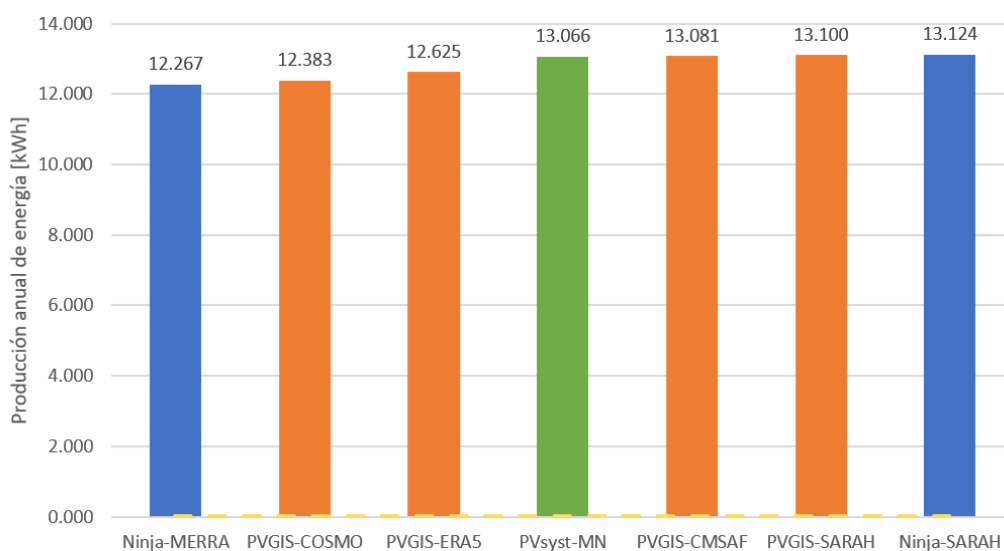


Gráfico 19. Producción anual de energía PV del caso 1 en Pamplona.

4.2.2. Caso 2

Diseño de una instalación fotovoltaica en Pamplona de 10 kWp, con módulos solares fijos, de silicio cristalino, con inclinación óptima y azimut 0°.

Herramienta	PVGIS				PVsyst	Ninja.Renewables	
Base de datos	SARAH	CMSAF	ERA5	COSMO	Meteonorm	MERRA	SARAH
PV instalado	10kWp						
Pérdidas	13,14%						
Inclinación	34°	34°	38°	34°	35°	38°	34°
Irradiación [kWh/m ² -año]	1.725	1.706	1.717	1.612	1.676	1.565	1.630
Producción de PV [kWh/año]	14.986	14.815	14.918	14.003	15.143	13.736	14.315

Tabla 12. Resultados del caso 2 en Pamplona.

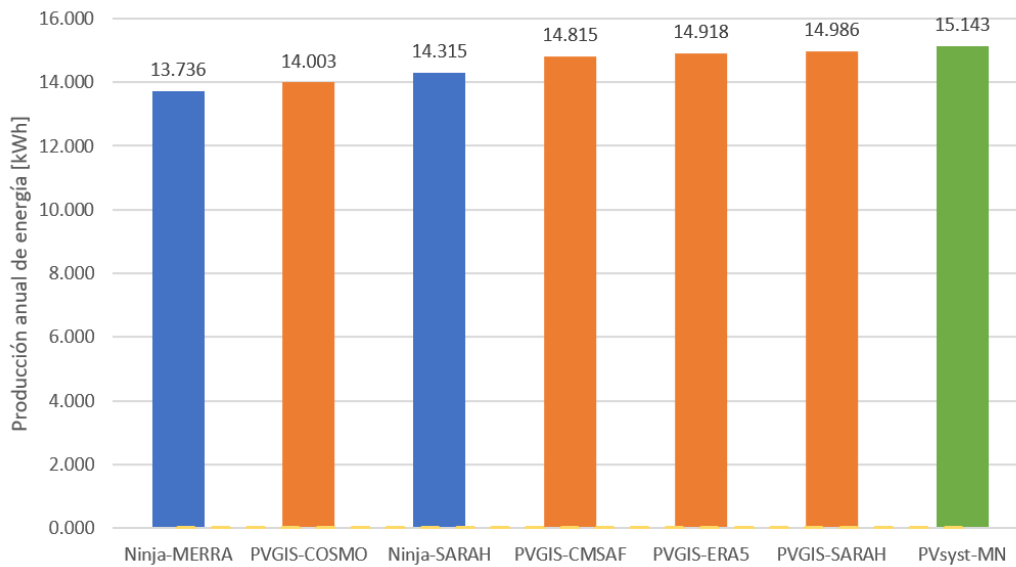


Gráfico 20. Producción anual de energía PV del caso 2 en Pamplona.

4.2.3. Caso 3

Diseño de una instalación fotovoltaica en Pamplona de 10 kWp, con módulos solares fijos, de CIS, con inclinación 0° y azimut 0°.

Herramienta	PVGIS				PVsyst	Ninja.Renewables	
Base de datos	SARAH	CMSAF	ERA5	COSMO	Meteonorm	MERRA	SARAH
PV instalado	10kWp						
Pérdidas	6,43%						
Inclinación	0°						
Irradiación [kWh/m ² ·año]	1.490	1.487	1.436	1.408	1.429	1.486	1.590
Producción de PV [kWh/año]	13.937	13.916	13.432	13.173	12.671	13.049	1.487

Tabla 13. Resultados del caso 3 en Pamplona.

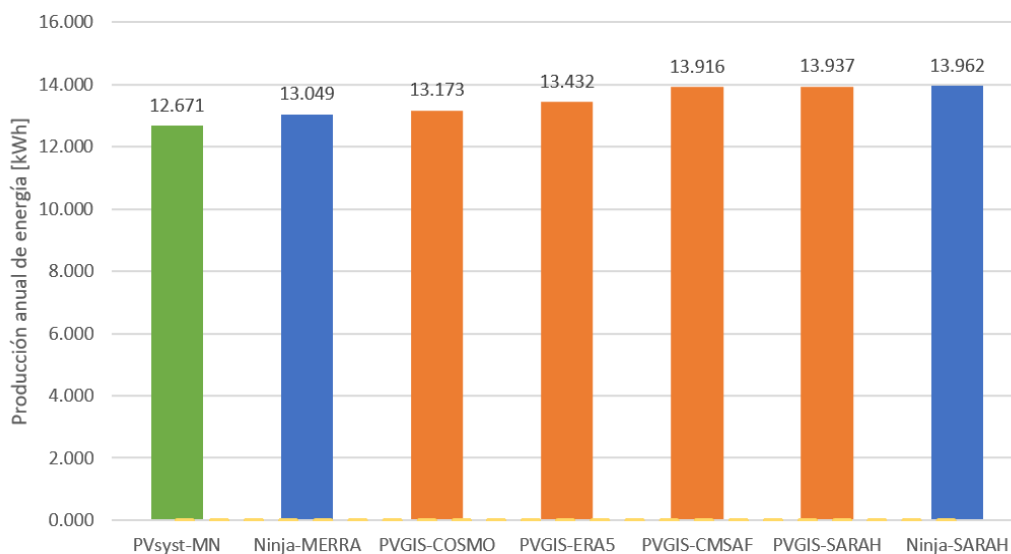


Gráfico 21. Producción anual de energía PV del caso 3 en Pamplona.

4.2.4. Caso 4

Diseño de una instalación fotovoltaica en Pamplona de 10 kWp, con módulos solares fijos, de CIS, con inclinación óptima y azimut 0°.

Herramienta	PVGIS				PVsyst	Ninja.Renewables	
Base de datos	SARAH	CMSAF	ERA5	COSMO	Meteonorm	MERRA	SARAH
PV instalado	10kWp						
Pérdidas	7,68%						
Inclinación	34°	34°	38°	34°	35°	38°	34°
Irradiación [kWh/m ² ·año]	1.725	1.706	1.717	1.612	1.676	1.669	1.737
Producción de PV [kWh/año]	15.929	15.747	15.855	14.882	14.660	14.643	15.260

Tabla 14. Resultados del caso 4 en Pamplona.

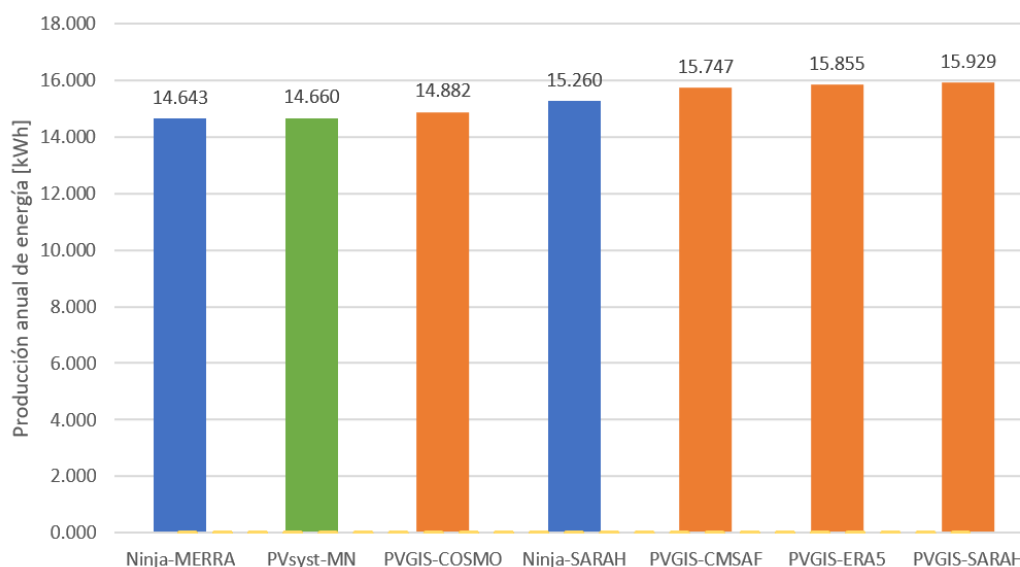


Gráfico 22. Producción anual de energía PV del caso 4 en Pamplona.

4.2.5. Caso 5

Diseño de una instalación fotovoltaica en Pamplona de 10 kWp, con módulos solares con sistema de seguimiento, de silicio cristalino, con inclinación óptima constante.

Herramienta	PVGIS				PVsyst	Ninja.Renewables	
Base de datos	SARAH	CMSAF	ERA5	COSMO	Meteonorm	MERRA	SARAH
PV instalado	10kWp						
Pérdidas	14,60%						
Inclinación	54°	53°	56°	52°	54°	54°	54°
Irradiación [kWh/m ² ·año]	2.220	2.197	2.255	1.995	2.252	1.892	1.954
Producción de PV [kWh/año]	18.961	18.761	19.255	17.038	20.013	16.603	17.169

Tabla 15. Resultados del caso 5 en Pamplona.

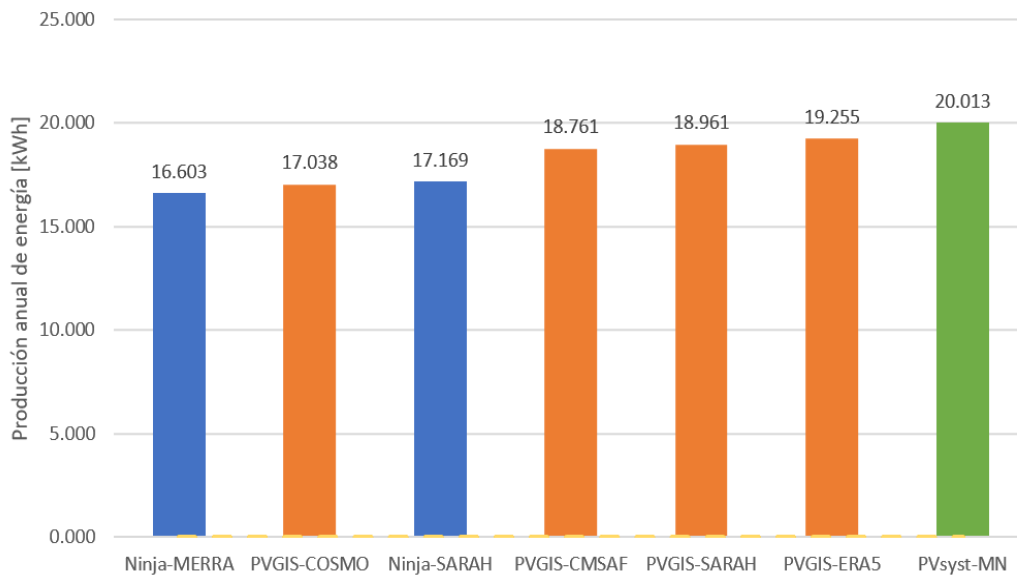


Gráfico 23. Producción anual de energía PV del caso 5 en Pamplona.

4.2.6. Caso 6

Diseño de una instalación fotovoltaica en Pamplona de 10 kWp, con módulos solares con sistema de seguimiento, de CIS, con inclinación óptima constante.

Herramienta	PVGIS				PVsyst	Ninja.Renewables	
Base de datos	SARAH	CMSAF	ERA5	COSMO	Meteonorm	MERRA	SARAH
PV instalado	10kWp						
Pérdidas	9,37%						
Inclinación	54°	53°	56°	52°	54°	54°	54°
Irradiación [kWh/m ² -año]	2.220	2.197	2.255	1.995	2.252	2.008	2.074
Producción de PV [kWh/año]	20.122	19.909	20.433	18.081	19.348	17.620	18.221

Tabla 16. Resultados del caso 6 en Pamplona.

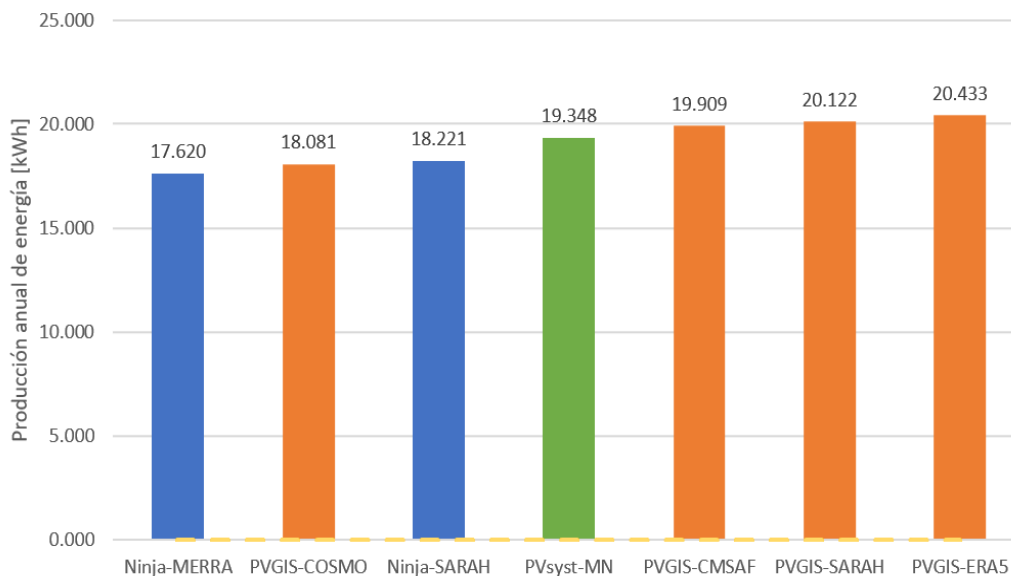


Gráfico 24. Producción anual de energía PV del caso 6 en Pamplona.

4.2.7. Caso 7

Diseño de una instalación fotovoltaica en Pamplona de 10 kWp, con módulos solares con sistema de seguimiento biaxial, de silicio cristalino.

Herramienta	PVGIS				PVsystem	Ninja.Renewables	
Base de datos	SARAH	CMSAF	ERA5	COSMO	Meteonorm	MERRA	SARAH
PV instalado	10kWp						
Pérdidas	15,01%						
Irradiación [kWh/m ² ·año]	2.292	2.269	2.332	2.045	2.331	1.962	2.028
Producción de PV [kWh/año]	19.479	19.285	19.816	17.377	20.614	17.220	17.821

Tabla 17. Resultados del caso 7 en Pamplona.

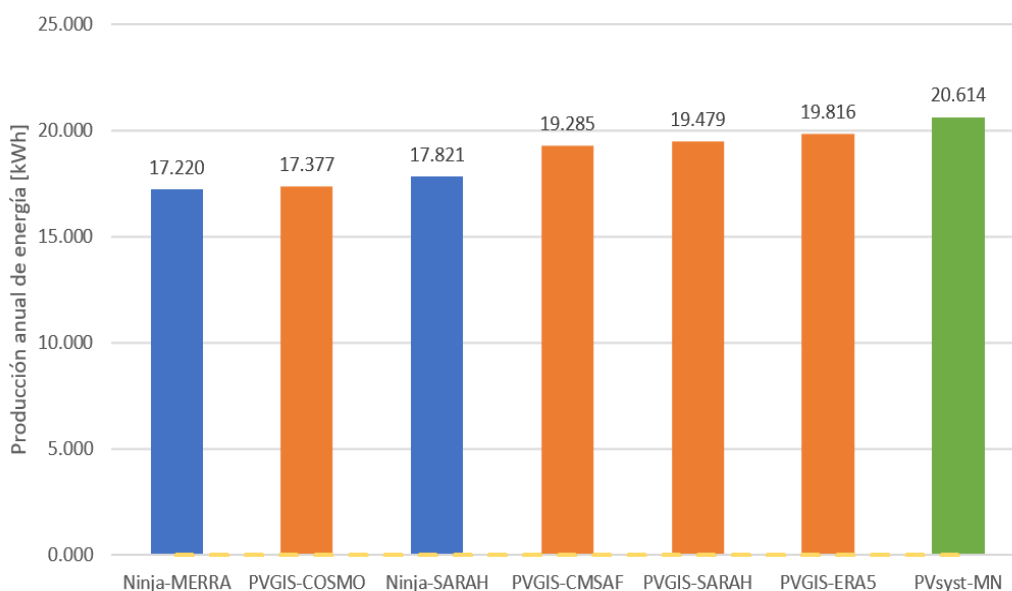


Gráfico 25. Producción anual de energía PV del caso 7 en Pamplona.

4.2.8. Caso 8

Diseño de una instalación fotovoltaica en Pamplona de 10 kWp, con módulos solares con sistema de seguimiento biaxial, de CIS.

Herramienta	PVGIS				PVsystem	Ninja.Renewables	
Base de datos	SARAH	CMSAF	ERA5	COSMO	Meteonorm	MERRA	SARAH
PV instalado	10kWp						
Pérdidas	10,00%						
Irradiación [kWh/m ² ·año]	2.292	2.269	2.332	2.045	2.331	2.077	2.148
Producción de PV [kWh/año]	20.627	20.421	20.984	18.402	19.887	18.234	18.872

Tabla 18. Resultados del caso 8 en Pamplona.

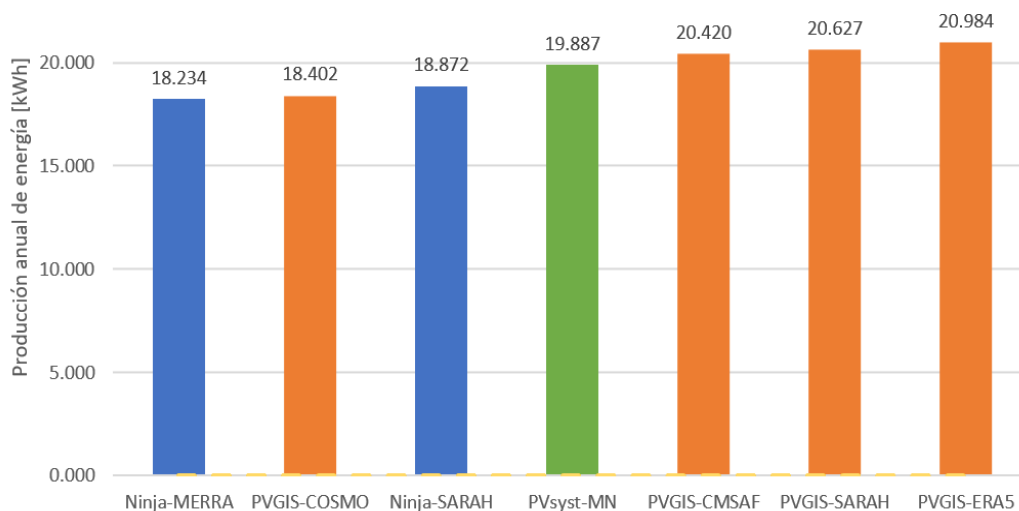


Gráfico 26. Producción anual de energía PV del caso 8 en Pamplona.

4.3. Huesca

4.3.1. Caso 1

Diseño de una instalación fotovoltaica en Huesca de 10 kWp, con módulos solares fijos, de silicio cristalino, con inclinación 0° y azimut 0°.

Herramienta	PVGIS				PVsyst	Ninja.Renewables	
Base de datos	SARAH	CMSAF	ERA5	COSMO	Meteonorm	MERRA	SARAH
PV instalado	10kWp						
Pérdidas	13,20%						
Inclinación	0°						
Irradiación [kWh/m ² ·año]	1.738	1.697	1.717	1.550	1.675	1.501	1.713
Producción de PV [kWh/año]	14.313	14.730	14.900	13.453	15.115	13.168	15.021

Tabla 19. Resultados del caso 1 en Huesca.

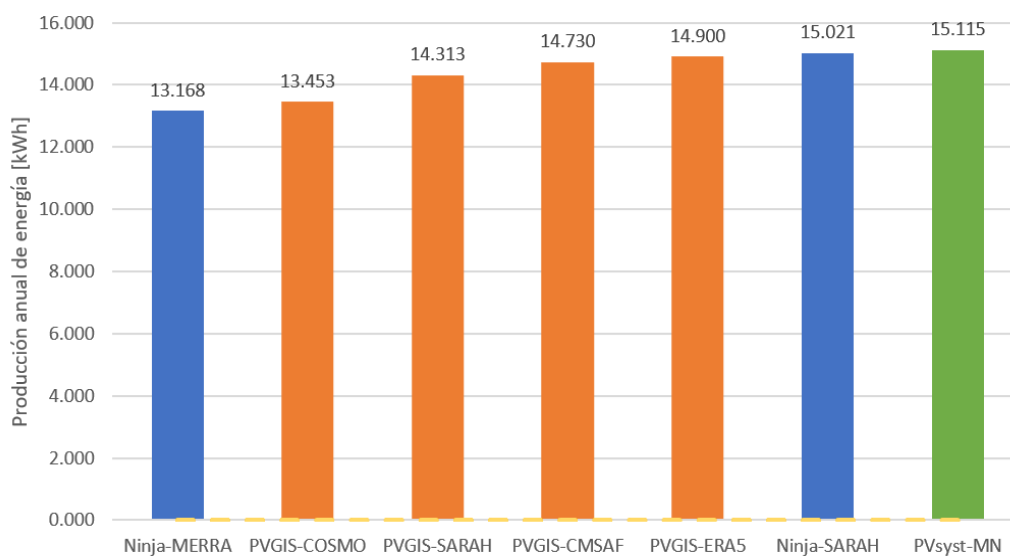


Gráfico 27. Producción anual de energía PV del caso 1 en Huesca.

4.3.2. Caso 2

Diseño de una instalación fotovoltaica en Huesca de 10 kWp, con módulos solares fijos, de silicio cristalino, con inclinación óptima y azimut 0°.

Herramienta	PVGIS				PVsyst	Ninja.Renewables	
Base de datos	SARAH	CMSAF	ERA5	COSMO	Meteonorm	MERRA	SARAH
PV instalado	10kWp						
Pérdidas	14,46%						
Inclinación	38°	37°	39°	36°	38°	38°	38°
Irradiación [kWh/m ² ·año]	2.074	2.002	2.087	1.798	2.034	1.731	1.947
Producción de PV [kWh/año]	17.738	17.123	17.849	15.383	18.104	15.168	17.049

Tabla 20. Resultados del caso 2 en Huesca.

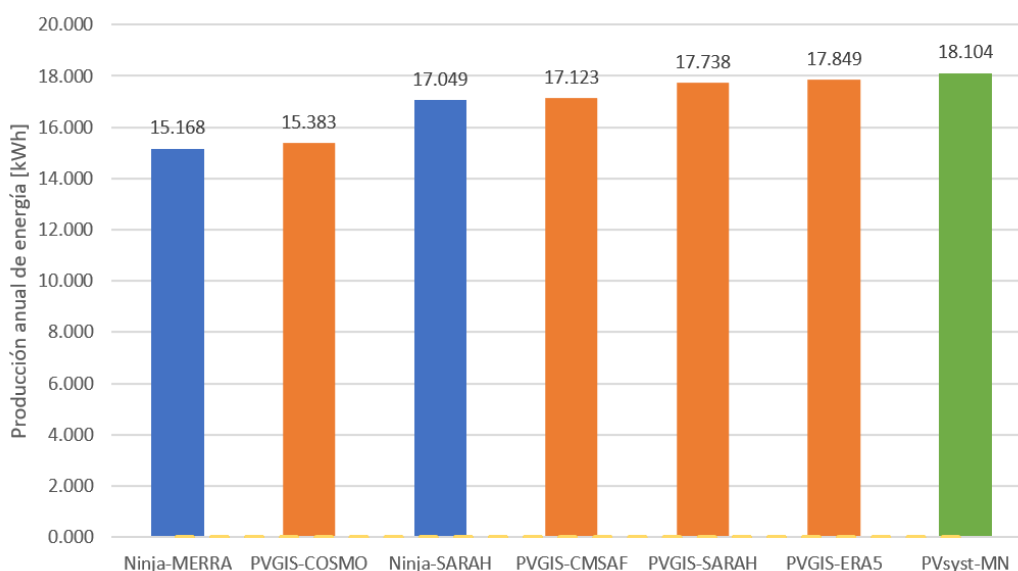


Gráfico 28. Producción anual de energía PV del caso 2 en Huesca.

4.3.3. Caso 3

Diseño de una instalación fotovoltaica en Huesca de 10 kWp, con módulos solares fijos, de CIS, con inclinación 0° y azimut 0°.

Herramienta	PVGIS				PVsyst	Ninja.Renewables	
Base de datos	SARAH	CMSAF	ERA5	COSMO	Meteonorm	MERRA	SARAH
PV instalado	10kWp						
Pérdidas	7,37%						
Inclinación	0°						
Irradiación [kWh/m ² ·año]	1.738	1.697	1.717	1.550	1.675	1.602	1.826
Producción de PV [kWh/año]	16.100	15.721	15.903	14.357	15.710	14.054	16.007

Tabla 21. Resultados del caso 3 en Huesca.

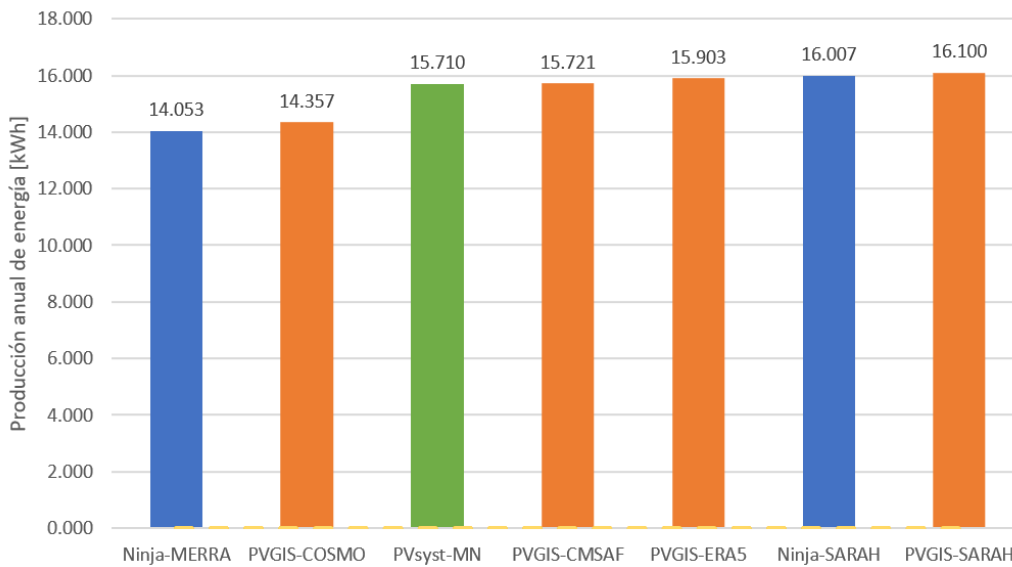


Gráfico 29. Producción anual de energía PV del caso 3 en Huesca.

4.3.4. Caso 4

Diseño de una instalación fotovoltaica en Huesca de 10 kWp, con módulos solares fijos, de CIS, con inclinación óptima y azimut 0°.

Herramienta	PVGIS				PVsyst	Ninja.Renewables	
Base de datos	SARAH	CMSAF	ERA5	COSMO	Meteonorm	MERRA	SARAH
PV instalado	10kWp						
Pérdidas	8,92%						
Inclinación	38°	37°	39°	36°	38°	38°	38°
Irradiación [kWh/m ² ·año]	2.074	2.002	2.087	1.798	2.034	1.843	2.073
Producción de PV [kWh/año]	18.888	18.231	19.004	16.380	17.563	16.150	18.152

Tabla 22. Resultados del caso 4 en Huesca.

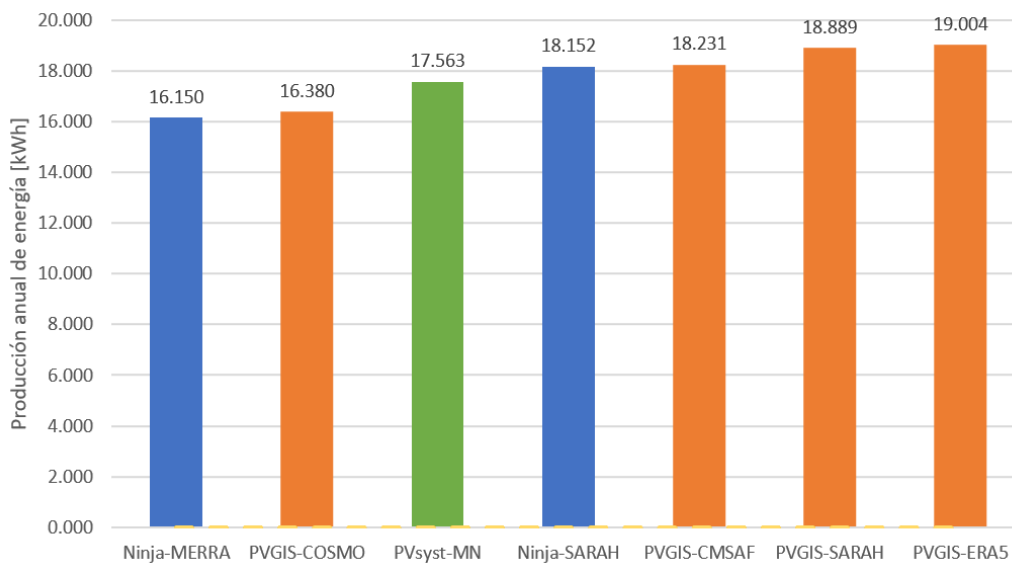


Gráfico 30. Producción anual de energía PV del caso 4 en Huesca.

4.3.5. Caso 5

Diseño de una instalación fotovoltaica en Huesca de 10 kWp, con módulos solares con sistema de seguimiento, de silicio cristalino, con inclinación óptima constante.

Herramienta	PVGIS				PVsyst	Ninja.Renewables	
Base de datos	SARAH	CMSAF	ERA5	COSMO	Meteonorm	MERRA	SARAH
PV instalado	10kWp						
Pérdidas	15,91%						
Inclinación	56°	55°	57°	53°	56°	56°	56°
Irradiación [kWh/m ² ·año]	2.738	2.644	2.822	2.263	2.797	2.158	2.381
Producción de PV [kWh/año]	23.025	22.235	23.728	19.032	24.467	18.914	20.856

Tabla 23. Resultados del caso 5 en Huesca.

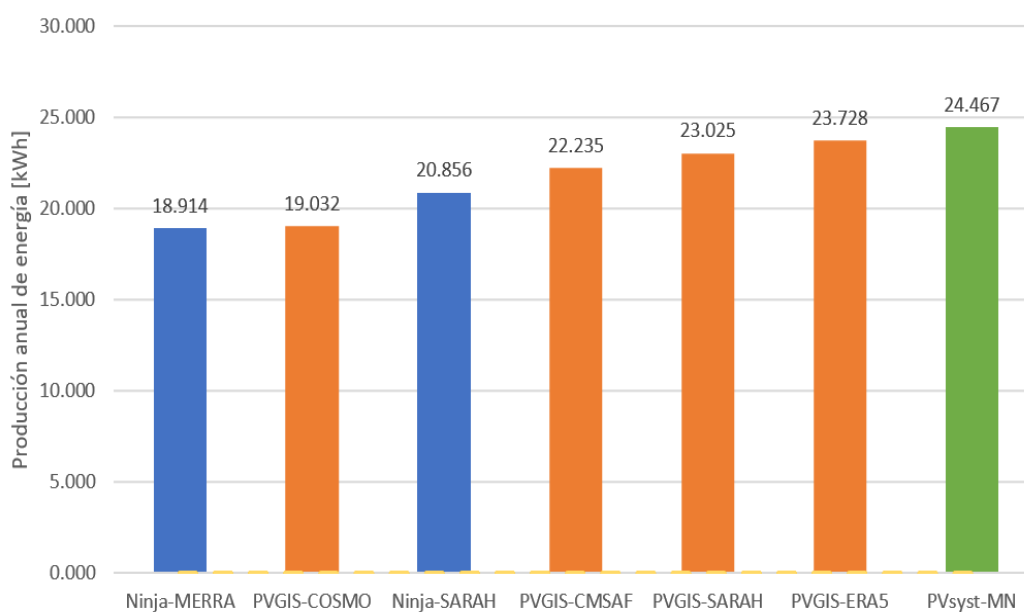


Gráfico 31. Producción anual de energía PV del caso 5 en Huesca.

4.3.6. Caso 6

Diseño de una instalación fotovoltaica en Huesca de 10 kWp, con módulos solares con sistema de seguimiento, de CIS, con inclinación óptima constante.

Herramienta	PVGIS				PVsyst	Ninja.Renewables	
Base de datos	SARAH	CMSAF	ERA5	COSMO	Meteonorm	MERRA	SARAH
PV instalado	10kWp						
Pérdidas	10,63%						
Inclinación	56°	55°	57°	53°	56°	56°	56°
Irradiación [kWh/m ² ·año]	2.738	2.644	2.822	2.263	2.797	2.294	2.531
Producción de PV [kWh/año]	24.471	23.631	25.216	20.226	23.703	20.102	22.166

Tabla 24. Resultados del caso 6 en Huesca.

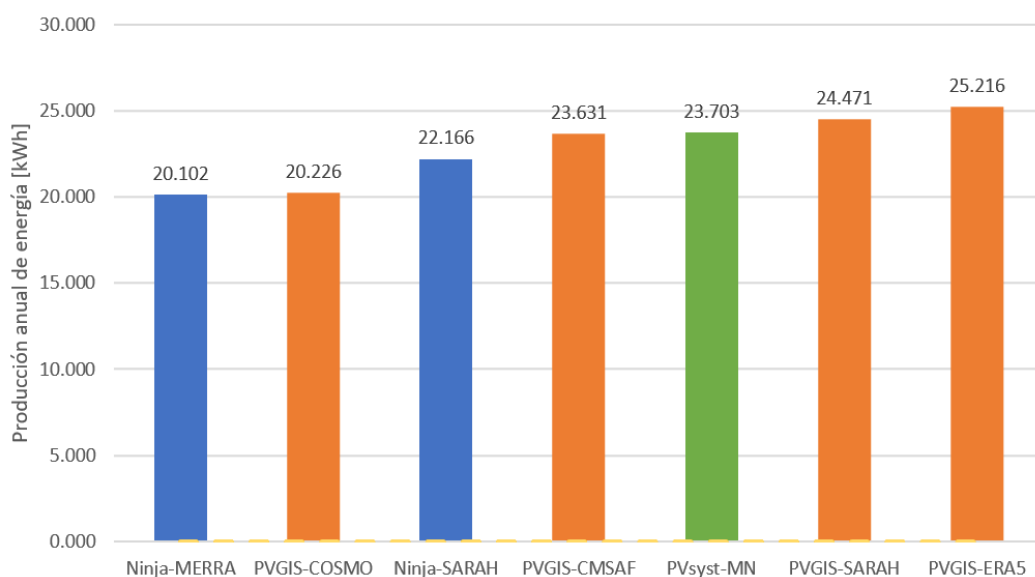


Gráfico 32. Producción anual de energía PV del caso 6 en Huesca.

4.3.7. Caso 7

Diseño de una instalación fotovoltaica en Huesca de 10 kWp, con módulos solares con sistema de seguimiento biaxial, de silicio cristalino.

Herramienta	PVGIS				PVsyst	Ninja.Renewables	
Base de datos	SARAH	CMSAF	ERA5	COSMO	Meteonorm	MERRA	SARAH
PV instalado	10kWp						
Pérdidas	16,44%						
Irradiación [kWh/m ² -año]	2.832	2.736	2.924	2.324	2.900	2.236	2.468
Producción de PV [kWh/año]	23.665	22.859	24.431	19.420	25.210	19.601	21.624

Tabla 25. Resultados del caso 7 en Huesca.

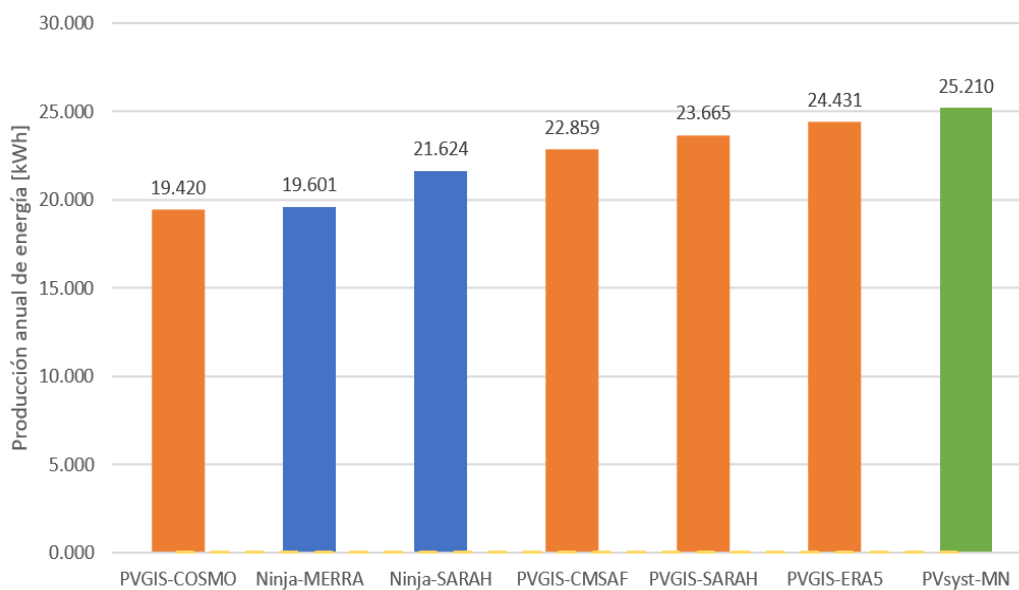


Gráfico 33. Producción anual de energía PV del caso 7 en Huesca.

4.3.8. Caso 8

Diseño de una instalación fotovoltaica en Huesca de 10 kWp, con módulos solares con sistema de seguimiento biaxial, de CIS.

Herramienta	PVGIS				PVsys	Ninja.Renewables	
Base de datos	SARAH	CMSAF	ERA5	COSMO	Meteonorm	MERRA	SARAH
PV instalado	10kWp						
Pérdidas	11,39%						
Irradiación [kWh/m ² ·año]	2.832	2.736	2.924	2.324	2.900	2.371	2.618
Producción de PV [kWh/año]	25.093	24.241	25.908	20.594	24.356	20.785	22.932

Tabla 26. Resultados del caso 8 en Huesca.

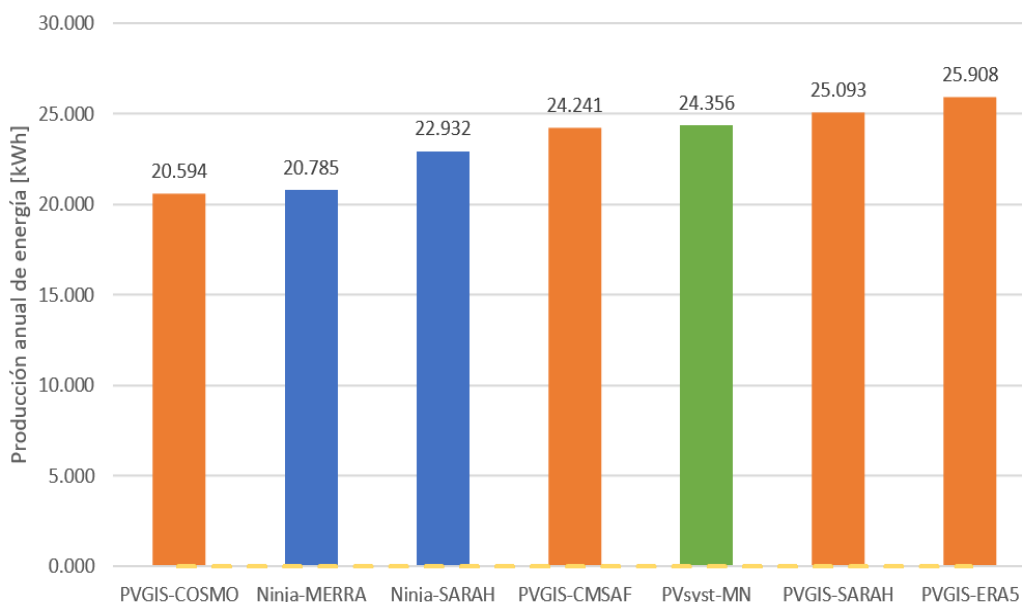


Gráfico 34. Producción anual de energía PV del caso 8 en Huesca.

4.4. Zaragoza

4.4.1. Caso 1

Diseño de una instalación fotovoltaica en Zaragoza de 10 kWp, con módulos solares fijos, de silicio cristalino, con inclinación 0° y azimut 0°.

Herramienta	PVGIS				PVsys	Ninja.Renewables	
Base de datos	SARAH	CMSAF	ERA5	COSMO	Meteonorm	MERRA	SARAH
PV instalado	10kWp						
Pérdidas	13,41%						
Inclinación	0°						
Irradiación [kWh/m ² ·año]	1.734	1.685	1.724	1.559	1.584	1.504	1.677
Producción de PV [kWh/año]	15.018	14.592	14.929	13.502	14.266	13.195	14.705

Tabla 27. Resultados del caso 1 en Zaragoza.

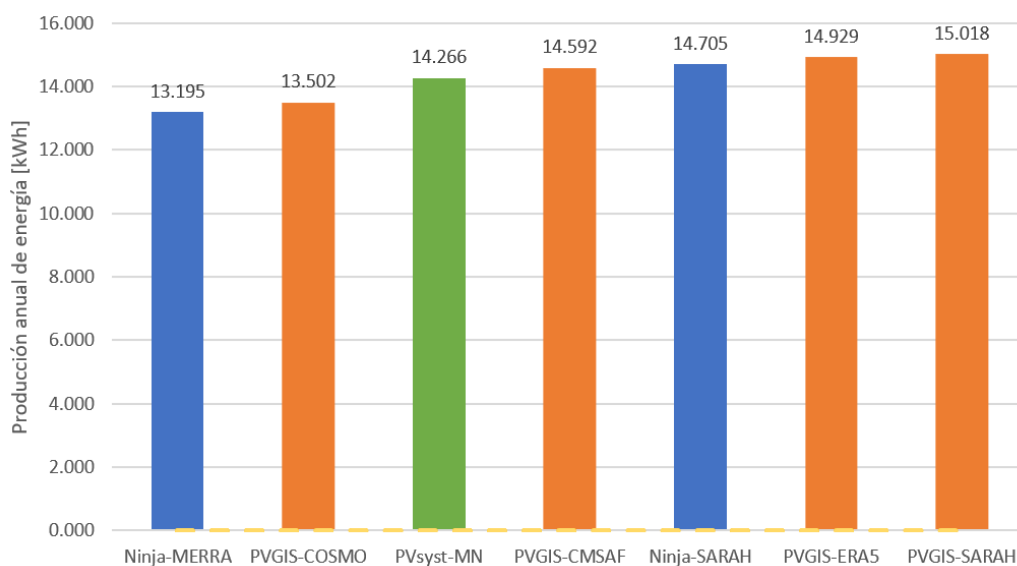


Gráfico 35. Producción anual de energía PV del caso 1 en Zaragoza.

4.4.2. Caso 2

Diseño de una instalación fotovoltaica en Zaragoza de 10 kWp, con módulos solares fijos, de silicio cristalino, con inclinación óptima y azimut 0°.

Herramienta	PVGIS				PVSyst	Ninja.Renewables	
Base de datos	SARAH	CMSAF	ERA5	COSMO	Meteonorm	MERRA	SARAH
PV instalado	10kWp						
Pérdidas	14,53%						
Inclinación	38°	37°	39°	36°	36°	38°	38°
Irradiación [kWh/m ² -año]	2.057	1.971	2.078	1.795	1.872	1.732	1.886
Producción de PV [kWh/año]	17.583	16.842	17.762	15.342	16.648	15.178	16.513

Tabla 28. Resultados del caso 2 en Zaragoza.

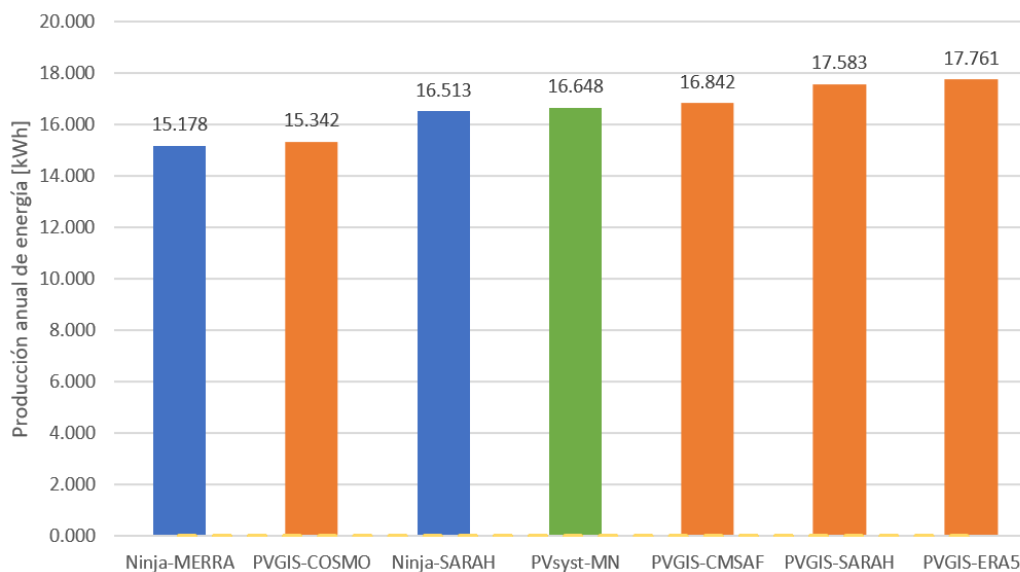


Gráfico 36. Producción anual de energía PV del caso 2 en Zaragoza.

4.4.3. Caso 3

Diseño de una instalación fotovoltaica en Zaragoza de 10 kWp, con módulos solares fijos, de CIS, con inclinación 0° y azimut 0°.

Herramienta	PVGIS				PVsys	Ninja.Renewables	
Base de datos	SARAH	CMSAF	ERA5	COSMO	Meteonorm	MERRA	SARAH
PV instalado	10kWp						
Pérdidas	7,46%						
Inclinación	0°						
Irradiación [kWh/m ² -año]	1.734	1.685	1.724	1.559	1.584	1.608	1.792
Producción de PV [kWh/año]	16.051	15.595	15.956	14.429	13.897	14.100	15.714

Tabla 29. Resultados del caso 3 en Zaragoza.

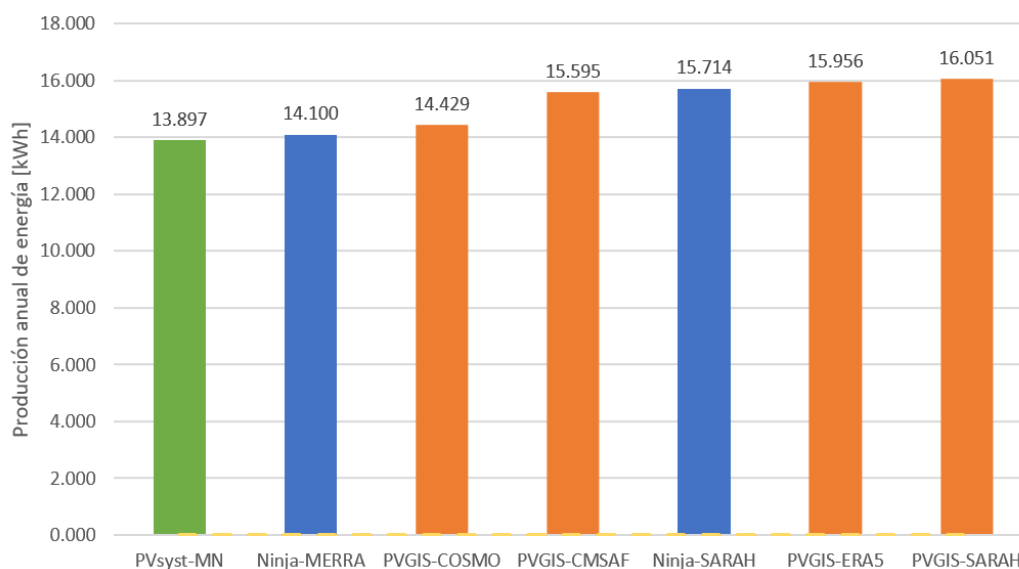


Gráfico 37. Producción anual de energía PV del caso 3 en Zaragoza.

4.4.4. Caso 4

Diseño de una instalación fotovoltaica en Zaragoza de 10 kWp, con módulos solares fijos, de CIS, con inclinación óptima y azimut 0°.

Herramienta	PVGIS				PVsys	Ninja.Renewables	
Base de datos	SARAH	CMSAF	ERA5	COSMO	Meteonorm	MERRA	SARAH
PV instalado	10kWp						
Pérdidas	8,79%						
Inclinación	38°	36°	39°	35°	36°	38°	38°
Irradiación [kWh/m ² -año]	2.057	1.971	2.078	1.795	1.872	1.848	2.012
Producción de PV [kWh/año]	18.762	17.974	18.955	16.373	16.186	16.196	17.622

Tabla 30. Resultados del caso 4 en Zaragoza.

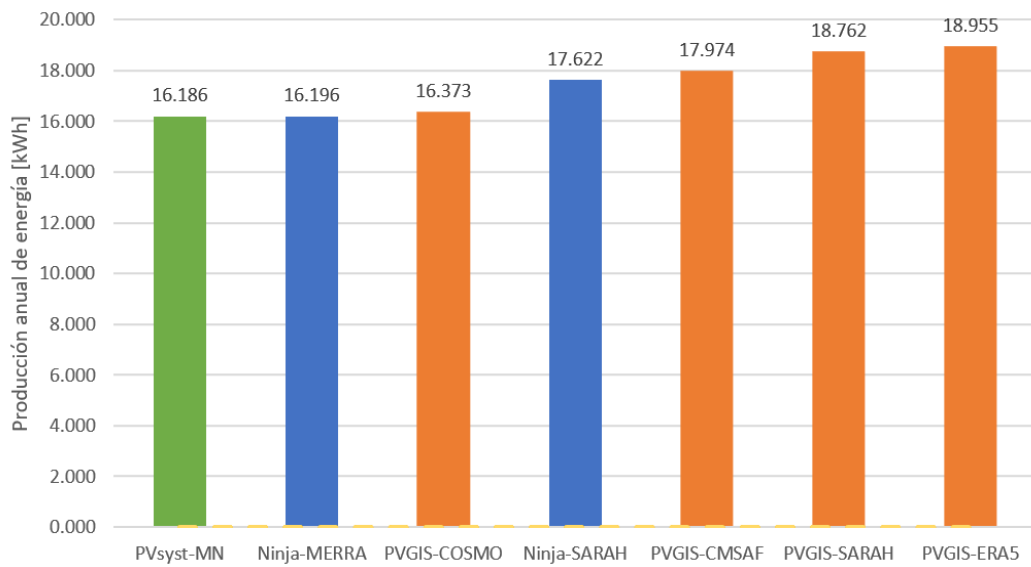


Gráfico 38. Producción anual de energía PV del caso 4 en Zaragoza.

4.4.5. Caso 5

Diseño de una instalación fotovoltaica en Zaragoza de 10 kWp, con módulos solares con sistema de seguimiento, de silicio cristalino, con inclinación óptima constante.

Herramienta	PVGIS				PVsyst	Ninja.Renewables	
Base de datos	SARAH	CMSAF	ERA5	COSMO	Meteonorm	MERRA	SARAH
PV instalado	10kWp						
Pérdidas	15,93%						
Inclinación	55°	55°	57°	52°	55°	55°	55°
Irradiación [kWh/m ² -año]	2.708	2.601	2.796	2.248	2.546	2.160	2.310
Producción de PV [kWh/año]	22.763	21.864	23.507	18.896	22.266	18.929	20.228

Tabla 31. Resultados del caso 5 en Zaragoza.

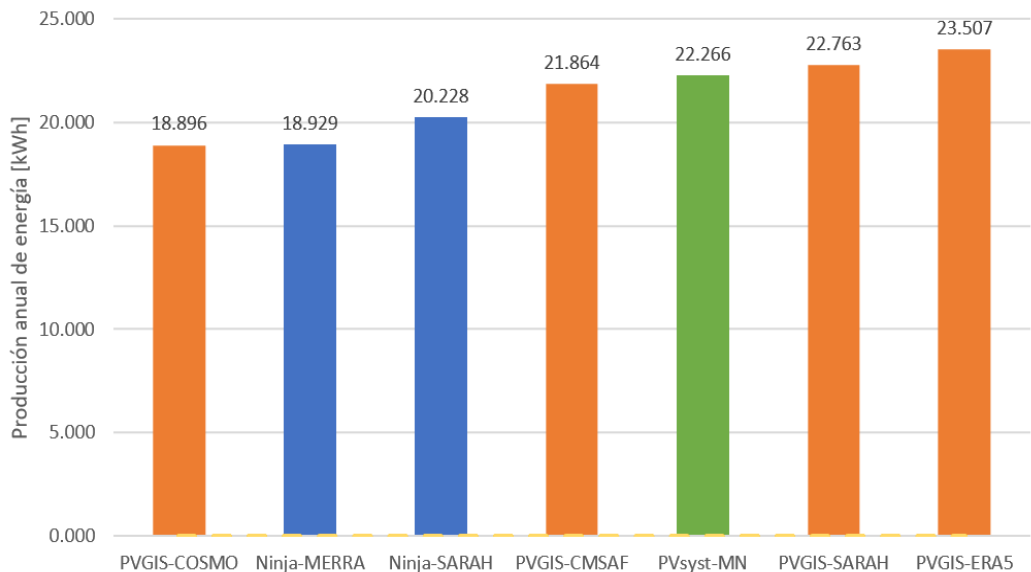


Gráfico 39. Producción anual de energía PV del caso 5 en Zaragoza.

4.4.6. Caso 6

Diseño de una instalación fotovoltaica en Zaragoza de 10 kWp, con módulos solares con sistema de seguimiento, de CIS, con inclinación óptima constante.

Herramienta	PVGIS				PVsys	Ninja.Renewables	
Base de datos	SARAH	CMSAF	ERA5	COSMO	Meteonorm	MERRA	SARAH
PV instalado	10kWp						
Pérdidas	10,44%						
Inclinación	55°	55°	57°	52°	55°	55°	55°
Irradiación [kWh/m ² -año]	2.708	2.601	2.796	2.248	2.546	2.301	2.460
Producción de PV [kWh/año]	24.250	23.291	25.042	20.130	21.623	20.165	21.549

Tabla 32. Resultados del caso 6 en Zaragoza.

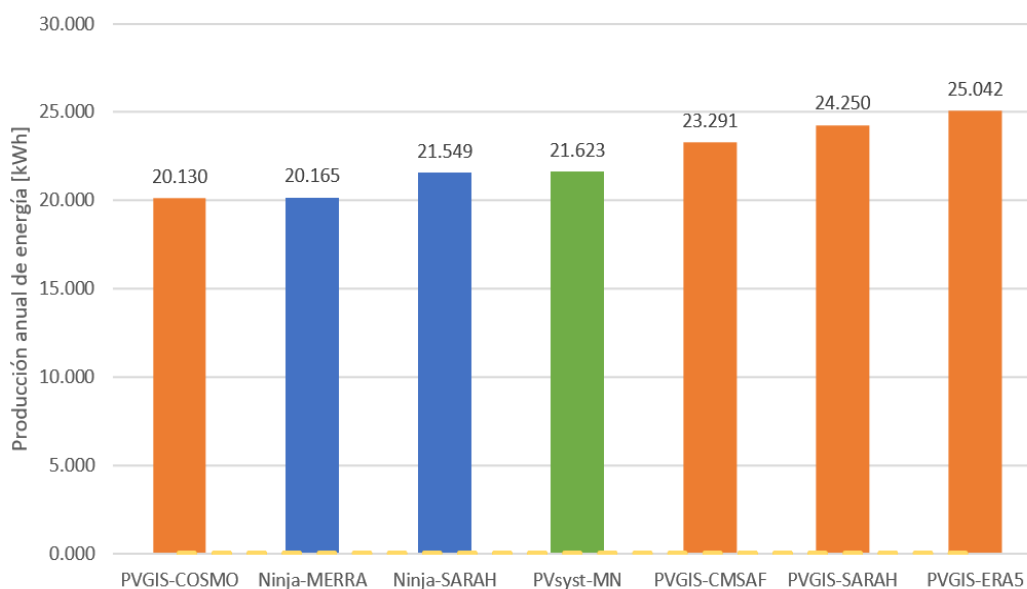


Gráfico 40. Producción anual de energía PV del caso 6 en Zaragoza.

4.4.7. Caso 7

Diseño de una instalación fotovoltaica en Zaragoza de 10 kWp, con módulos solares con sistema de seguimiento biaxial, de silicio cristalino.

Herramienta	PVGIS				PVsys	Ninja.Renewables	
Base de datos	SARAH	CMSAF	ERA5	COSMO	Meteonorm	MERRA	SARAH
PV instalado	10kWp						
Pérdidas	16,47%						
Irradiación [kWh/m ² -año]	2.801	2.692	2.898	2.308	2.638	2.235	2.393
Producción de PV [kWh/año]	23.398	22.491	24.208	19.274	22.934	19.595	20.967

Tabla 33. Resultados del caso 7 en Zaragoza.

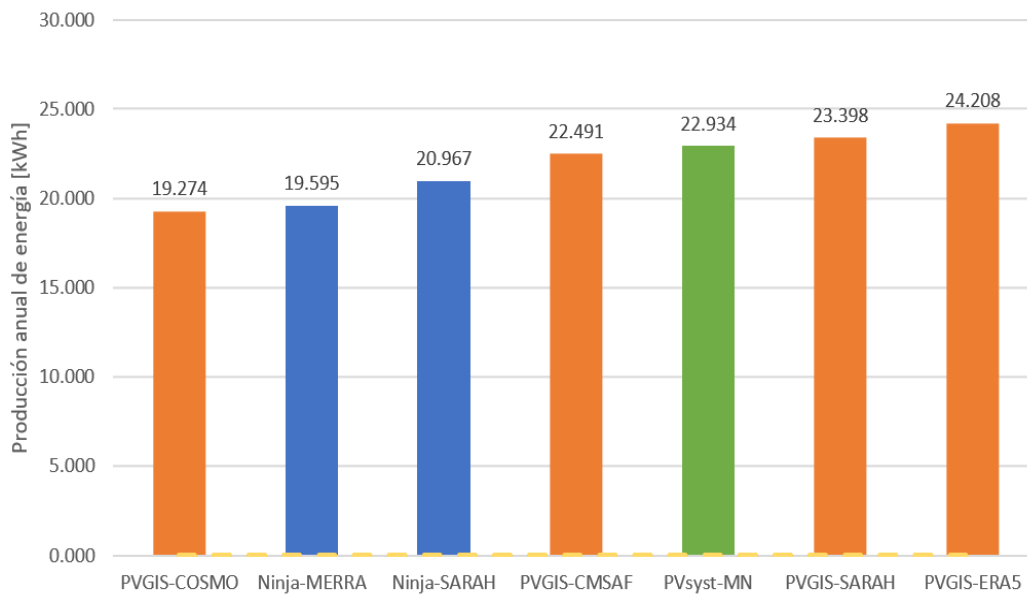


Gráfico 41. Producción anual de energía PV del caso 7 en Zaragoza.

4.4.8. Caso 8

Diseño de una instalación fotovoltaica en Zaragoza de 10 kWp, con módulos solares con sistema de seguimiento biaxial, de CIS.

Herramienta	PVGIS				PVsyst	Ninja.Renewables	
Base de datos	SARAH	CMSAF	ERA5	COSMO	Meteonorm	MERRA	SARAH
PV instalado	10kWp						
Pérdidas	11,12%						
Irradiación [kWh/m ² -año]	2.801	2.692	2.898	2.308	2.638	2.378	2.547
Producción de PV [kWh/año]	24.895	23.930	25.758	20.503	22.226	20.850	22.310

Tabla 34. Resultados del caso 8 en Zaragoza.

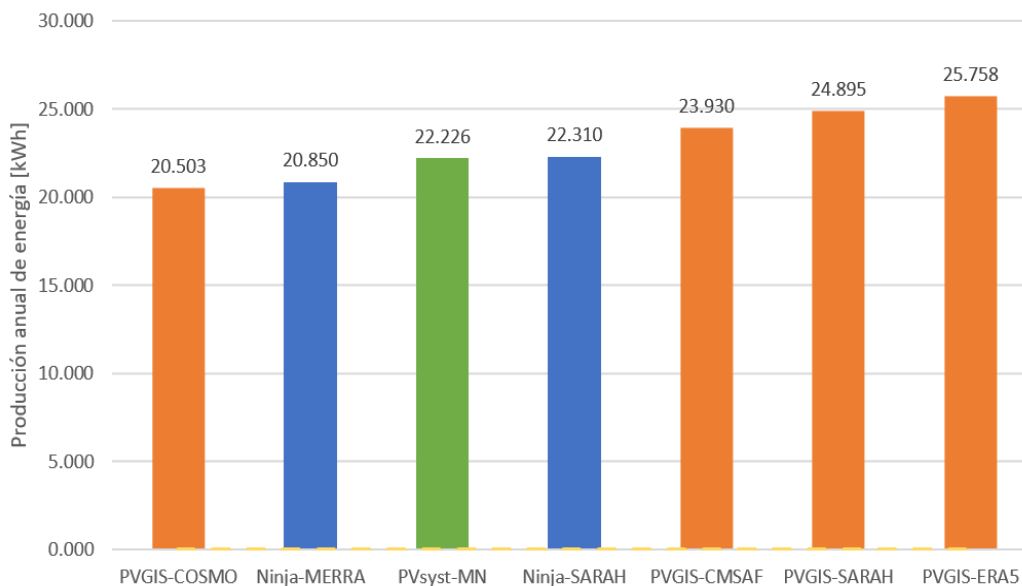


Gráfico 42. Producción anual de energía PV del caso 8 en Zaragoza.

4.5. Sevilla

4.5.1. Caso 1

Diseño de una instalación fotovoltaica en Sevilla de 10 kWp, con módulos solares fijos, de silicio cristalino, con inclinación 0° y azimut 0°.

Herramienta	PVGIS				PVsyst	Ninja.Renewables	
Base de datos	SARAH	CMSAF	ERA5	COSMO	Meteonorm	MERRA	SARAH
PV instalado	10kWp						
Pérdidas	15,28%						
Inclinación	0°						
Irradiación [kWh/m ² ·año]	1.897	1.873	1.858	1.668	1.686	1.538	1.773
Producción de PV [kWh/año]	16.075	15.864	15.738	14.136	14.859	13.485	15.551

Tabla 35. Resultados del caso 1 en Sevilla.

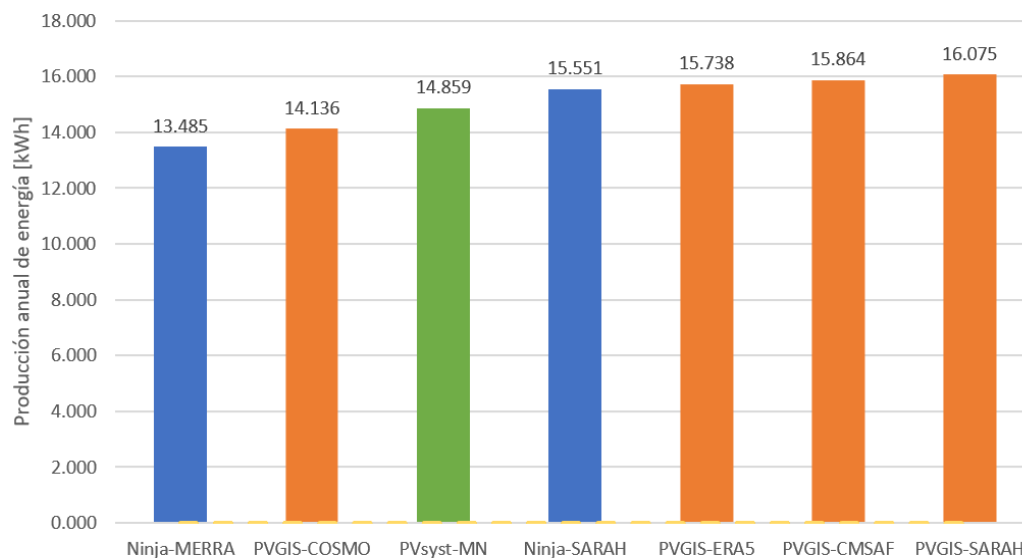


Gráfico 43. Producción anual de energía PV del caso 1 en Sevilla.

4.5.2. Caso 2

Diseño de una instalación fotovoltaica en Sevilla de 10 kWp, con módulos solares fijos, de silicio cristalino, con inclinación óptima y azimut 0°.

Herramienta	PVGIS				PVsyst	Ninja.Renewables	
Base de datos	SARAH	CMSAF	ERA5	COSMO	Meteonorm	MERRA	SARAH
PV instalado	10kWp						
Pérdidas	16,29%						
Inclinación	34°	33°	35°	32°	35°	35°	34°
Irradiación [kWh/m ² ·año]	2.186	2.136	2.150	1.868	1.958	1.713	1.970
Producción de PV [kWh/año]	18.301	17.877	17.998	15.638	17.059	15.008	17.266

Tabla 36. Resultados del caso 2 en Sevilla.

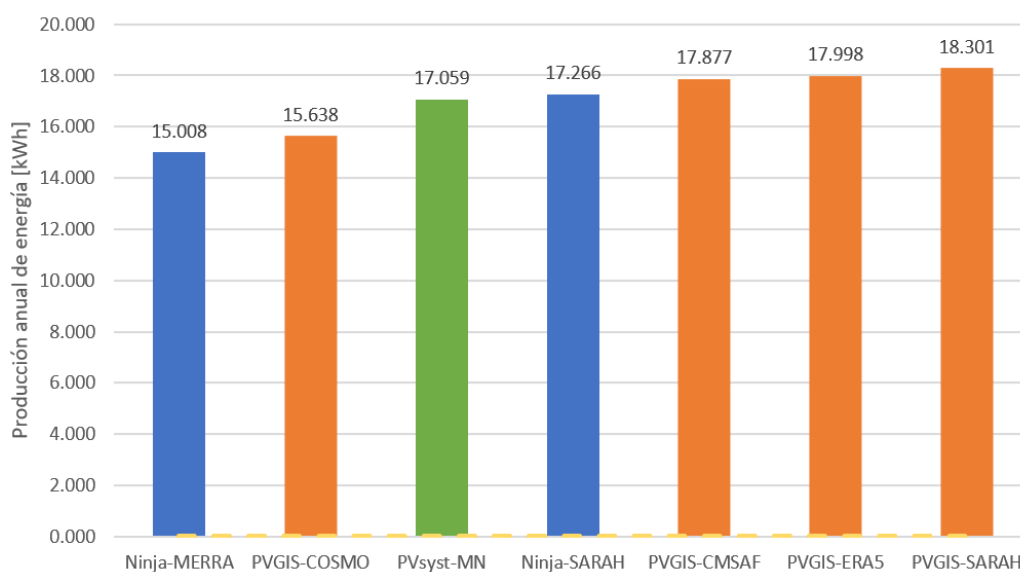


Gráfico 44. Producción anual de energía PV del caso 2 en Sevilla.

4.5.3. Caso 3

Diseño de una instalación fotovoltaica en Sevilla de 10 kWp, con módulos solares fijos, de CIS, con inclinación 0° y azimut 0°.

Herramienta	PVGIS				PVsyst	Ninja.Renewables	
Base de datos	SARAH	CMSAF	ERA5	COSMO	Meteonorm	MERRA	SARAH
PV instalado	10kWp						
Pérdidas	8,82%						
Inclinación	0°						
Irradiación [kWh/m ² -año]	1.897	1.873	1.858	1.668	1.686	1.655	1.908
Producción de PV [kWh/año]	17.300	17.074	16.939	15.213	14.575	14.513	16.737

Tabla 37. Resultados del caso 3 en Sevilla.

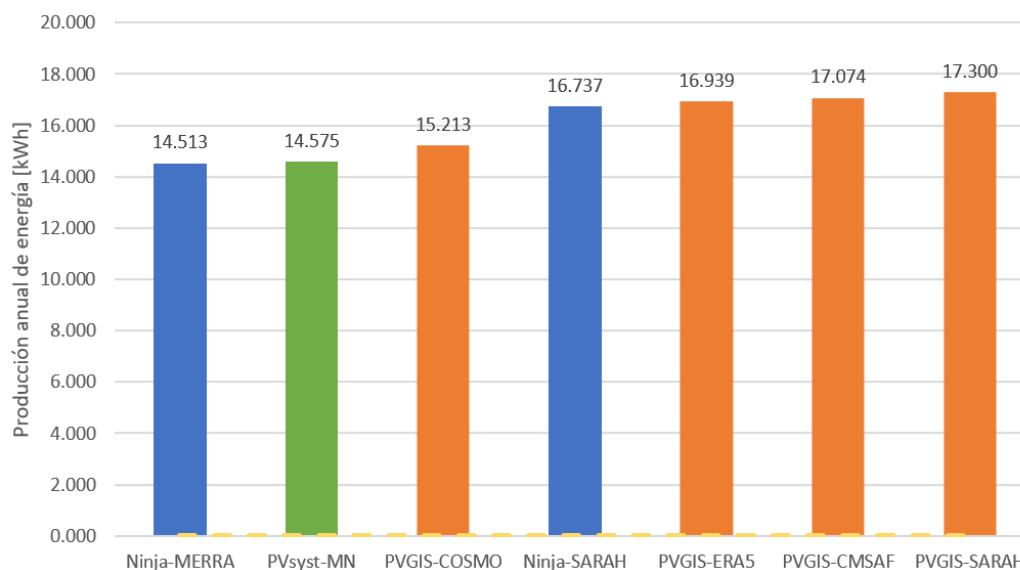


Gráfico 45. Producción anual de energía PV del caso 3 en Sevilla.

4.5.4. Caso 4

Diseño de una instalación fotovoltaica en Sevilla de 10 kWp, con módulos solares fijos, de CIS, con inclinación óptima y azimut 0°.

Herramienta	PVGIS				PVsyst	Ninja.Renewables	
Base de datos	SARAH	CMSAF	ERA5	COSMO	Meteonorm	MERRA	SARAH
PV instalado	10kWp						
Pérdidas	9,91%						
Inclinación	34°	33°	34°	32°	35°	35°	34°
Irradiación [kWh/m ² -año]	2.186	2.135	2.150	1.868	1.958	1.844	2.120
Producción de PV [kWh/año]	19.696	19.240	19.371	16.829	16.730	16.152	18.582

Tabla 38. Resultados del caso 4 en Sevilla.

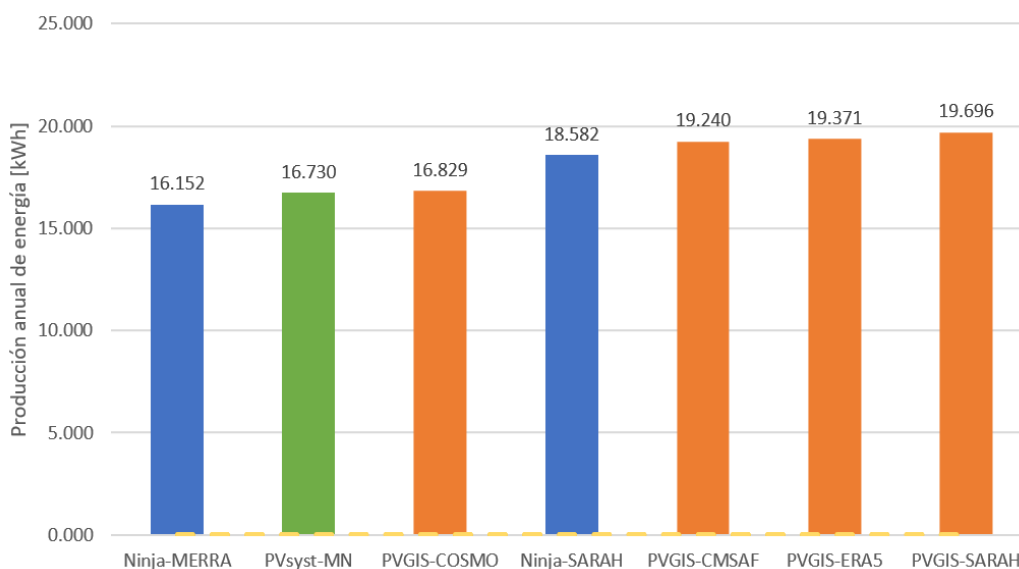


Gráfico 46. Producción anual de energía PV del caso 4 en Sevilla.

4.5.5. Caso 5

Diseño de una instalación fotovoltaica en Sevilla de 10 kWp, con módulos solares con sistema de seguimiento, de silicio cristalino, con inclinación óptima constante.

Herramienta	PVGIS				PVsyst	Ninja.Renewables	
Base de datos	SARAH	CMSAF	ERA5	COSMO	Meteonorm	MERRA	SARAH
PV instalado	10kWp						
Pérdidas	17,41%						
Inclinación	54°	54°	55°	51°	54°	54°	54°
Irradiación [kWh/m ² -año]	2.903	2.860	2.911	2.346	2.611	2.130	2.416
Producción de PV [kWh/año]	23.976	23.621	24.043	19.374	22.436	18.664	21.176

Tabla 39. Resultados del caso 5 en Sevilla.

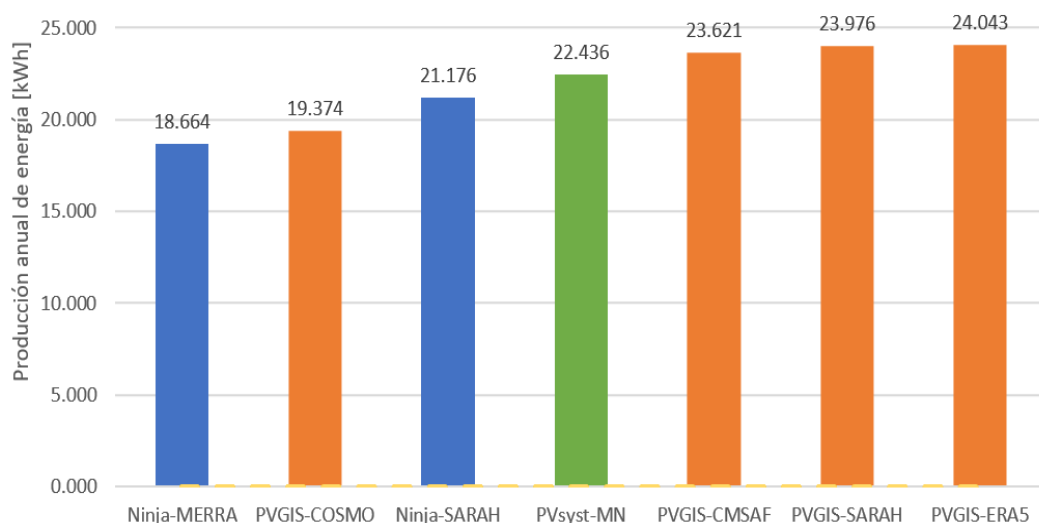


Gráfico 47. Producción anual de energía PV del caso 5 en Sevilla.

4.5.6. Caso 6

Diseño de una instalación fotovoltaica en Sevilla de 10 kWp, con módulos solares con sistema de seguimiento, de CIS, con inclinación óptima constante.

Herramienta	PVGIS				PVsyst	Ninja.Renewables	
Base de datos	SARAH	CMSAF	ERA5	COSMO	Meteonorm	MERRA	SARAH
PV instalado	10kWp						
Pérdidas	11,07%						
Inclinación	54°	54°	55°	51°	54°	54°	54°
Irradiación [kWh/m ² ·año]	2.903	2.860	2.911	2.346	2.611	2.294	2.602
Producción de PV [kWh/año]	25.816	25.435	25.888	20.862	22.011	20.097	22.802

Tabla 40. Resultados del caso 6 en Sevilla.

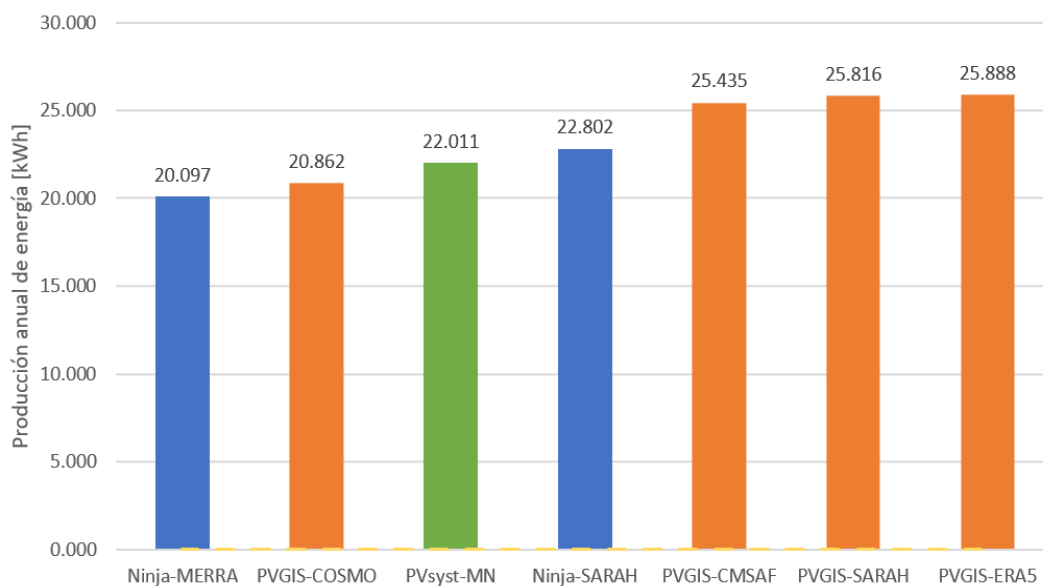


Gráfico 48. Producción anual de energía PV del caso 6 en Sevilla.

4.5.7. Caso 7

Diseño de una instalación fotovoltaica en Sevilla de 10 kWp, con módulos solares con sistema de seguimiento biaxial, de silicio cristalino.

Herramienta	PVGIS				PVsys	Ninja.Renewables	
Base de datos	SARAH	CMSAF	ERA5	COSMO	Meteonorm	MERRA	SARAH
PV instalado	10kWp						
Pérdidas	17,92%						
Irradiación [kWh/m ² ·año]	3.016	2.974	3.029	2.417	2.715	2.224	2.522
Producción de PV [kWh/año]	24.756	24.415	24.861	19.841	23.177	19.492	22.107

Tabla 41. Resultados del caso 7 en Sevilla.

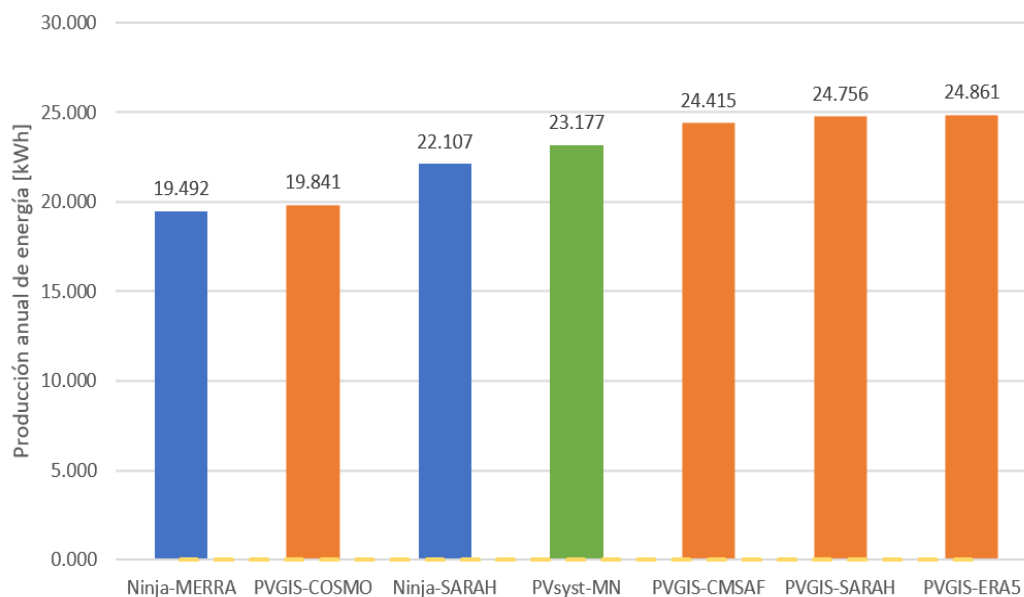


Gráfico 49. Producción anual de energía PV del caso 7 en Sevilla.

4.5.8. Caso 8

Diseño de una instalación fotovoltaica en Sevilla de 10 kWp, con módulos solares con sistema de seguimiento biaxial, de CIS.

Herramienta	PVGIS				PVsys	Ninja.Renewables	
Base de datos	SARAH	CMSAF	ERA5	COSMO	Meteonorm	MERRA	SARAH
PV instalado	10kWp						
Pérdidas	11,62%						
Irradiación [kWh/m ² ·año]	3.016	2.974	3.029	2.417	2.715	23.804	2.715
Producción de PV [kWh/año]	26.654	26.287	26.769	21.362	22.746	20.988	23.804

Tabla 42. Resultados del caso 8 en Sevilla.

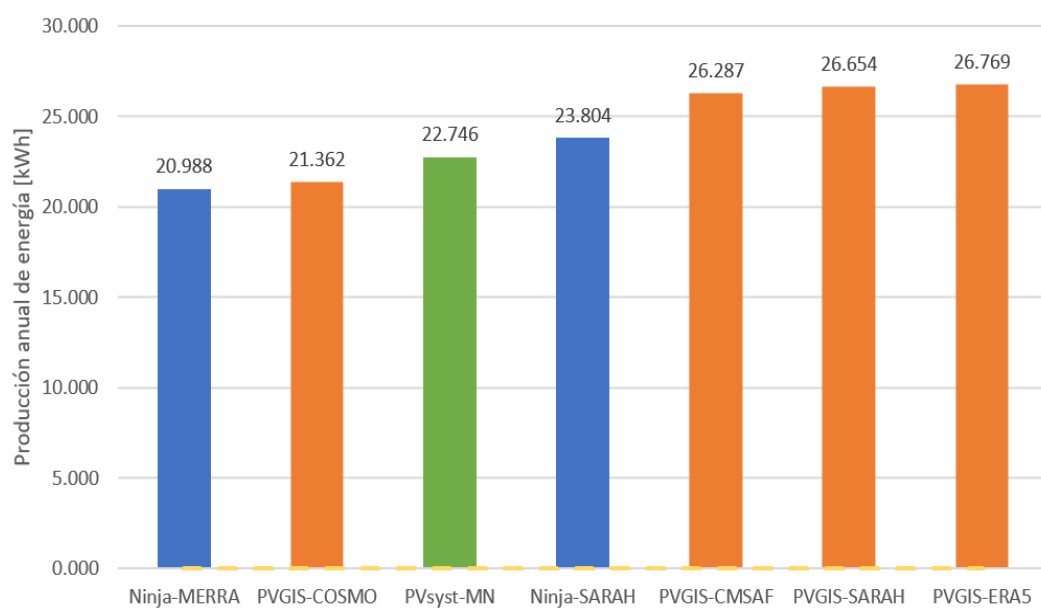


Gráfico 50. Producción anual de energía PV del caso 8 en Sevilla.

4.6. Energía producida

Las siguientes tablas son una recopilación de los resultados de todo este capítulo, para el diseño de una instalación fotovoltaica de 10 kWp. Los datos están en kWh/año.

LA CORUÑA		Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8
PVGIS	SARAH	12.155	13.822	12.920	14.697	17.324	18.364	17.783	18.885
	CMSAF	12.000	13.374	12.756	14.221	16.795	17.802	17.259	18.328
	ERA5	12.565	14.679	13.355	15.608	19.109	20.255	19.674	20.893
	COSMO	11.271	12.709	11.979	13.508	15.612	16.547	15.941	16.929
PVsyst	Meteonorm	12.095	13.940	11.718	13.508	18.037	17.418	18.561	17.964
Ninja	MERRA	12.732	13.978	13.531	14.862	16.862	17.871	17.529	17.588
	SARAH	11.089	11.995	11.786	12.754	14.223	15.076	14.764	14.874

Tabla 43. Producción anual de energía PV en La Coruña.

PAMPLONA		Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8
PVGIS	SARAH	13.100	14.986	13.937	15.929	18.961	20.122	19.479	20.627
	CMSAF	13.081	14.815	13.916	15.747	18.761	19.909	19.285	20.420
	ERA5	12.625	14.918	13.432	15.855	19.255	20.433	19.816	20.984
	COSMO	12.383	14.003	13.173	14.882	17.038	18.081	17.377	18.402
PVsyst	Meteonorm	13.066	15.143	12.671	14.660	20.013	19.348	20.614	19.887
Ninja	MERRA	12.267	13.736	13.049	14.643	16.603	17.620	17.220	18.234
	SARAH	13.124	14.315	13.962	15.260	17.169	18.221	17.821	18.872

Tabla 44. Producción anual de energía PV en Pamplona.

HUESCA		Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8
PVGIS	SARAH	14.313	17.738	16.100	18.889	23.025	24.471	23.665	25.093
	CMSAF	14.730	17.123	15.721	18.231	22.235	23.631	22.859	24.241
	ERA5	14.900	17.849	15.903	19.004	23.728	25.216	24.431	25.908
	COSMO	13.453	15.383	14.357	16.380	19.032	20.226	19.420	20.594
PVsyst	Meteonorm	15.115	18.104	15.710	17.563	24.467	23.703	25.210	24.356
Ninja	MERRA	13.168	15.168	14.053	16.150	18.914	20.102	19.601	20.785
	SARAH	15.021	17.049	16.007	18.152	20.856	22.166	21.624	22.932

Tabla 45. Producción anual de energía PV en Huesca.

ZARAGOZA		Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8
PVGIS	SARAH	15.018	17.583	16.051	18.762	22.763	24.250	23.398	24.895
	CMSAF	14.592	16.842	15.595	17.974	21.864	23.291	22.491	23.930
	ERA5	14.929	17.761	15.956	18.955	23.507	25.042	24.208	25.758
	COSMO	13.502	15.342	14.429	16.373	18.896	20.130	19.274	20.503
PVsyst	Meteonorm	14.266	16.648	13.897	16.186	22.266	21.623	22.934	22.226
Ninja	MERRA	13.195	15.178	14.100	16.196	18.929	20.165	19.595	20.850
	SARAH	14.705	16.513	15.714	17.622	20.228	21.549	20.967	22.310

Tabla 46. Producción anual de energía PV en Zaragoza.

SEVILLA		Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8
PVGIS	SARAH	16.075	18.301	17.300	19.696	23.976	25.816	24.756	26.654
	CMSAF	15.864	17.877	17.074	19.240	23.621	25.435	24.415	26.287
	ERA5	15.738	17.998	16.939	19.371	24.043	25.888	24.861	26.769
	COSMO	14.136	15.638	15.213	16.829	19.374	20.862	19.841	21.362
PVsyst	Meteonorm	14.859	17.059	14.575	16.730	22.436	22.011	23.177	22.746
Ninja	MERRA	13.485	15.008	14.513	16.152	18.664	20.097	19.492	20.988
	SARAH	15.551	17.266	16.737	18.582	21.176	22.802	22.107	23.804

Tabla 47. Producción anual de energía PV en Sevilla.

5. Expectativa de rentabilidad

Usando las tablas 43 a 47 de energía producida, se indicará para cada caso con qué herramienta se tendría una mayor expectativa (más optimista), y con cuál se tendría la menor expectativa (más pesimista), y si coinciden o no en función de la localización geográfica.

Para cada caso y localización, se le ha dado un valor del 100% a la menor de las generaciones de energía anual de las distintas bases de datos y se hallan las diferencias porcentuales. De esta forma se observará la expectativa de cada uno respecto del caso más pesimista.

5.1. Caso 1

Diseño de una instalación fotovoltaica de 10 kWp, con módulos solares fijos, de silicio cristalino, con inclinación 0° y azimut 0°.

Caso 1		La Coruña	Pamplona	Huesca	Zaragoza	Sevilla
PVGIS	SARAH	110	107	109	↑ 114	↑ 119
	CMSAF	108	107	112	111	118
	ERA5	113	103	113	113	117
	COSMO	102	101	102	102	105
PVsyst	Meteonorm	109	107	↑ 115	108	110
Ninja	MERRA	↑ 115	↓ 100	↓ 100	↓ 100	↓ 100
	SARAH	↓ 100	↑ 107	114	111	115

Tabla 48. Expectativa con respecto a los datos más pesimista del caso 1.

Para La Coruña, el valor más pesimista es el de Ninja-SARAH (11,089 MWh) y el más optimista es el de Ninja-MERRA (12,732 MWh), con un 15% más.

Para Pamplona, el valor más pesimista es el de Ninja-MERRA (12,267 MWh) y el más optimista es el de Ninja-SARAH (13,124 MWh), con un 7% más.

Para Huesca, el valor más pesimista es el de Ninja-MERRA (13,168 MWh) y el más optimista es el de PVsyst-Meteonorm (15,115 MWh), con un 15% más.

Para Zaragoza, el valor más pesimista es el de Ninja-MERRA (13,195 MWh) y el más optimista es el de PVGIS-SARAH (15,018 MWh), con un 14% más.

Para Sevilla, el valor más pesimista es el de Ninja-MERRA (13,485 MWh) y el más optimista es el de PVGIS-SARAH (16,075 MWh), con un 19% más.

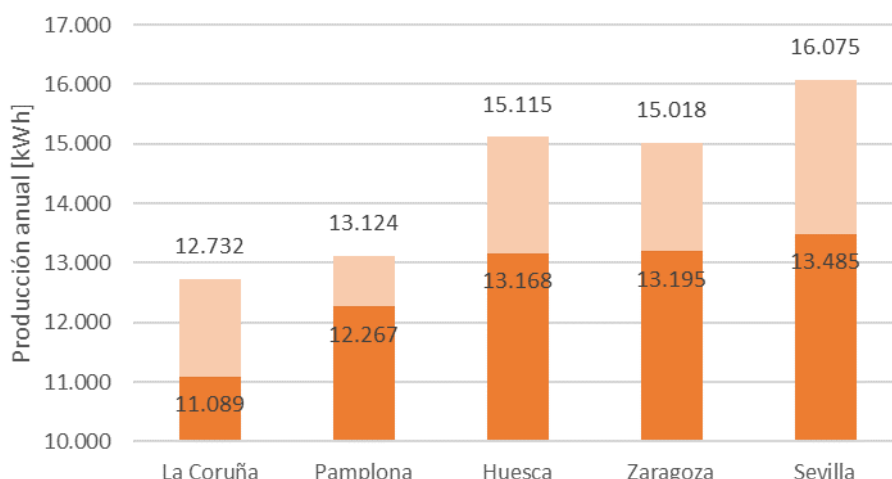


Gráfico 51. Producciones optimistas y pesimistas del caso 1.

En el caso 1 se observa que la expectativa de rentabilidad para quien desee invertir en esta instalación será mayor, tanto optimista como pesimista, en Sevilla.

5.2. Caso 2

Diseño de una instalación fotovoltaica de 10 kWp, con módulos solares fijos, de silicio cristalino, con inclinación óptima y azimut 0°.

Caso 2		La Coruña	Pamplona	Huesca	Zaragoza	Sevilla
PVGIS	SARAH	115	109	117	116	122
	CMSAF	111	108	113	111	119
	ERA5	122	109	118	117	120
	COSMO	106	102	101	101	104
PVsys	Meteonorm	116	110	119	110	114
Ninja	MERRA	117	100	100	100	100
	SARAH	100	104	112	109	115

Tabla 49. Expectativa con respecto a los datos más pesimista del caso 2.

Para La Coruña, el valor más pesimista es el de Ninja-SARAH (11,995 MWh) y el más optimista es el de PVGIS-ERA5 (14,679 MWh), con un 22% más.

Para Pamplona, el valor más pesimista es el de Ninja-MERRA (13,736 MWh) y el más optimista es el de PVsys-Meteonorm (15,143 MWh), con un 10% más.

Para Huesca, el valor más pesimista es el de Ninja-MERRA (15,168 MWh) y el más optimista es el de PVsys-Meteonorm (18,104 MWh), con un 19% más.

Para Zaragoza, el valor más pesimista es el de Ninja-MERRA (15,178 MWh) y el más optimista es el de PVGIS-ERA5 (17,761 MWh), con un 17% más.

Para Sevilla, el valor más pesimista es el de Ninja-MERRA (15,008 MWh) y el más optimista es el de PVGIS-SARAH (18,301 MWh), con un 22% más.

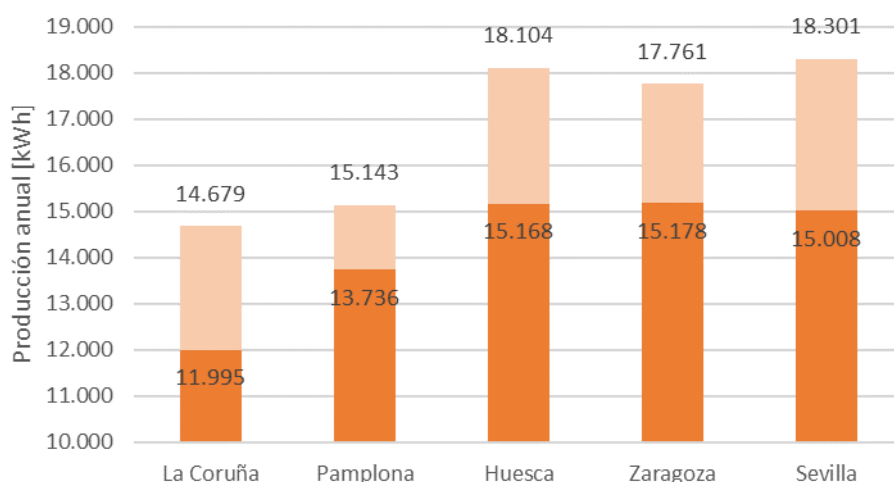


Gráfico 52. Producciones optimistas y pesimistas del caso 2.

En el caso 2 se observa que la expectativa de rentabilidad para quien desee invertir en esta instalación será mayor, en el caso pesimista, en Zaragoza, y en el caso optimista en Sevilla. La Coruña tiene el mayor rango de producción.

5.3. Caso 3

Diseño de una instalación fotovoltaica de 10 kWp, con módulos solares fijos, de CIS, con inclinación 0° y azimut 0°.

Caso 3		La Coruña	Pamplona	Huesca	Zaragoza	Sevilla
PVGIS	SARAH	110	110	↑ 115	↑ 115	↑ 119
	CMSAF	109	110	112	112	118
	ERA5	114	106	113	115	117
	COSMO	102	104	102	104	105
PVsyst	Meteonorm	↓ 100	↓ 100	112	↓ 100	100
Ninja	MERRA	↑ 115	103	↓ 100	101	↓ 100
	SARAH	101	↑ 110	114	113	115

Tabla 50. Expectativa con respecto a los datos más pesimista del caso 3.

Para La Coruña, el valor más pesimista es el de PVsyst-Meteonorm (11,718 MWh) y el más optimista es el de Ninja-MERRA (13,531 MWh), con un 15% más.

Para Pamplona, el valor más pesimista es el de PVsyst-Meteonorm (12,671 MWh) y el más optimista es el de Ninja-SARAH (13,962 MWh), con un 10% más.

Para Huesca, el valor más pesimista es el de Ninja-MERRA (14,053 MWh) y el más optimista es el de PVGIS-SARAH (16,100 MWh), con un 15% más.

Para Zaragoza, el valor más pesimista es el de PVsyst-Meteonorm (13,897 MWh) y el más optimista es el de PVGIS-SARAH (16,051 MWh), con un 15% más.

Para Sevilla, el valor más pesimista es el de Ninja-MERRA (14,513 MWh) y el más optimista es el de PVGIS-SARAH (17,300 MWh), con un 19% más.

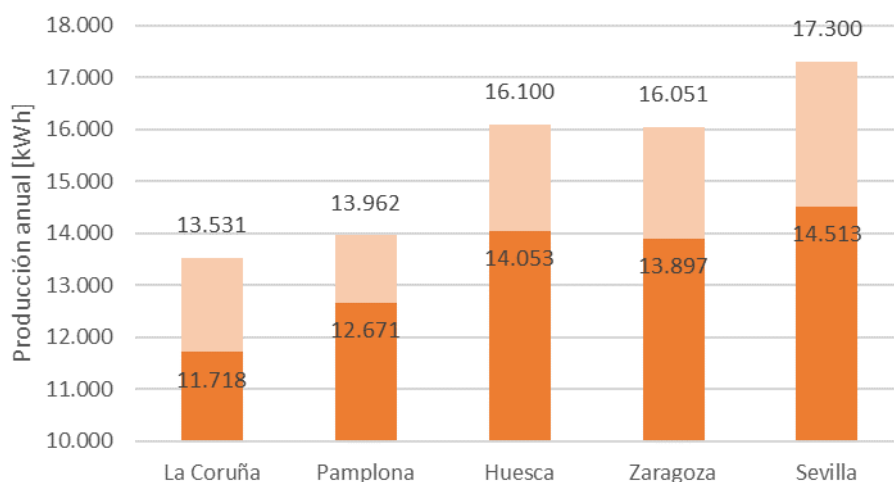


Gráfico 53. Producciones optimistas y pesimistas del caso 3.

En el caso 3 se observa que la expectativa de rentabilidad para quien desee invertir en esta instalación será mayor, tanto optimista como pesimista, en Sevilla.

5.4. Caso 4

Diseño de una instalación fotovoltaica de 10 kWp, con módulos solares fijos, de CIS, con inclinación óptima y azimut 0°.

Caso 4		La Coruña	Pamplona	Huesca	Zaragoza	Sevilla
PVGIS	SARAH	115	↑ 109	117	116	↑ 122
	CMSAF	112	108	113	111	119
	ERA5	↑ 122	108	↑ 118	↑ 117	120
	COSMO	106	102	101	101	104
PVsyst	Meteonorm	106	100	109	↓ 100	104
Ninja	MERRA	117	↓ 100	↓ 100	100	↓ 100
	SARAH	↓ 100	104	112	109	115

Tabla 51. Expectativa con respecto a los datos más pesimista del caso 4.

Para La Coruña, el valor más pesimista es el de Ninja-SARAH (12,754 MWh) y el más optimista es el de PVGIS-ERA5 (15,608 MWh), con un 22% más.

Para Pamplona, el valor más pesimista es el de Ninja-MERRA (14,643 MWh) y el más optimista es el de PVGIS-SARAH (15,929 MWh), con un 9% más.

Para Huesca, el valor más pesimista es el de Ninja-MERRA (16,150 MWh) y el más optimista es el de PVGIS-ERA5 (19,004 MWh), con un 18% más.

Para Zaragoza, el valor más pesimista es el de PVsyst-Meteonorm (16,186 MWh) y el más optimista es el de PVGIS-ERA5 (18,955 MWh), con un 17% más.

Para Sevilla, el valor más pesimista es el de Ninja-MERRA (16,152 MWh) y el más optimista es el de PVGIS-SARAH (19,696 MWh), con un 22% más.

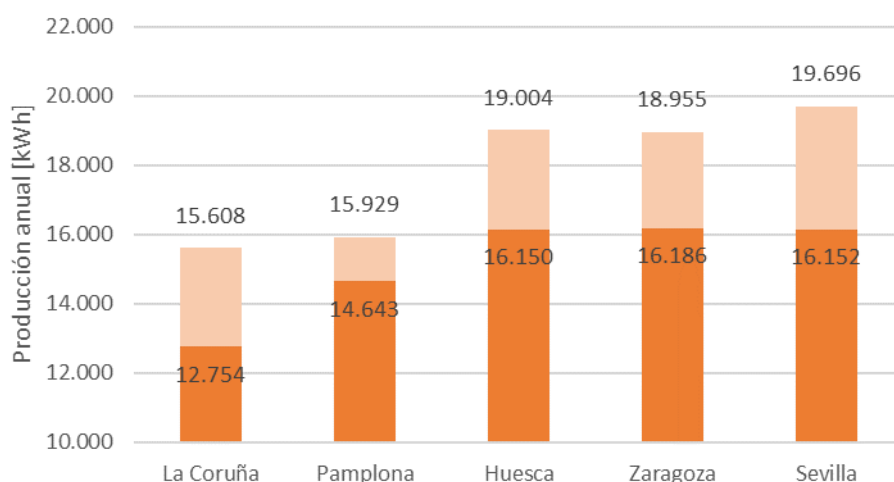


Gráfico 54. Producciones optimistas y pesimistas del caso 4.

En el caso 4 se observa que la expectativa de rentabilidad para quien desee invertir en esta instalación será mayor, en el caso pesimista, en Zaragoza, y en el caso optimista en Sevilla. La Coruña tiene el mayor rango de producción.

5.5. Caso 5

Diseño de una instalación fotovoltaica de 10 kWp, con módulos solares con sistema de seguimiento, de silicio cristalino, con inclinación óptima constante.

Caso 5		La Coruña	Pamplona	Huesca	Zaragoza	Sevilla
PVGIS	SARAH	122	114	122	120	128
	CMSAF	118	113	118	116	127
	ERA5	↑ 134	116	125	↑ 124	↑ 129
	COSMO	110	103	101	↓ 100	104
PVsys	Meteonorm	127	↑ 121	↑ 129	118	120
Ninja	MERRA	119	↓ 100	↓ 100	100	↓ 100
	SARAH	↓ 100	103	110	107	113

Tabla 52. Expectativa con respecto a los datos más pesimista del caso 5.

Para La Coruña, el valor más pesimista es el de Ninja-SARAH (14,223 MWh) y el más optimista es el de PVGIS-ERA5 (19,109 MWh), con un 34% más.

Para Pamplona, el valor más pesimista es el de Ninja-MERRA (16,603 MWh) y el más optimista es el de PVsys-Meteonorm (20,013 MWh), con un 21% más.

Para Huesca, el valor más pesimista es el de Ninja-MERRA (18,914 MWh) y el más optimista es el de PVsys-Meteonorm (24,467 MWh), con un 29% más.

Para Zaragoza, el valor más pesimista es el de PVGIS-COSMO (18,896 MWh) y el más optimista es el de PVGIS-ERA5 (23,507 MWh), con un 24% más.

Para Sevilla, el valor más pesimista es el de Ninja-MERRA (18,664 MWh) y el más optimista es el de PVGIS-ERA5 (24,043 MWh), con un 29% más.

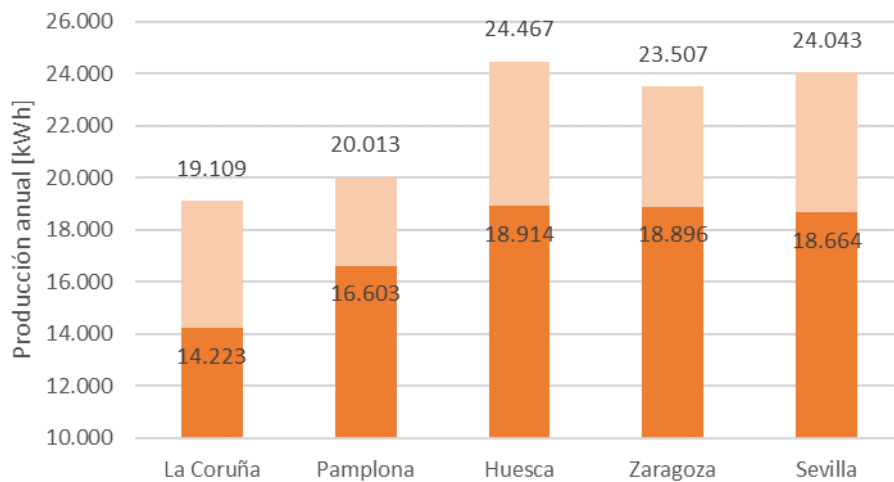


Gráfico 55. Producciones optimistas y pesimistas del caso 5.

En el caso 5 se observa que la expectativa de rentabilidad para quien desee invertir en esta instalación será mayor, tanto optimista como pesimista, en Huesca. La Coruña tiene el mayor rango de producción.

5.6. Caso 6

Diseño de una instalación fotovoltaica de 10 kWp, con módulos solares con sistema de seguimiento, de CIS, con inclinación óptima constante.

Caso 6		La Coruña	Pamplona	Huesca	Zaragoza	Sevilla
PVGIS	SARAH	122	114	122	120	128
	CMSAF	118	113	118	116	127
	ERA5	↑ 134	↑ 116	↑ 125	↑ 124	↑ 129
	COSMO	110	103	101	↓ 100	104
PVsyst	Meteonorm	116	110	118	107	110
Ninja	MERRA	119	↓ 100	↓ 100	100	↓ 100
	SARAH	↓ 100	103	110	107	113

Tabla 53. Expectativa con respecto a los datos más pesimista del caso 6.

Para La Coruña, el valor más pesimista es el de Ninja-SARAH (15,076 MWh) y el más optimista es el de PVGIS-ERA5 (20,255 MWh), con un 34% más.

Para Pamplona, el valor más pesimista es el de Ninja-MERRA (17,620 MWh) y el más optimista es el de PVGIS-ERA5 (20,433 MWh), con un 16% más.

Para Huesca, el valor más pesimista es el de Ninja-MERRA (20,102 MWh) y el más optimista es el de PVGIS-ERA5 (25,216 MWh), con un 25% más.

Para Zaragoza, el valor más pesimista es el de PVGIS-COSMO (20,130 MWh) y el más optimista es el de PVGIS-ERA5 (25,042 MWh), con un 24% más.

Para Sevilla, el valor más pesimista es el de Ninja-MERRA (20,097 MWh) y el más optimista es el de PVGIS-ERA5 (25,888 MWh), con un 29% más.

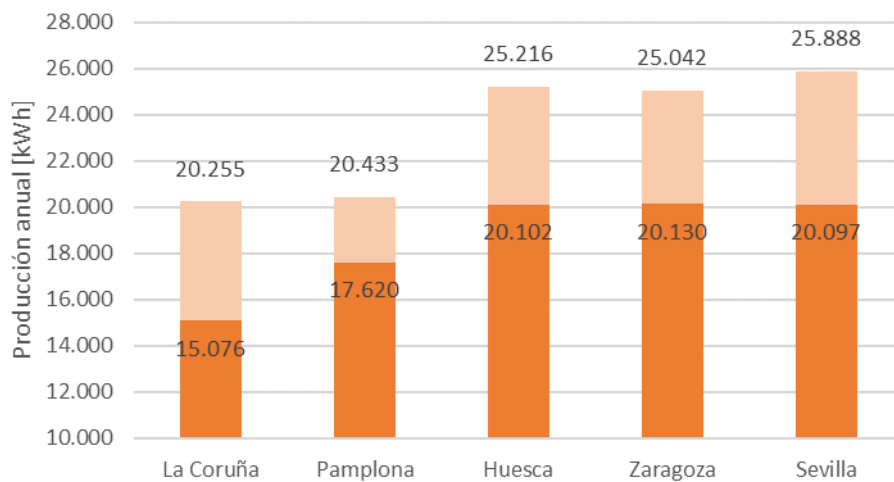


Gráfico 56. Producciones optimistas y pesimistas del caso 6.

En el caso 6 se observa que la expectativa de rentabilidad para quien desee invertir en esta instalación será mayor, en el caso pesimista, en Zaragoza, y en el caso optimista en Sevilla. La Coruña tiene el mayor rango de producción.

5.7. Caso 7

Diseño de una instalación fotovoltaica de 10 kWp, con módulos solares con sistema de seguimiento biaxial, de silicio cristalino.

Caso 7		La Coruña	Pamplona	Huesca	Zaragoza	Sevilla
PVGIS	SARAH	120	113	122	121	127
	CMSAF	117	112	118	117	125
	ERA5	↑ 133	115	126	↑ 126	↑ 128
	COSMO	108	101	↓ 100	↓ 100	102
PVsys	Meteonorm	126	↑ 120	↑ 130	119	119
Ninja	MERRA	119	↓ 100	101	102	↓ 100
	SARAH	↓ 100	103	111	109	113

Tabla 54. Expectativa con respecto a los datos más pesimista del caso 7.

Para La Coruña, el valor más pesimista es el de Ninja-SARAH (14,764 MWh) y el más optimista es el de PVGIS-ERA5 (19,674 MWh), con un 33% más.

Para Pamplona, el valor más pesimista es el de Ninja-MERRA (17,220 MWh) y el más optimista es el de PVsys-Meteonorm (20,614 MWh), con un 20% más.

Para Huesca, el valor más pesimista es el de PVGIS-COSMO (19,420 MWh) y el más optimista es el de PVsys-Meteonorm (25,210 MWh), con un 30% más.

Para Zaragoza, el valor más pesimista es el de PVGIS-COSMO (19,274 MWh) y el más optimista es el de PVGIS-ERA5 (24,208 MWh), con un 26% más.

Para Sevilla, el valor más pesimista es el de Ninja-MERRA (19,492 MWh) y el más optimista es el de PVGIS-ERA5 (24,861 MWh), con un 28% más.

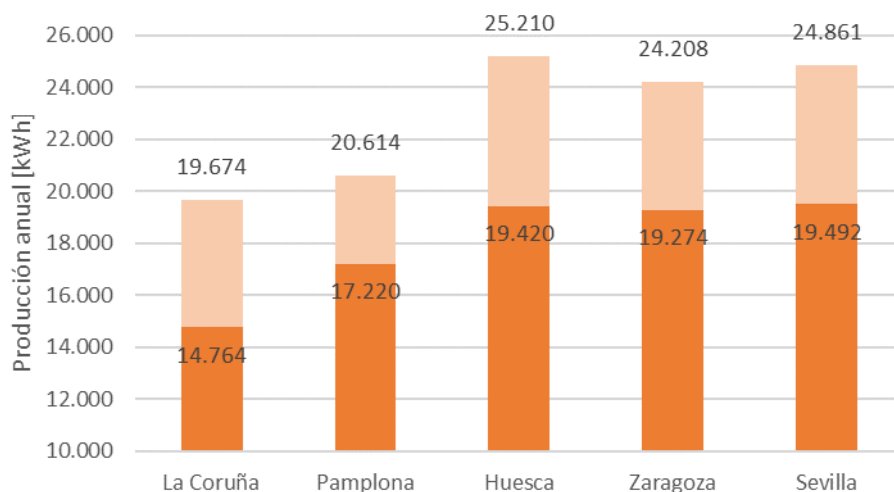


Gráfico 57. Producciones optimistas y pesimistas del caso 7.

En el caso 7 se observa que la expectativa de rentabilidad para quien desee invertir en esta instalación será mayor, en el caso pesimista, en Sevilla, y en el caso optimista en Huesca. La Coruña tiene el mayor rango de producción.

5.8. Caso 8

Diseño de una instalación fotovoltaica de 10 kWp, con módulos solares con sistema de seguimiento biaxial, de CIS.

Caso 8		La Coruña	Pamplona	Huesca	Zaragoza	Sevilla
PVGIS	SARAH	127	113	122	121	127
	CMSAF	123	112	118	117	125
	ERA5	↑ 140	↑ 115	↑ 126	↑ 126	↑ 128
	COSMO	114	101	↓ 100	↓ 100	102
PVsyst	Meteonorm	121	109	118	108	108
Ninja	MERRA	118	↓ 100	101	102	↓ 100
	SARAH	↓ 100	103	111	109	113

Tabla 55. Expectativa con respecto a los datos más pesimista del caso 8.

Para La Coruña, el valor más pesimista es el de Ninja-SARAH (14,874 MWh) y el más optimista es el de PVGIS-ERA5 (20,893 MWh), con un 40% más.

Para Pamplona, el valor más pesimista es el de Ninja-MERRA (18,234 MWh) y el más optimista es el de PVGIS-ERA5 (20,984 MWh), con un 15% más.

Para Huesca, el valor más pesimista es el de PVGIS-COSMO (20,594 MWh) y el más optimista es el de PVGIS-ERA5 (25,908 MWh), con un 26% más.

Para Zaragoza, el valor más pesimista es el de PVGIS-COSMO (20,503 MWh) y el más optimista es el de PVGIS-ERA5 (25,758 MWh), con un 26% más.

Para Sevilla, el valor más pesimista es el de Ninja-MERRA (20,988 MWh) y el más optimista es el de PVGIS-ERA5 (26,769 MWh), con un 28% más.

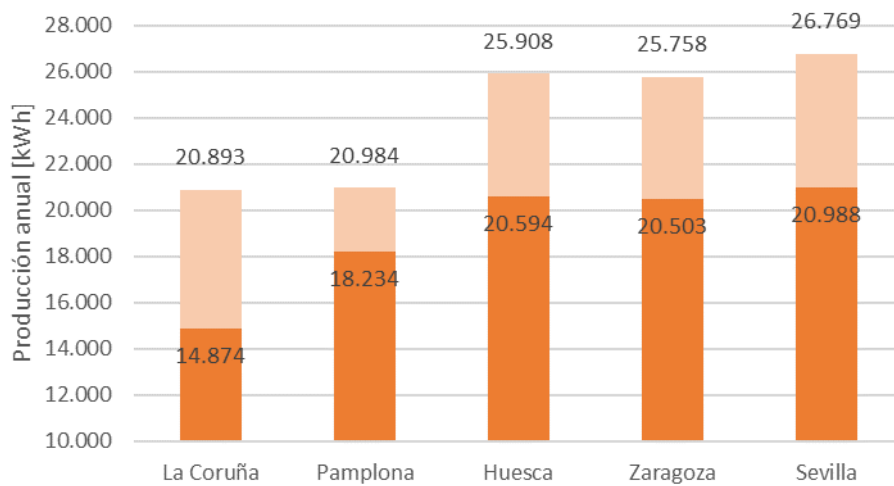


Gráfico 58. Producciones optimistas y pesimistas del caso 8.

En el caso 8 se observa que la expectativa de rentabilidad para quien desee invertir en esta instalación será mayor, tanto optimista como pesimista, en Sevilla. La Coruña tiene el mayor rango de producción.

6. Conclusiones

Según el tipo de instalación solar fotovoltaica y si se escoge una base de datos u otra se obtendrán diferentes producciones anuales de energía. La tabla 56 recoge las mayores de éstas dependiendo de si se es más cauteloso u optimista.

	Mayor producción de energía solar fotovoltaica		Mayor dispersión de producción (rango)
	(modelo pesimista)	(modelo optimista)	
Caso 1	Sevilla (13,485 MWh)	Sevilla (16,075 MWh)	Sevilla (19%)
Caso 2	Zaragoza (15,178 MWh)	Sevilla (18,301 MWh)	La Coruña (22%)
Caso 3	Sevilla (14,513 MWh)	Sevilla (17,300 MWh)	Sevilla (19%)
Caso 4	Zaragoza (16,186 MWh)	Sevilla (19,696 MWh)	La Coruña (22%)
Caso 5	Huesca (18,914 MWh)	Huesca (24,467 MWh)	La Coruña (34%)
Caso 6	Zaragoza (20,130 MWh)	Sevilla (25,888 MWh)	La Coruña (34%)
Caso 7	Sevilla (19,492 MWh)	Huesca (25,210 MWh)	La Coruña (33%)
Caso 8	Sevilla (20,988 MWh)	Sevilla (26,769 MWh)	La Coruña (40%)

Tabla 56. Conclusiones.

Si se quiere ser más conservador, quien desee invertir en una instalación fotovoltaica de 10 kWp, la opción que más energía producirá será la de módulos solares con sistema de seguimiento biaxial de CIS instalada en Sevilla, con 20,988 MWh al año.

Por otra parte, si se es más optimista, quien desee invertir en una instalación fotovoltaica de 10 kWp, la opción que más energía producirá será la de módulos solares con sistema de seguimiento biaxial de CIS instalada en Sevilla, con 26,769 MWh al año.

Es curioso que en los casos 5 y 7 sea Huesca la que mayor energía produzca, por delante de Zaragoza y Sevilla.

Con estos resultados se puede observar que escogiendo unos módulos de CIS se absorbe más radiación que con módulos de silicio en cualquiera de los casos. También si se elige un sistema de seguimiento biaxial.

Queda abierto el estudio económico para poder determinar dónde y cuál tipo de instalación producirá mayor beneficio y rentabilidad económica.

Bibliografía

- PVGIS – Sistema de información geográfica fotovoltaica
https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html#PVP
- PVsyst
<https://www.pvsyst.com/>
- Renewable.ninja
<https://www.renewables.ninja/>
- GitHub
https://github.com/renewables-ninja/ninja_automator
- Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red
<https://www.idae.es/publicaciones/instalaciones-de-energia-solar-fotovoltaica-pliego-de-condiciones-tecnicas-de-instalaciones>
- *“Comparación de la simulación de rendimiento de la planta de energía fotovoltaica existente en términos de diferentes fuentes de datos meteorológicos”*. Krystian Cieslak y Piotr Dragan. Universidad Tecnológica de Lublin, Instituto de Ingeniería de Energías Renovables, Facultad de Ingeniería Ambiental, ul. Nadbystrzycka 40B 20-618 Lublin, Polonia.
- GMAO-NASA
<https://gmao.gsfc.nasa.gov/reanalysis/MERRA-2/>
- *“Cadena de algoritmos para calcular datos de radiación por hora en planos inclinados utilizados en Meteonorm”*. Jan Remund.
https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-77455-6_15
- Código Técnico de la Edificación
<https://www.codigotecnico.org/>
- JA Solar
<https://www.jasolar.com/html/>
- Hulk Energy Technology
<https://www.hulket.com/>
- Fronius International
<https://www.fronius.com/>

ANEXOS

Anexo A: Estudio detallado de los distintos casos

Anexo B: Irradiación en el plano horizontal

Anexo C: Módulos e inversores empleados

Anexo A

A.1. La Coruña

A.1.1. Caso 1

Diseño de una instalación fotovoltaica en La Coruña de 10 kWp, con módulos solares fijos, de silicio cristalino, con inclinación 0° y azimut 0°.

El módulo fotovoltaico empleado es el modelo JAM6-72-315/SI del fabricante JA Solar, cuya potencia nominal son 315 Wp/mod y su eficiencia del 16,27%.

El inversor empleado es el IG Plus 120 V-3 del fabricante Fronius International.

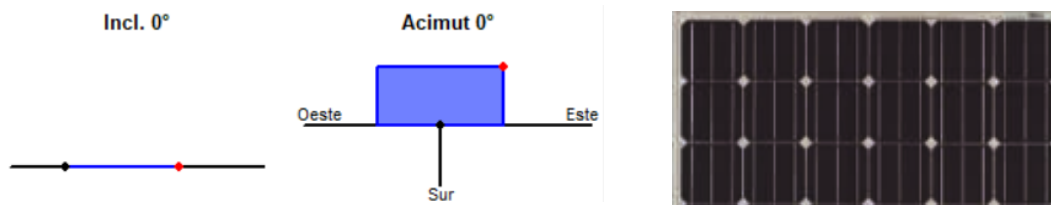


Ilustración 15. Tecnología empleada en el caso 1 en La Coruña.

1. Resultados de PVsyst con la base de datos Meteonorm:

	Irradiación Global	Irradiación Difusa	Irradiación Glob. efect.	Energía efect. en salida	Energía inyectada en la red	Índice rendim.
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	%
Ene	43,3	21,8	40,2	407	384	85,4
Feb	67,6	32,1	63,6	643	612	87,0
Mar	109,3	51,1	104,4	1.033	984	86,6
Abr	137,8	67,1	132,2	1.299	1.239	86,5
May	167,6	83,4	161,3	1.555	1.483	85,1
Jun	184,8	83,9	178,1	1.694	1.616	84,1
Jul	190,5	80,3	183,8	1.732	1.653	83,5
Ago	171,9	72,0	165,4	1.566	1.495	83,7
Sept	129,8	55,3	124,1	1.193	1.139	84,4
Oct	82,4	41,5	78,0	767	730	85,2
Nov	47,9	26,9	44,6	449	425	85,4
Dic	38,2	19,5	35,2	356	336	84,5
AÑO	1.371,2	636,2	1.311,0	12.694	12.095	84,9

Tabla 57. Resultados del PVsyst del caso 1 en La Coruña.

Las pérdidas durante todo el año son las mostradas en el gráfico 81. Las pérdidas del sistema son del 11,29%.

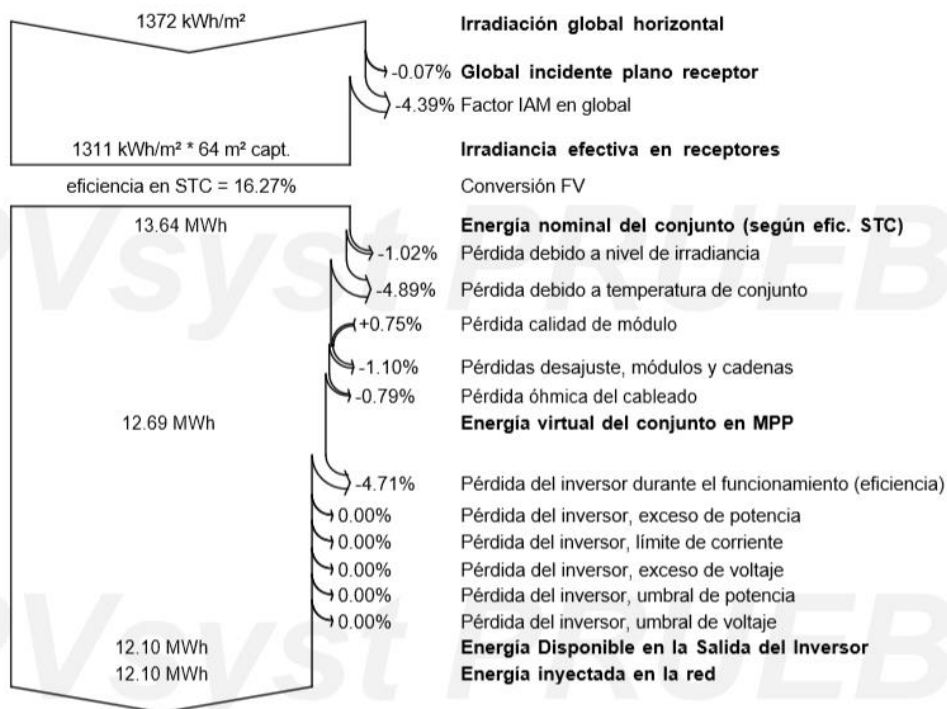


Gráfico 59. Pérdidas del caso 1 en La Coruña.

2. Resultados de Ninja.Renewables:

	SARAH		MERRA	
	[W/día]	[kWh]	[W/día]	[kWh]
Enero	472	351,2	498	370,5
Febrero	684	459,7	679	456,3
Marzo	1.192	886,9	1.419	1.055,7
Abril	1.602	1.153,4	1.809	1.302,5
Mayo	2.061	1.533,4	2.299	1.710,5
Junio	2.304	1.658,9	2.524	1.817,3
Julio	1.971	1.466,4	2.356	1.752,9
Agosto	1.451	1.079,5	1.916	1.425,5
Septiembre	1.438	1.035,4	1.585	1.141,2
Octubre	916	681,5	1.069	795,3
Noviembre	603	434,2	709	510,5
Diciembre	469	348,9	530	394,3
AÑO	1.264	11.089,3	1.449	12.732,5

Tabla 58. Resultados del Ninja.Renewables del caso 1 en La Coruña.

3. Resultados de PVGIS:

Base de datos solar	PVGIS-SARAH		PVGIS-CMSAF		PVGIS-ERA5		PVGIS-COSMO	
PV Instalado	10 kWp							
Pérdidas del sistema	11,29%							
	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²
Enero	394,7	45,2	356,7	41,2	382,7	44,6	339,0	39,2
Febrero	577,4	64,2	554,9	61,6	609,1	67,7	555,6	61,5
Marzo	970,9	106,5	995,8	109,0	1.027,1	112,6	910,6	100,0
Abril	1.261,4	139,9	1.237,2	137,4	1.323,9	146,5	1.223,2	135,6
Mayo	1.496,7	166,7	1.497,3	166,6	1.602,0	177,4	1.472,5	163,5
Junio	1.567,4	177,0	1.570,6	177,4	1.671,5	188,5	1.471,5	166,2
Julio	1.651,6	187,9	1.650,2	187,9	1.727,9	196,3	1.561,5	177,7
Agosto	1.499,2	170,3	1.453,5	165,3	1.505,7	171,0	1.327,4	151,0
Septiembre	1.163,7	132,2	1.135,8	129,1	1.159,5	131,7	1.057,5	120,1
Octubre	768,5	87,0	758,1	85,7	760,0	86,5	667,0	75,8
Noviembre	441,6	50,6	434,1	49,8	440,8	51,0	377,7	43,6
Diciembre	362,4	42,6	356,1	41,7	354,4	42,5	307,6	36,3
Irradiación anual (H) [kWh/m ²]	1.370,2		1.352,8		1.416,4		1.270,5	
Producción anual de PV (E) [kWh]	12.155,4		12.000,4		12.564,5		11.271,1	

Tabla 59. Resultados del PVGIS del caso 1 en La Coruña.

4. Recopilación de resultados anuales:

Base de datos	PVGIS	PVsyst	Ninja.Renewables
SARAH	12,155 MWh		11,089 MWh
CMSAF	12,000 MWh		
ERA5	12,565 MWh		
COSMO	11,271 MWh		
Meteonorm		12,095 MWh	
MERRA			12,732 MWh

Tabla 60. Comparativa de resultados del caso 1 en La Coruña.

A.1.2. Caso 2

Diseño de una instalación fotovoltaica en La Coruña de 10 kWp, con módulos solares fijos, de silicio cristalino, con inclinación óptima y acimut 0°.

El módulo fotovoltaico empleado es el modelo JAM6-72-315/SI del fabricante JA Solar, cuya potencia nominal son 315 Wp/mod y su eficiencia del 16,27%.

El inversor empleado es el IG Plus 120 V-3 del fabricante Fronius International.

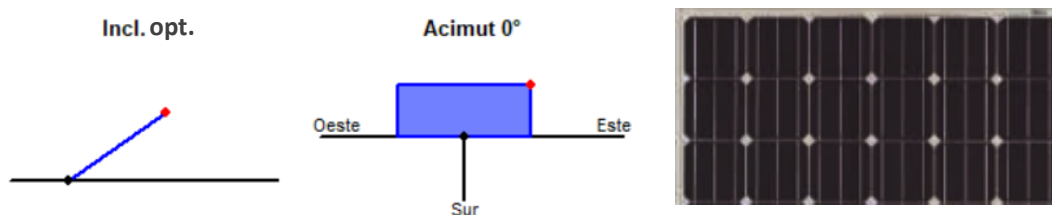


Ilustración 16. Tecnología empleada en el caso 2 en La Coruña.

1. Resultados de PVsyst con la base de datos Meteonorm:

	Irradiación Global	Irradiación Difusa	Irradiación Glob. efect.	Energía efect. en salida	Energía inyectada en la red	Índice rendim.
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	%
Ene	73,1	36,9	71,3	702	668	87,9
Feb	102,6	48,8	100,1	983	938	87,9
Mar	138,2	64,7	134,6	1.295	1.235	86,0
Abr	149,7	73,0	145,1	1.400	1.335	85,8
May	163,2	81,5	157,6	1.505	1.435	84,6
Jun	172,8	78,5	166,9	1.578	1.504	83,7
Jul	182,5	77,1	176,7	1.651	1.574	83,0
Ago	179,9	75,3	174,5	1.626	1.552	83,0
Sept	157,1	67,0	152,8	1.432	1.367	83,7
Oct	113,8	57,4	110,8	1.058	1.009	85,3
Nov	76,8	43,2	74,8	735	699	87,6
Dic	68,5	35,1	66,8	658	626	87,9
AÑO	1.578,2	738,3	1.532,1	14.625	13.940	85,0

Tabla 61. Resultados del PVsyst del caso 2 en La Coruña.

Las pérdidas durante todo el año son las mostradas en el gráfico 82. Las pérdidas del sistema son del 12,55%.

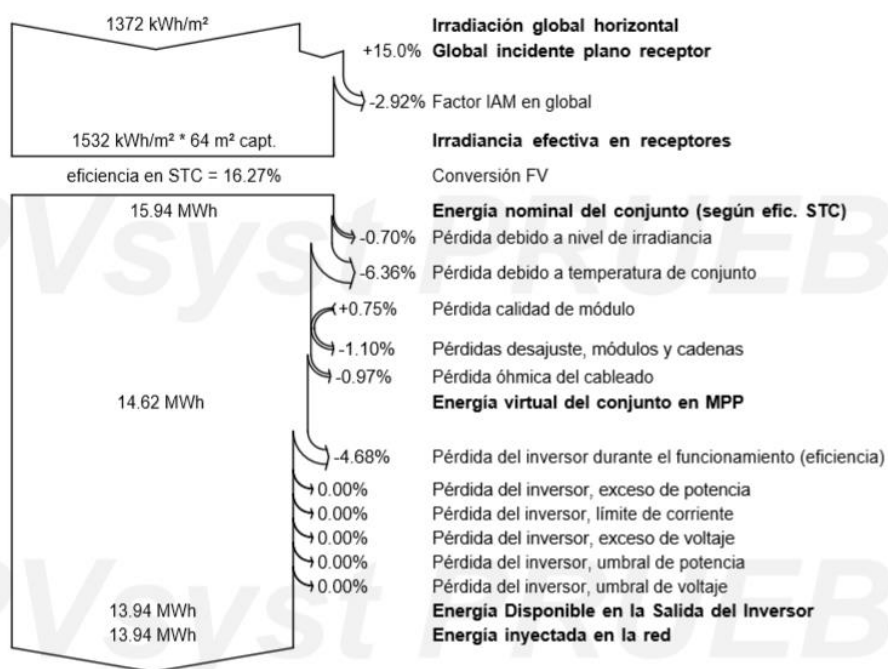


Gráfico 60. Pérdidas del caso 2 en La Coruña.

2. Resultados de Ninja.Renewables:

	SARAH		MERRA	
	[W/día]	[kWh]	[W/día]	[kWh]
Enero	691	514,1	719	534,9
Febrero	890	598,1	874	587,3
Marzo	1.383	1.028,9	1.734	1.290,1
Abril	1.695	1.220,4	1.931	1.390,3
Mayo	1.976	1.470,1	2.231	1.659,9
Junio	2.142	1.542,2	2.350	1.692,0
Julio	1.854	1.379,4	2.237	1.664,3
Agosto	1.431	1.064,7	1.944	1.446,3
Septiembre	1.614	1.162,1	1.835	1.321,2
Octubre	1.138	846,7	1.378	1.025,2
Noviembre	857	617,0	1.034	744,5
Diciembre	741	551,3	836	622,0
AÑO	1.368	11.995,1	1.592	13.978,1

Tabla 62. Resultados del Ninja.Renewables del caso 2 en La Coruña.

3. Resultados de PVGIS:

Base de datos solar	PVGIS-SARAH		PVGIS-CMSAF		PVGIS-ERA5		PVGIS-COSMO	
PV Instalado	10 kWp							
Pérdidas del sistema	12,55%							
Ángulo inclinación	34°		34°		36°		33°	
	E kWh	H kWh/m2	E kWh	H kWh/m2	E kWh	H kWh/m2	E kWh	H kWh/m2
Enero	668,7	72,8	550,9	60,8	723,9	78,9	551,3	60,4
Febrero	848,0	93,3	770,4	84,7	965,0	105,7	807,4	88,3
Marzo	1.188,1	132,8	1.208,9	134,8	1.317,6	147,2	1.126,3	125,6
Abril	1.335,3	152,7	1.300,3	148,8	1.422,7	162,5	1.310,8	149,6
Mayo	1.430,1	164,5	1.425,3	163,6	1.522,0	175,0	1.420,4	162,9
Junio	1.438,7	168,1	1.433,9	167,3	1.505,8	176,6	1.357,1	158,7
Julio	1.551,4	182,6	1.539,8	181,1	1.596,4	188,7	1.475,0	173,6
Agosto	1.527,9	179,3	1.471,4	172,6	1.539,0	181,1	1.363,2	160,0
Septiembre	1.362,8	158,9	1.324,3	154,2	1.396,6	163,0	1.244,6	144,6
Octubre	1.059,0	120,4	1.033,5	117,0	1.113,9	126,8	907,6	103,2
Noviembre	717,6	79,3	675,0	74,6	798,8	87,8	595,7	66,0
Diciembre	694,6	75,7	639,7	69,8	777,4	85,0	549,8	60,3
Irradiación anual (H) [kWh/m ²]	1.580,5		1.529,4		1.678,5		1.452,8	
Producción anual de PV (E) [kWh]	13.822,1		13.373,7		14.678,9		12.709,3	

Tabla 63. Resultados del PVGIS del caso 2 en La Coruña.

4. Recopilación de resultados anuales:

Base de datos	PVGIS	PVsyst	Ninja.Renewables
SARAH	13,822 MWh		11,995 MWh
CMSAF	13,374 MWh		
ERA5	14,679 MWh		
COSMO	12,709 MWh		
Meteonorm		13,940 MWh	
MERRA			13,978 MWh

Tabla 64. Comparativa de resultados del caso 2 en La Coruña.

A.1.3. Caso 3

Diseño de una instalación fotovoltaica en La Coruña de 10 kWp, con módulos solares fijos, de CIS, con inclinación 0° y azimut 0°.

El módulo fotovoltaico empleado es el modelo CIGS-3150A1 del fabricante Hulk Energy Technology, cuya potencia nominal son 315 Wp/mod y su eficiencia del 13,47%.

El inversor empleado es el IG Plus 100 V-3 del fabricante Fronius International.

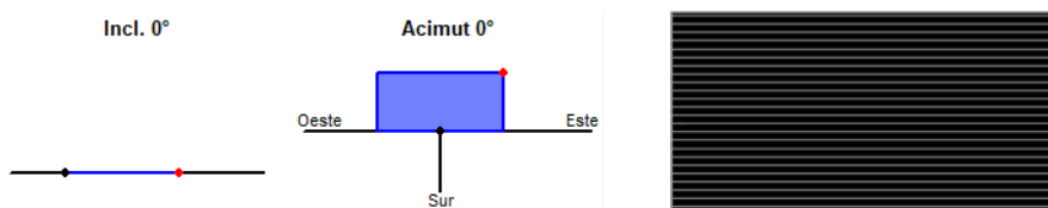


Ilustración 17. Tecnología empleada en el caso 3 en La Coruña.

1. Resultados de PVsyst con la base de datos Meteonorm:

	Irradiación Global	Irradiación Difusa	Irradiación Glob. efect.	Energía efect. en salida	Energía inyectada en la red	Índice rendim.
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	%
Ene	43,3	21,8	40,2	389	368	89,9
Feb	67,6	32,1	63,6	616	587	91,8
Mar	109,3	51,1	104,4	994	949	91,8
Abr	137,8	67,1	132,2	1.252	1.195	91,7
May	167,6	83,4	161,3	1.504	1.436	90,7
Jun	184,8	83,9	178,1	1.646	1.573	90,0
Jul	190,5	80,3	183,8	1.689	1.613	89,6
Ago	171,9	72,0	165,4	1.526	1.458	89,8
Sept	129,8	55,3	124,1	1.159	1.107	90,2
Oct	82,4	41,5	78,0	740	705	90,5
Nov	47,9	26,9	44,6	430	408	90,1
Dic	38,2	19,5	35,2	340	321	88,9
AÑO	1.371,2	636,2	1.311,0	12.284	11.718	90,4

Tabla 65. Resultados del PVsyst del caso 3 en La Coruña.

Las pérdidas durante todo el año son las mostradas en el gráfico 83. Las pérdidas del sistema son del 5,71%.

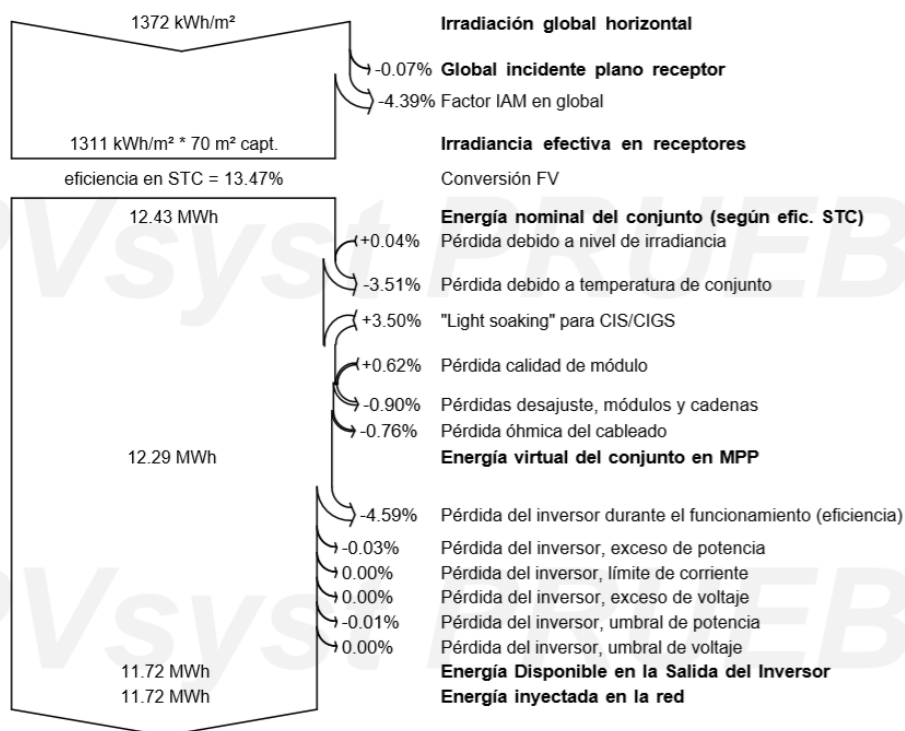


Gráfico 61. Pérdidas del caso 3 en La Coruña.

2. Resultados de Ninja.Renewables:

	SARAH		MERRA	
	[W/día]	[kWh]	[W/día]	[kWh]
Enero	502	373,5	529	393,6
Febrero	727	488,5	722	485,2
Marzo	1.267	942,6	1.509	1.122,7
Abril	1.703	1.226,2	1.922	1.383,8
Mayo	2.190	1.629,4	2.444	1.818,3
Junio	2.448	1.762,6	2.683	1.931,8
Julio	2.095	1.558,7	2.504	1.862,9
Agosto	1.542	1.147,3	2.037	1.515,5
Septiembre	1.529	1.100,9	1.685	1.213,2
Octubre	973	723,9	1.136	845,2
Noviembre	641	461,5	754	542,9
Diciembre	499	371,3	559	415,9
AÑO	1.343	11.786,3	1.540	13.531,1

Tabla 66. Resultados del Ninja.Renewables del caso 3 en La Coruña.

3. Resultados de PVGIS:

Base de datos solar	PVGIS-SARAH		PVGIS-CMSAF		PVGIS-ERA5		PVGIS-COSMO	
PV Instalado	10 kWp							
Pérdidas del sistema	5,71%							
	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²
Enero	416,1	45,2	378,4	41,2	405,0	44,6	359,4	39,2
Febrero	608,6	64,2	585,2	61,6	640,9	67,7	585,0	61,5
Marzo	1.025,0	106,5	1.050,2	109,0	1.083,2	112,6	960,8	100,0
Abril	1.344,6	139,9	1.318,7	137,4	1.410,3	146,5	1.303,2	135,6
Mayo	1.593,9	166,7	1.593,5	166,6	1.704,9	177,4	1.566,8	163,5
Junio	1.674,6	177,0	1.677,9	177,4	1.786,4	188,5	1.571,8	166,2
Julio	1.767,8	187,9	1.766,3	187,9	1.850,3	196,3	1.671,1	177,7
Agosto	1.601,7	170,3	1.552,6	165,3	1.608,7	171,0	1.417,5	151,0
Septiembre	1.234,1	132,2	1.204,0	129,1	1.229,6	131,7	1.120,2	120,1
Octubre	807,8	87,0	796,2	85,7	798,4	86,5	700,4	75,8
Noviembre	463,0	50,6	456,0	49,8	462,1	51,0	396,8	43,6
Diciembre	382,4	42,6	376,4	41,7	375,1	42,5	325,9	36,3
Irradiación anual (H) [kWh/m ²]	1.370,2		1.352,8		1.416,4		1.270,5	
Producción anual de PV (E) [kWh]	12.919,6		12.755,5		13.354,8		11.978,7	

Tabla 67. Resultados del PVGIS del caso 3 en La Coruña.

4. Recopilación de resultados anuales:

Base de datos	PVGIS	PVsyst	Ninja.Renewables
SARAH	12,920 MWh		11,786 MWh
CMSAF	12,756 MWh		
ERA5	13,355 MWh		
COSMO	11,979 MWh		
Meteonorm		11,718 MWh	
MERRA			13,531 MWh

Tabla 68. Comparativa de resultados del caso 3 en La Coruña.

A.1.4. Caso 4

Diseño de una instalación fotovoltaica en La Coruña de 10 kWp, con módulos solares fijos, de CIS, con inclinación óptima y acimut 0°.

El módulo fotovoltaico empleado es el modelo CIGS-3150A1 del fabricante Hulk Energy Technology, cuya potencia nominal son 315 Wp/mod y su eficiencia del 13,47%.

El inversor empleado es el IG Plus 100 V-3 del fabricante Fronius International.

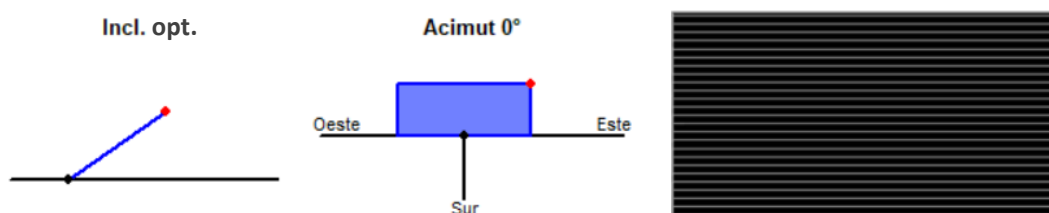


Ilustración 18. Tecnología empleada en el caso 4 en La Coruña.

1. Resultados de PVsyst con la base de datos Meteonorm:

	Irradiación Global	Irradiación Difusa	Irradiación Glob. efect.	Energía efect. en salida	Energía inyectada en la red	Índice rendim.
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	%
Ene	73,1	36,9	71,3	675	643	93,1
Feb	102,6	48,8	100,1	946	904	93,2
Mar	138,2	64,7	134,6	1.248	1.191	91,2
Abr	149,7	73,0	145,1	1.345	1.284	90,8
May	163,2	81,5	157,6	1.453	1.386	89,9
Jun	172,8	78,5	166,9	1.533	1.463	89,6
Jul	182,5	77,1	176,7	1.610	1.536	89,1
Ago	179,9	75,3	174,5	1.586	1.515	89,1
Sept	157,1	67,0	152,8	1.393	1.331	89,6
Oct	113,8	57,4	110,8	1.025	978	91,0
Nov	76,8	43,2	74,8	707	674	92,9
Dic	68,5	35,1	66,8	632	602	93,1
AÑO	1.578,2	738,3	1.532,1	14.154	13.508	90,6

Tabla 69. Resultados del PVsyst del caso 4 en La Coruña.

Las pérdidas durante todo el año son las mostradas en el gráfico 84. Las pérdidas del sistema son del 7,02%.

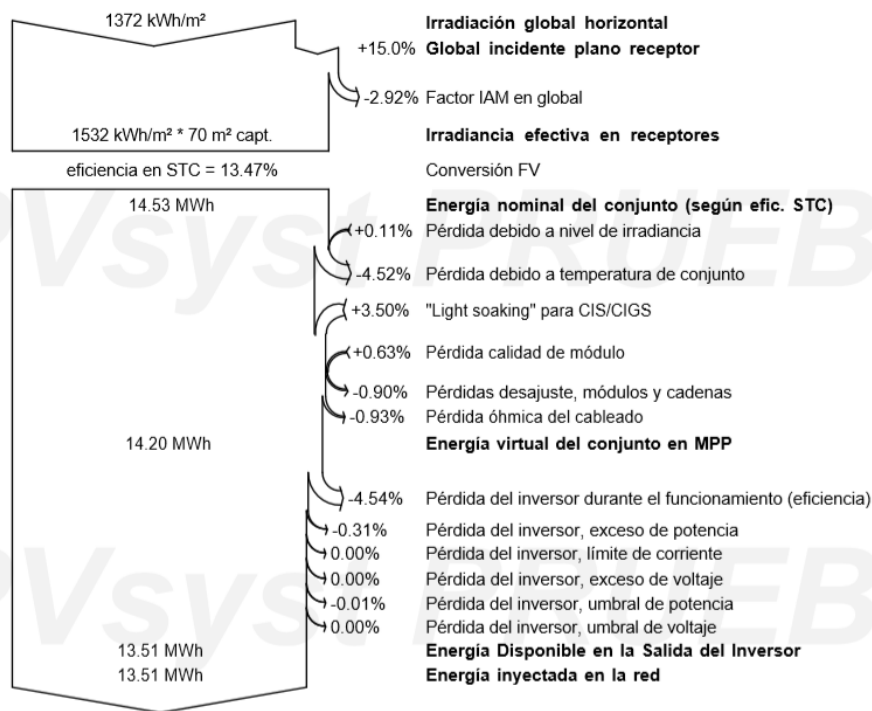


Gráfico 62. Pérdidas del caso 4 en La Coruña.

2. Resultados de Ninja.Renewables:

	SARAH		MERRA	
	[W/día]	[kWh]	[W/día]	[kWh]
Enero	735	546,8	764	568,4
Febrero	946	635,7	929	624,3
Marzo	1.469	1.092,9	1.844	1.371,9
Abril	1.803	1.298,2	2.053	1.478,2
Mayo	2.101	1.563,1	2.372	1.764,8
Junio	2.278	1.640,2	2.499	1.799,3
Julio	1.971	1.466,4	2.379	1.770,0
Agosto	1.522	1.132,4	2.067	1.537,9
Septiembre	1.716	1.235,5	1.951	1.404,7
Octubre	1.210	900,2	1.465	1.090,0
Noviembre	912	656,6	1.099	791,3
Diciembre	788	586,3	889	661,4
AÑO	1.454	12.754,4	1.693	14.862,1

Tabla 70. Resultados del Ninja.Renewables del caso 4 en La Coruña.

3. Resultados de PVGIS:

Base de datos solar	PVGIS-SARAH		PVGIS-CMSAF		PVGIS-ERA5		PVGIS-COSMO	
PV Instalado	10 kWp							
Pérdidas del sistema	7,02%							
Ángulo de inclinación	34°		34°		36°		33°	
	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²
Enero	700,2	72,8	578,2	60,8	757,5	78,9	573,8	60,0
Febrero	892,9	93,3	811,4	84,7	1.013,8	105,7	844,0	87,9
Marzo	1.257,1	132,8	1.277,7	134,8	1.392,9	147,2	1.187,7	125,3
Abril	1.427,5	152,7	1.390,1	148,8	1.521,2	162,5	1.401,7	149,7
Mayo	1.527,8	164,5	1.521,8	163,6	1.626,8	175,0	1.521,9	163,5
Junio	1.542,0	168,1	1.536,8	167,3	1.616,3	176,6	1.461,5	159,4
Julio	1.665,5	182,6	1.653,1	181,1	1.716,5	188,7	1.590,1	174,3
Agosto	1.637,2	179,3	1.576,5	172,6	1.651,0	181,1	1.463,2	160,3
Septiembre	1.450,6	158,9	1.409,4	154,2	1.488,3	163,0	1.322,2	144,4
Octubre	1.117,9	120,4	1.089,8	117,0	1.175,9	126,8	952,8	102,7
Noviembre	751,1	79,3	706,6	74,6	834,3	87,8	618,8	65,5
Diciembre	726,7	75,7	669,3	69,8	813,3	85,0	570,6	59,8
Irradiación anual (H) [kWh/m ²]	1.580,5		1.529,4		1.678,5		1.452,8	
Producción anual de PV (E) [kWh]	14.696,5		14.220,6		15.607,7		13.508,3	

Tabla 71. Resultados del PVGIS del caso 4 en La Coruña.

4. Recopilación de resultados anuales:

Base de datos	PVGIS	PVsyst	Ninja.Renewables
SARAH	14,697 MWh		12,754 MWh
CMSAF	14,221 MWh		
ERA5	15,608 MWh		
COSMO	13,508 MWh		
Meteonorm		13,508 MWh	
MERRA			14,862 MWh

Tabla 72. Comparativa de resultados del caso 4 en La Coruña.

A.1.5. Caso 5

Diseño de una instalación fotovoltaica en La Coruña de 10 kWp, con módulos solares con sistema de seguimiento, de silicio cristalino, con inclinación óptima constante.

El módulo fotovoltaico empleado es el modelo JAM6-72-315/SI del fabricante JA Solar, cuya potencia nominal son 315 Wp/mod y su eficiencia del 16,27%.

El inversor empleado es el IG Plus 120 V-3 del fabricante Fronius International.

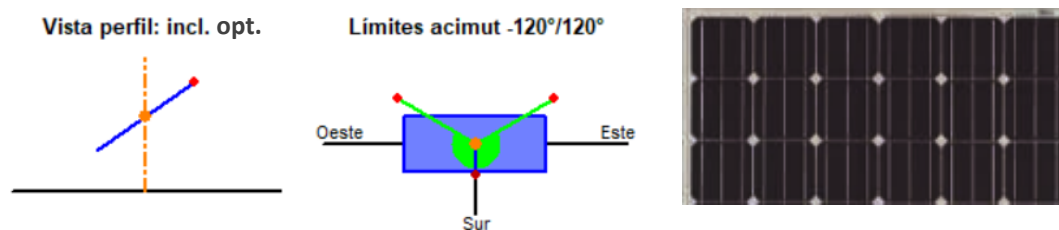


Ilustración 19. Tecnología empleada en el caso 5 en La Coruña.

1. Resultados de PVsyst con la base de datos Meteonorm:

	Irradiación Global	Irradiación Difusa	Irradiación Glob. efect.	Energía efect. en salida	Energía inyectada en la red	Índice rendim.
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	%
Ene	87,3	44,1	86,1	833	793	87,4
Feb	124,6	59,3	123,0	1.189	1.135	87,6
Mar	169,4	79,3	167,0	1.585	1.513	85,9
Abr	193,6	94,3	190,5	1.817	1.734	86,2
May	216,2	107,9	212,5	2.002	1.911	85,1
Jun	243,7	110,7	239,7	2.238	2.137	84,4
Jul	252,5	106,6	248,6	2.293	2.190	83,4
Ago	241,1	100,9	237,6	2.186	2.088	83,3
Sept	200,5	85,5	197,8	1.824	1.741	83,6
Oct	137,8	69,5	135,8	1.276	1.217	85,0
Nov	91,8	51,6	90,4	875	833	87,4
Dic	82,0	42,0	80,9	782	744	87,3
AÑO	2.040,5	951,7	2.009,8	18.901	18.037	85,0

Tabla 73. Resultados del PVsyst del caso 5 en La Coruña.

Las pérdidas durante todo el año son las mostradas en el gráfico 85. Las pérdidas del sistema son del 13,73%.

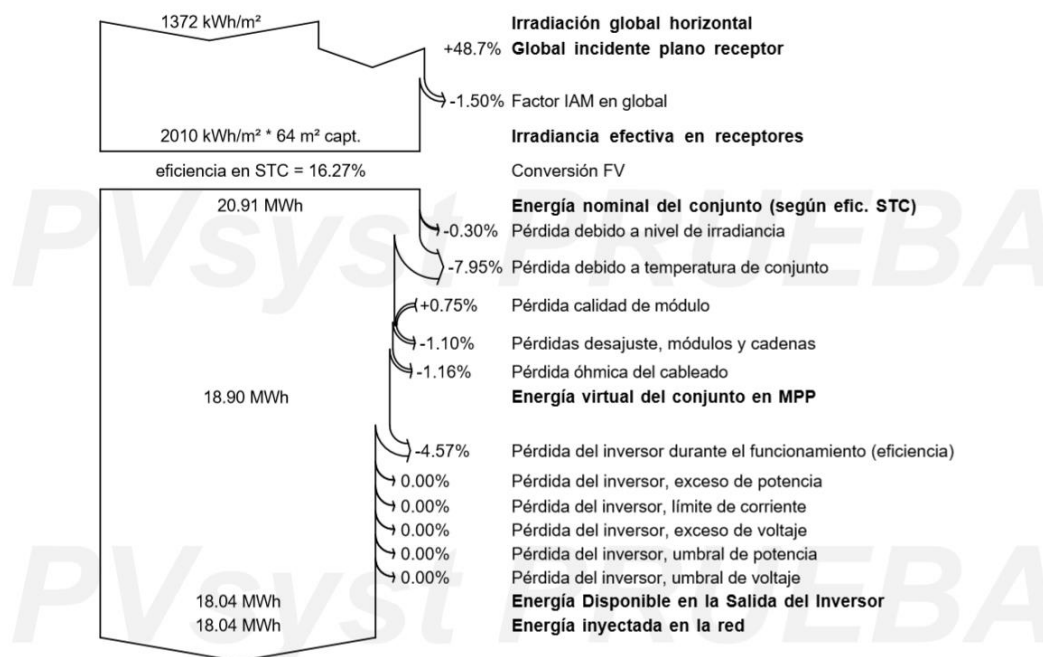


Gráfico 63. Pérdidas del caso 5 en La Coruña.

2. Resultados de Ninja.Renewables:

	SARAH		MERRA	
	[W/día]	[kWh]	[W/día]	[kWh]
Enero	829	616,8	840	625,0
Febrero	1.051	706,3	1.006	676,0
Marzo	1.588	1.181,5	2.060	1.532,6
Abril	2.028	1.460,2	2.273	1.636,6
Mayo	2.364	1.758,8	2.724	2.026,7
Junio	2.590	1.864,8	2.951	2.124,7
Julio	2.192	1.630,8	2.755	2.049,7
Agosto	1.670	1.242,5	2.314	1.721,6
Septiembre	1.908	1.373,8	2.226	1.602,7
Octubre	1.332	991,0	1.642	1.221,6
Noviembre	1.017	732,2	1.228	884,2
Diciembre	893	664,4	1.022	760,4
AÑO	1.622	14.223,0	1.920	16.861,8

Tabla 74. Resultados del Ninja.Renewables del caso 5 en La Coruña.

3. Resultados de PVGIS:

Base de datos solar	PVGIS-SARAH		PVGIS-CMSAF		PVGIS-ERA5		PVGIS-COSMO	
PV Instalado	10 kWp							
Pérdidas del sistema	13,73%							
Ángulo inclinación	53°		53°		56°		52°	
	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²
Enero	796,6	88,4	643,7	72,1	885,7	98,2	638,4	71,0
Febrero	1.033,0	115,8	910,7	101,9	1.191,6	133,1	946,3	105,5
Marzo	1.441,2	163,8	1.462,5	166,0	1.645,6	187,2	1.340,6	152,2
Abril	1.659,7	192,1	1.612,7	186,8	1.843,8	213,2	1.594,1	184,3
Mayo	1.827,9	212,3	1.815,0	210,4	2.033,7	235,7	1.790,5	207,4
Junio	1.863,0	219,4	1.867,3	220,0	2.112,3	248,9	1.753,7	206,5
Julio	2.009,0	238,5	2.043,6	242,3	2.221,2	264,1	1.907,9	226,4
Agosto	1.983,6	234,9	1.924,2	227,9	2.065,0	245,4	1.723,7	204,3
Septiembre	1.714,3	202,9	1.698,8	200,1	1.776,1	210,8	1.513,2	178,7
Octubre	1.288,9	149,3	1.245,7	143,7	1.382,5	160,4	1.064,9	123,3
Noviembre	861,7	96,9	804,1	90,4	976,2	109,3	693,4	78,0
Diciembre	845,3	94,0	766,4	85,1	975,2	108,6	645,6	71,9
Irradiación anual (H) [kWh/m ²]	2.008,2		1.946,8		2.215,0		1.809,7	
Producción anual de PV (E) [kWh]	17.324,2		16.794,6		19.108,9		15.612,4	

Tabla 75. Resultados del PVGIS del caso 5 en La Coruña.

4. Recopilación de resultados anuales:

Base de datos	PVGIS	PVsyst	Ninja.Renewables
SARAH	17,324 MWh		14,223 MWh
CMSAF	16,795 MWh		
ERA5	19,109 MWh		
COSMO	15,612 MWh		
Meteonorm		18,037 MWh	
MERRA			16,862 MWh

Tabla 76. Comparativa de resultados del caso 5 en La Coruña.

A.1.6. Caso 6

Diseño de una instalación fotovoltaica en La Coruña de 10 kWp, con módulos solares con sistema de seguimiento, de CIS, con inclinación óptima constante.

El módulo fotovoltaico empleado es el modelo CIGS-3150A1 del fabricante Hulk Energy Technology, cuya potencia nominal son 315 Wp/mod y su eficiencia del 13,47%.

El inversor empleado es el IG Plus 100 V-3 del fabricante Fronius International.

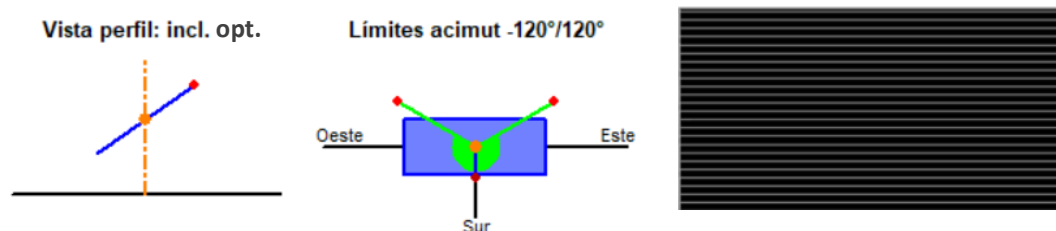


Ilustración 20. Tecnología empleada en el caso 6 en La Coruña.

1. Resultados de PVsyst con la base de datos Meteonorm:

	Irradiación Global	Irradiación Difusa	Irradiación Glob. efect.	Energía efect. en salida	Energía inyectada en la red	Índice rendim.
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	%
Ene	87,3	44,1	86,1	803	762	92,4
Feb	124,6	59,3	123,0	1.143	1.087	92,3
Mar	169,4	79,3	167,0	1.524	1.449	90,5
Abr	193,6	94,3	190,5	1.748	1.663	90,9
May	216,2	107,9	212,5	1.932	1.838	90,0
Jun	243,7	110,7	239,7	2.178	2.071	89,9
Jul	252,5	106,6	248,6	2.242	2.132	89,3
Ago	241,1	100,9	237,6	2.139	2.034	89,3
Sept	200,5	85,5	197,8	1.776	1.689	89,1
Oct	137,8	69,5	135,8	1.237	1.176	90,3
Nov	91,8	51,6	90,4	845	803	92,5
Dic	82,0	42,0	80,9	754	715	92,3
AÑO	2.040,5	951,7	2.009,8	18.319	17.418	90,3

Tabla 77. Resultados del PVsyst del caso 6 en La Coruña.

Las pérdidas durante todo el año son las mostradas en el gráfico 86. Las pérdidas del sistema son del 8,56%.

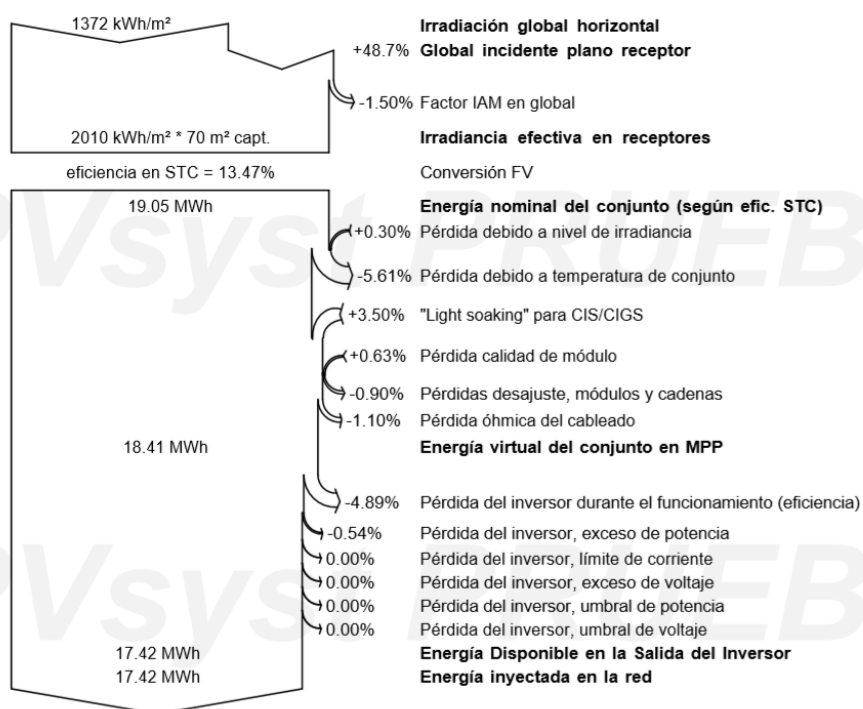


Gráfico 64. Pérdidas del caso 6 en La Coruña.

2. Resultados de Ninja.Renewables:

	SARAH		MERRA	
	[W/día]	[kWh]	[W/día]	[kWh]
Enero	879	654,0	890	662,2
Febrero	1.114	748,6	1.066	716,4
Marzo	1.683	1.252,2	2.184	1.624,9
Abril	2.149	1.547,3	2.409	1.734,5
Mayo	2.506	1.864,5	2.887	2.147,9
Junio	2.745	1.976,4	3.128	2.252,2
Julio	2.324	1.729,1	2.920	2.172,5
Agosto	1.770	1.316,9	2.452	1.824,3
Septiembre	2.023	1.456,6	2.359	1.698,5
Octubre	1.412	1.050,5	1.740	1.294,6
Noviembre	1.078	776,2	1.302	937,4
Diciembre	946	703,8	1.083	805,8
AÑO	1.719	15.075,9	2.035	17.871,0

Tabla 78. Resultados del Ninja.Renewables del caso 6 en La Coruña.

3. Resultados de PVGIS:

Base de datos solar	PVGIS-SARAH		PVGIS-CMSAF		PVGIS-ERA5		PVGIS-COSMO	
PV Instalado	10 kWp							
Pérdidas sistema	8,56%							
Ángulo inclinación	53°		53°		56°		52°	
	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²
Enero	830,8	88,4	671,6	72,1	922,1	98,1	666,3	71,0
Febrero	1.083,0	115,8	954,7	101,9	1.246,3	133,1	990,6	105,5
Marzo	1.518,7	163,8	1.539,5	166,0	1.732,5	187,1	1.411,6	152,2
Abril	1.767,2	192,1	1.717,0	186,8	1.963,3	213,2	1.696,5	184,3
Mayo	1.945,2	212,2	1.929,8	210,4	2.164,8	235,7	1.903,7	207,4
Junio	1.990,7	219,4	1.994,8	220,0	2.259,1	249,0	1.872,8	206,5
Julio	2.151,2	238,4	2.187,9	242,3	2.382,0	264,2	2.042,3	226,4
Agosto	2.120,1	234,9	2.056,4	227,9	2.210,0	245,4	1.841,7	204,3
Septiembre	1.820,1	202,9	1.803,0	200,1	1.888,4	210,8	1.606,0	178,7
Octubre	1.356,8	149,3	1.310,4	143,7	1.455,3	160,4	1.120,1	123,3
Noviembre	898,8	96,9	838,3	90,4	1.015,8	109,3	722,6	78,0
Diciembre	881,4	94,0	798,5	85,1	1.015,5	108,6	673,1	71,9
Irradiación anual (H) [kWh/m ²]	2.008,2		1.946,8		2.215,0		1.809,7	
Producción anual de PV (E) [kWh]	18.363,8		17.802,0		20.255,1		16.547,3	

Tabla 79. Resultados del PVGIS del caso 6 en La Coruña.

4. Recopilación de resultados anuales:

Base de datos	PVGIS	PVsyst	Ninja.Renewables
SARAH	18,364 MWh		15,076 MWh
CMSAF	17,802 MWh		
ERA5	20,255 MWh		
COSMO	16,547 MWh		
Meteonorm		17,418 MWh	
MERRA			17,871 MWh

Tabla 80. Comparativa de resultados del caso 6 en La Coruña.

A.1.7. Caso 7

Diseño de una instalación fotovoltaica en La Coruña de 10 kWp, con módulos solares con sistema de seguimiento biaxial, de silicio cristalino.

El módulo fotovoltaico empleado es el modelo JAM6-72-315/SI del fabricante JA Solar, cuya potencia nominal son 315 Wp/mod y su eficiencia del 16,27%.

El inversor empleado es el IG Plus 120 V-3 del fabricante Fronius International.

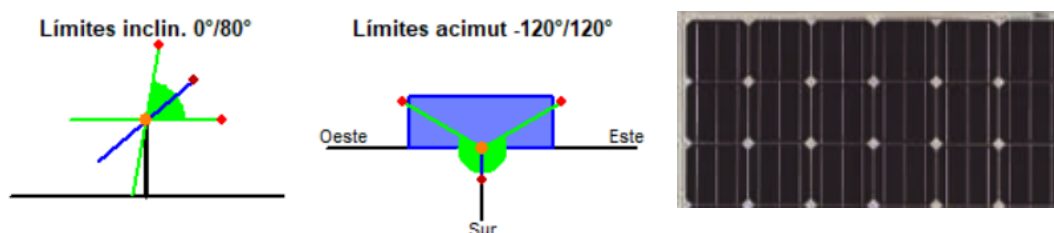


Ilustración 21. Tecnología empleada en el caso 7 en La Coruña.

1. Resultados de PVsyst con la base de datos Meteonorm:

	Irradiación Global	Irradiación Difusa	Irradiación Glob. efect.	Energía efect. en salida	Energía inyectada en la red	Índice rendim.
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	%
Ene	89,7	45,3	88,6	853	812	87,1
Feb	127,4	60,6	125,8	1.213	1.157	87,4
Mar	171,9	80,5	169,5	1.607	1.533	85,8
Abr	199,1	97,0	196,1	1.865	1.780	86,0
May	225,6	112,6	222,0	2.080	1.986	84,7
Jun	256,0	116,3	252,3	2.341	2.235	84,0
Jul	264,0	111,5	260,4	2.389	2.279	83,0
Ago	249,1	104,3	245,8	2.252	2.151	83,0
Sept	204,4	87,2	201,8	1.857	1.773	83,4
Oct	139,9	70,5	138,0	1.294	1.234	84,8
Nov	94,2	53,0	92,9	895	853	87,1
Dic	84,8	43,4	83,9	806	767	87,0
AÑO	2.106,1	982,1	2.077,2	19.449	18.561	84,8

Tabla 81. Resultados del PVsyst del caso 7 en La Coruña.

Las pérdidas durante todo el año son las mostradas en el gráfico 87. Las pérdidas del sistema son del 14,11%.

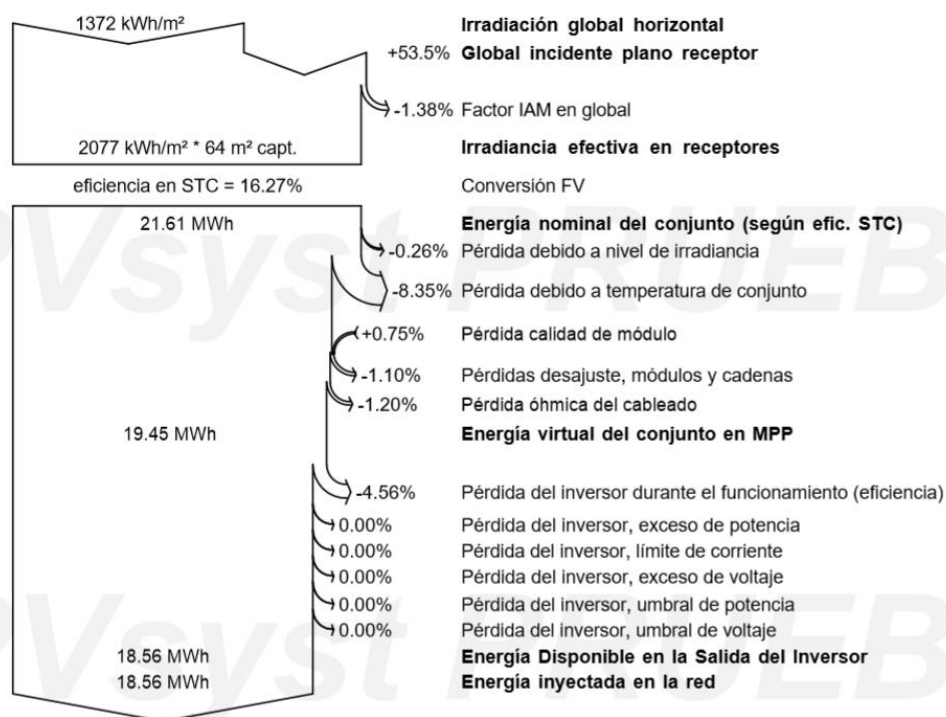


Gráfico 65. Pérdidas del caso 7 en La Coruña.

2. Resultados de Ninja.Renewables:

	SARAH		MERRA	
	[W/día]	[kWh]	[W/día]	[kWh]
Enero	811	603,38	820	610,08
Febrero	1.036	696,19	989	664,61
Marzo	1.623	1.207,51	2.076	1.544,54
Abril	2.095	1.508,40	2.340	1.684,80
Mayo	2.529	1.881,58	2.906	2.162,06
Junio	2.808	2.021,76	3.310	2.383,20
Julio	2.362	1.757,33	2.968	2.208,19
Agosto	1.770	1.316,88	2.427	1.805,69
Septiembre	1.961	1.411,92	2.257	1.625,04
Octubre	1.324	985,06	1.633	1.214,95
Noviembre	998	718,56	1.212	872,64
Diciembre	881	655,46	1.013	753,67
AÑO	1.683	14.764,03	1.996	17.529,48

Tabla 82. Resultados del Ninja.Renewables del caso 7 en La Coruña.

3. Resultados de PVGIS:

Base de datos solar	PVGIS-SARAH		PVGIS-CMSAF		PVGIS-ERA5		PVGIS-COSMO	
PV Instalado	10 kWp							
Pérdidas del sistema	14,11%							
	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²
Enero	814,3	90,8	653,3	73,5	910,0	101,1	649,4	72,5
Febrero	1.051,5	118,3	922,3	103,5	1.212,6	135,9	957,8	107,2
Marzo	1.458,9	166,3	1.483,0	168,9	1.667,7	190,3	1.352,0	154,0
Abril	1.694,7	196,9	1.651,3	192,0	1.888,1	219,3	1.618,7	188,0
Mayo	1.893,7	221,0	1.884,7	219,6	2.113,5	246,2	1.842,7	214,6
Junio	1.942,9	230,2	1.948,6	230,9	2.217,6	262,9	1.818,3	215,3
Julio	2.085,9	249,0	2.127,0	253,6	2.318,8	277,4	1.971,1	235,2
Agosto	2.037,1	242,3	1.979,7	235,5	2.125,8	253,8	1.759,4	209,5
Septiembre	1.741,5	206,8	1.734,6	205,0	1.802,8	214,7	1.529,2	181,2
Octubre	1.306,5	151,8	1.263,8	146,3	1.402,9	163,3	1.073,7	124,7
Noviembre	880,2	99,4	820,2	92,6	999,2	112,2	704,7	79,5
Diciembre	875,4	97,7	790,5	88,1	1.015,0	113,4	664,2	74,2
Irradiación anual (H) [kWh/m ²]	2.070,4		2.009,4		2.290,6		1.855,9	
Producción anual de PV (E) [kWh]	17.782,6		17.259,1		19.674,1		15.941,2	

Tabla 83. Resultados del PVGIS del caso 7 en La Coruña.

4. Recopilación de resultados anuales:

Base de datos	PVGIS	PVsyst	Ninja.Renewables
SARAH	17,783 MWh		14,764 MWh
CMSAF	17,259 MWh		
ERA5	19,674 MWh		
COSMO	15,941 MWh		
Meteonorm		18,561 MWh	
MERRA			17,529 MWh

Tabla 84. Comparativa de resultados del caso 7 en La Coruña.

A.1.8. Caso 8

Diseño de una instalación fotovoltaica en La Coruña de 10 kWp, con módulos solares con sistema de seguimiento biaxial, de CIS.

El módulo fotovoltaico empleado es el modelo CIGS-3150A1 del fabricante Hulk Energy Technology, cuya potencia nominal son 315 Wp/mod y su eficiencia del 13,47%.

El inversor empleado es el IG Plus 100 V-3 del fabricante Fronius International.

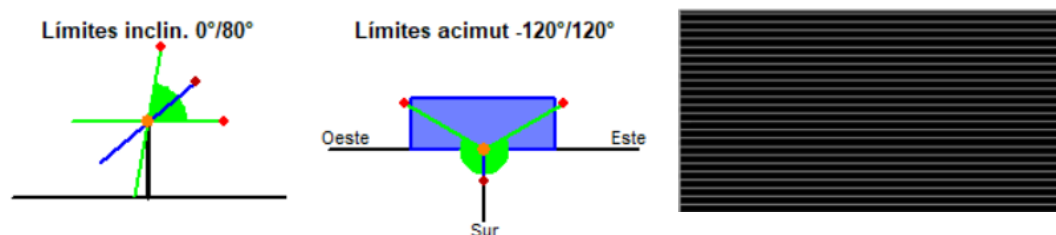


Ilustración 22. Tecnología empleada en el caso 8 en La Coruña.

1. Resultados de PVsyst con la base de datos Meteonorm:

	Irradiación Global	Irradiación Difusa	Irradiación Glob. efect.	Energía efect. en salida	Energía inyectada en la red	Índice rendim.
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	%
Ene	89,7	45,3	88,6	821	783	92,4
Feb	127,4	60,6	125,8	1.164	1.112	92,4
Mar	171,9	80,5	169,5	1.542	1.474	90,7
Abr	199,1	97,0	196,1	1.789	1.710	90,9
May	225,6	112,6	222,0	1.997	1.909	89,6
Jun	256,0	116,3	252,3	2.272	2.172	89,8
Jul	264,0	111,5	260,4	2.324	2.222	89,0
Ago	249,1	104,3	245,8	2.195	2.099	89,2
Sept	204,4	87,2	201,8	1.804	1.725	89,3
Oct	139,9	70,5	138,0	1.253	1.196	90,5
Nov	94,2	53,0	92,9	863	824	92,5
Dic	84,8	43,4	83,9	775	739	92,2
AÑO	2.106,1	982,1	2.077,2	18.799	17.964	90,3

Tabla 85. Resultados del PVsyst del caso 8 en La Coruña.

Las pérdidas durante todo el año son las mostradas en el gráfico 88. Las pérdidas del sistema son del 8,79%.

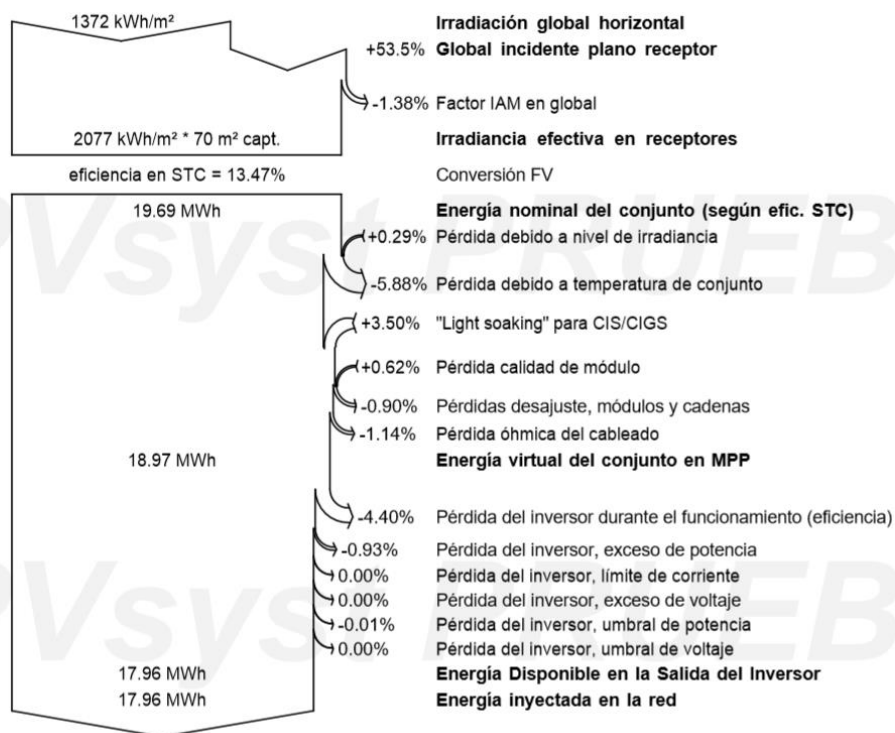


Gráfico 66. Pérdidas del caso 8 en La Coruña.

2. Resultados de Ninja.Renewables:

	SARAH		MERRA	
	[W/día]	[kWh]	[W/día]	[kWh]
Enero	817	607,85	826	614,54
Febrero	1.044	701,57	996	669,31
Marzo	1.635	1.216,44	2.092	1.556,45
Abril	2.110	1.519,20	2.357	1.697,04
Mayo	2.548	1.895,71	2.928	2.178,43
Junio	2.829	2.036,88	3.234	2.328,48
Julio	2.379	1.769,98	2.990	2.224,56
Agosto	1.783	1.326,55	2.445	1.819,08
Septiembre	1.975	1.422,00	2.274	1.637,28
Octubre	1.334	992,50	1.645	1.223,88
Noviembre	1.006	724,32	1.221	879,12
Diciembre	888	660,67	1.021	759,62
AÑO	1.696	14.873,66	2.002	17.587,80

Tabla 86. Resultados del Ninja.Renewables del caso 8 en La Coruña.

3. Resultados de PVGIS:

Base de datos solar	PVGIS-SARAH		PVGIS-CMSAF		PVGIS-ERA5		PVGIS-COSMO	
PV Instalado	10 kWp							
Pérdidas del sistema	8,79%							
	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²
Enero	851,0	90,8	682,7	73,5	949,0	101,1	678,9	72,5
Febrero	1.104,5	118,3	968,7	103,5	1.270,6	135,9	1.004,6	107,2
Marzo	1.540,2	166,3	1.563,9	168,9	1.758,9	190,3	1.426,3	154,0
Abril	1.807,8	196,9	1.761,2	192,0	2.014,1	219,3	1.726,0	188,0
Mayo	2.018,6	221,0	2.007,4	219,6	2.253,5	246,2	1.962,9	214,6
Junio	2.079,8	230,2	2.085,1	230,9	2.375,7	262,9	1.945,3	215,3
Julio	2.237,5	249,0	2.281,2	253,6	2.490,9	277,4	2.114,0	235,2
Agosto	2.181,2	242,3	2.119,5	235,5	2.279,1	253,8	1.883,5	209,5
Septiembre	1.852,6	206,8	1.844,8	205,0	1.920,4	214,7	1.626,4	181,2
Octubre	1.378,1	151,8	1.332,2	146,3	1.479,7	163,3	1.131,6	124,7
Noviembre	919,8	99,4	856,6	92,6	1.041,8	112,2	735,7	79,5
Diciembre	914,4	97,7	825,1	88,1	1.058,9	113,4	693,6	74,2
Irradiación anual (H) [kWh/m ²]	2.070,4		2.009,4		2.290,6		1.855,9	
Producción anual de PV (E) [kWh]	18.885,4		18.328,4		20.892,6		16.928,8	

Tabla 87. Resultados del PVGIS del caso 8 en La Coruña.

4. Recopilación de resultados anuales:

Base de datos	PVGIS	PVsyst	Ninja.Renewables
SARAH	18,885 MWh		14,874 MWh
CMSAF	18,328 MWh		
ERA5	20,893 MWh		
COSMO	16,929 MWh		
Meteonorm		17,964 MWh	
MERRA			17,588 MWh

Tabla 88. Comparativa de resultados del caso 8 en La Coruña.

A.2. Pamplona

A.2.1. Caso 1

Diseño de una instalación fotovoltaica en Pamplona de 10 kWp, con módulos solares fijos, de silicio cristalino, con inclinación 0° y azimut 0°.

El módulo fotovoltaico empleado es el modelo JAM6-72-315/SI del fabricante JA Solar, cuya potencia nominal son 315 Wp/mod y su eficiencia del 16,27%.

El inversor empleado es el IG Plus 120 V-3 del fabricante Fronius International.

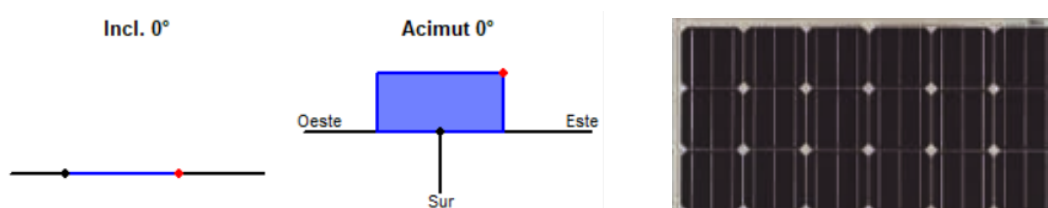


Ilustración 23. Tecnología empleada en el caso 1 en Pamplona.

1. Resultados de PVsyst con la base de datos Meteonorm:

	Irradiación Global	Irradiación Difusa	Irradiación Glob. efect.	Energía efect. en salida	Energía inyectada en la red	Índice rendim.
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	%
Ene	49,7	28,6	46,2	479	453	87,8
Feb	65,7	34,5	62,0	636	604	88,5
Mar	116,7	49,4	111,1	1.109	1.058	87,2
Abr	148,9	67,4	142,9	1.400	1.336	86,3
May	179,2	73,4	172,6	1.639	1.564	83,9
Jun	202,9	79,2	196,0	1.819	1.737	82,3
Jul	219,4	71,7	212,0	1.948	1.861	81,6
Ago	177,0	67,8	170,5	1.582	1.510	82,1
Sept	140,3	47,8	134,1	1.272	1.214	83,3
Oct	90,7	42,2	85,8	845	805	85,3
Nov	58,2	27,6	54,3	552	524	86,6
Dic	44,5	24,2	41,0	423	401	86,7
AÑO	1.493,2	613,6	1.428,5	13.750	13.066	84,2

Tabla 89. Resultados del PVsyst del caso 1 en Pamplona.

Las pérdidas durante todo el año son las mostradas en el gráfico 89. Las pérdidas del sistema son del 12,05%.

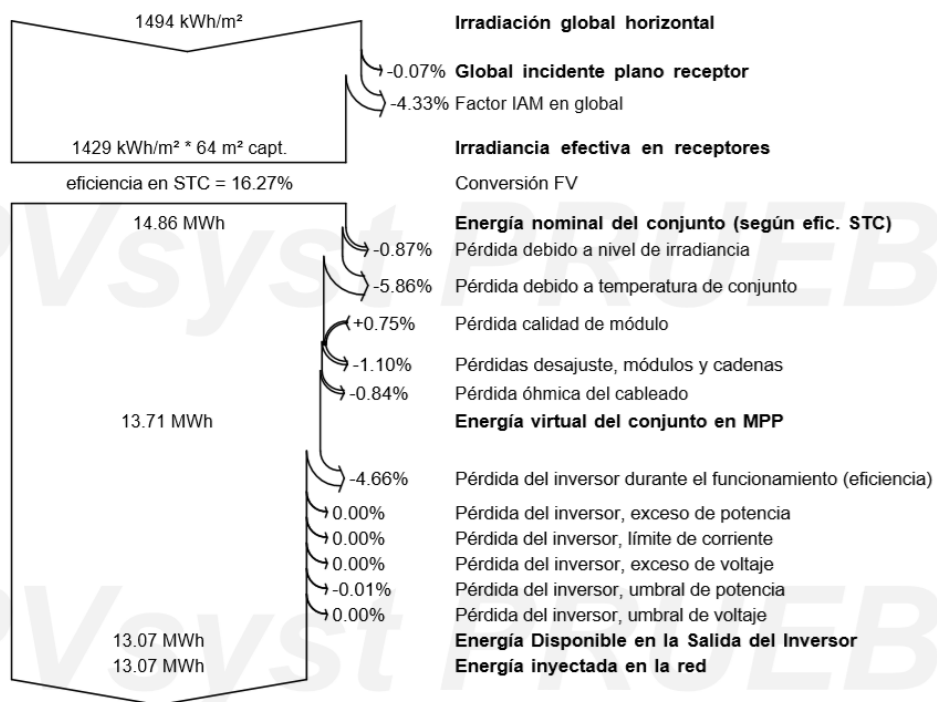


Gráfico 67. Pérdidas del caso 1 en Pamplona.

2. Resultados de Ninja.Renewables:

	SARAH		MERRA	
	[W/día]	[kWh]	[W/día]	[kWh]
Enero	667	496,3	575	427,8
Febrero	693	465,7	752	505,3
Marzo	1.280	952,3	1.144	851,1
Abril	1.969	1.417,7	1.818	1.309,0
Mayo	2.079	1.546,8	2.020	1.502,9
Junio	2.513	1.809,4	2.295	1.652,4
Julio	2.464	1.833,2	2.255	1.677,7
Agosto	2.098	1.560,9	1.940	1.443,4
Septiembre	1.720	1.238,4	1.546	1.113,1
Octubre	1.076	800,5	1.072	797,5
Noviembre	730	525,6	747	537,8
Diciembre	641	476,9	603	448,6
AÑO	1.494	13.123,7	1.397	12.266,8

Tabla 90. Resultados del Ninja.Renewables del caso 1 en Pamplona.

3. Resultados de PVGIS:

Base de datos solar	PVGIS-SARAH		PVGIS-CMSAF		PVGIS-ERA5		PVGIS-COSMO	
PV Instalado	10 kWp							
Pérdidas del sistema	12,05%							
	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²
Enero	434,1	49,3	417,6	47,3	447,4	51,1	396,6	45,0
Febrero	625,9	68,3	619,3	67,6	640,5	70,1	628,5	68,3
Marzo	1.037,9	113,6	1.028,3	112,6	1.048,5	114,9	1.003,5	109,9
Abril	1.288,3	143,4	1.289,3	143,4	1.293,1	143,5	1.238,4	137,9
Mayo	1.568,2	176,0	1.570,3	176,0	1.564,2	175,0	1.542,8	173,1
Junio	1.714,2	197,8	1.714,0	197,6	1.628,0	187,3	1.640,4	189,3
Julio	1.837,6	214,1	1.870,0	217,7	1.645,2	191,7	1.733,1	202,0
Agosto	1.632,7	189,6	1.650,3	192,3	1.496,7	174,1	1.516,0	176,2
Septiembre	1.222,2	139,8	1.222,6	139,8	1.141,6	131,0	1.136,7	130,1
Octubre	851,8	96,1	840,7	95,0	830,7	94,2	762,4	86,3
Noviembre	486,1	55,1	472,3	53,5	482,7	55,2	425,6	48,4
Diciembre	401,5	46,4	386,6	44,6	406,8	47,4	358,9	41,4
Irradiación anual (H) [kWh/m ²]	1.489,5		1.487,3		1.435,5		1.407,8	
Producción anual de PV (E) [kWh]	13.100,4		13.081,4		12.625,4		12.382,8	

Tabla 91. Resultados del PVGIS del caso 1 en Pamplona.

4. Recopilación de resultados anuales:

Base de datos	PVGIS	PVsyst	Ninja.Renewables
SARAH	13,100 MWh		13,124 MWh
CMSAF	13,081 MWh		
ERA5	12,625 MWh		
COSMO	12,383 MWh		
Meteonorm		13,066 MWh	
MERRA			12,267 MWh

Tabla 92. Comparativa de resultados del caso 1 en Pamplona.

A.2.2. Caso 2

Diseño de una instalación fotovoltaica en Pamplona de 10 kWp, con módulos solares fijos, de silicio cristalino, con inclinación óptima y acimut 0°.

El módulo fotovoltaico empleado es el modelo JAM6-72-315/SI del fabricante JA Solar, cuya potencia nominal son 315 Wp/mod y su eficiencia del 16,27%.

El inversor empleado es el IG Plus 120 V-3 del fabricante Fronius International.

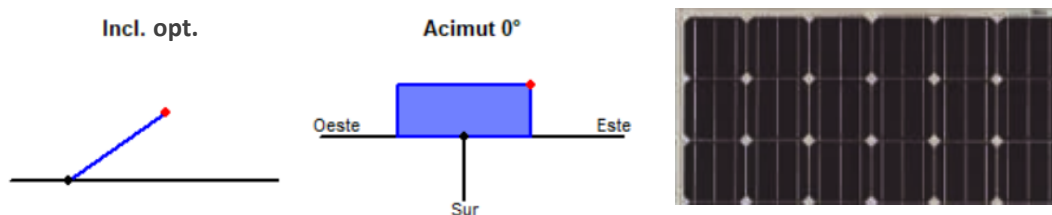


Ilustración 24. Tecnología empleada en el caso 2 en Pamplona.

1. Resultados de PVsyst con la base de datos Meteonorm:

	Irradiación Global	Irradiación Difusa	Irradiación Glob. efect.	Energía efect. en salida	Energía inyectada en la red	Índice rendim.
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	%
Ene	80,8	46,5	78,6	800	762	90,8
Feb	95,3	50,1	92,8	928	885	89,3
Mar	150,7	63,7	146,8	1.421	1.356	86,5
Abr	164,0	74,2	159,0	1.528	1.458	85,5
May	173,5	71,0	167,9	1.579	1.505	83,4
Jun	190,1	74,2	184,0	1.696	1.618	81,9
Jul	210,9	68,9	204,3	1.859	1.774	80,9
Ago	187,0	71,6	181,4	1.653	1.576	81,1
Sept	172,3	58,7	167,5	1.541	1.470	82,1
Oct	127,3	59,2	124,0	1.186	1.131	85,5
Nov	95,7	45,3	93,3	923	879	88,4
Dic	77,9	42,4	75,8	766	729	90,1
AÑO	1.725,5	725,8	1.675,5	15.879	15.143	84,4

Tabla 93. Resultados del PVsyst del caso 2 en Pamplona.

Las pérdidas durante todo el año son las mostradas en el gráfico 90. Las pérdidas del sistema son del 13,14%.

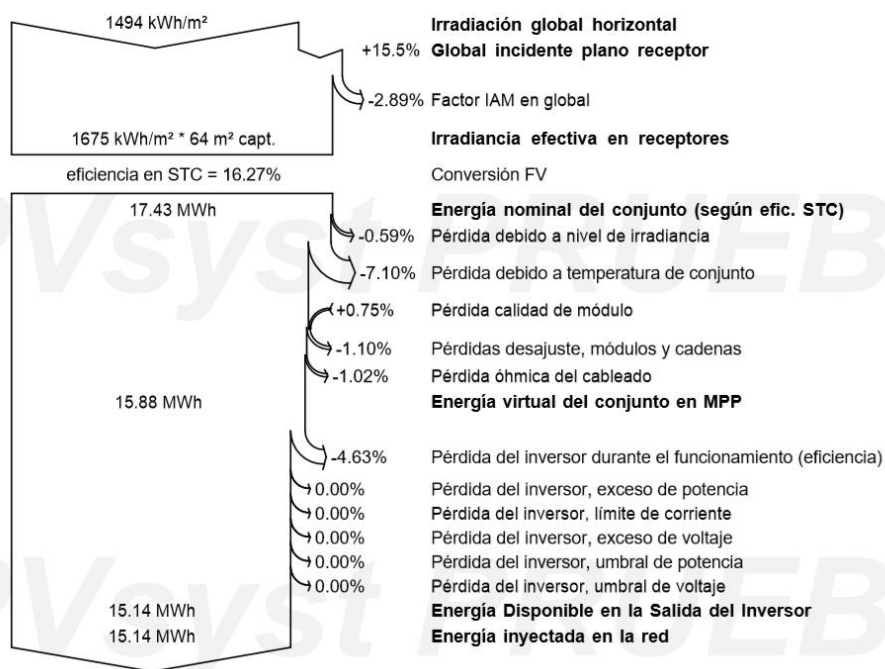


Gráfico 68. Pérdidas del caso 2 en Pamplona.

2. Resultados de Ninja.Renewables:

	SARAH		MERRA	
	[W/día]	[kWh]	[W/día]	[kWh]
Enero	1.057	786,4	915	680,8
Febrero	812	545,7	972	653,2
Marzo	1.486	1.105,6	1.351	1.005,1
Abril	2.050	1.476,0	1.947	1.401,8
Mayo	1.977	1.470,9	1.947	1.448,6
Junio	2.328	1.676,2	2.121	1.527,1
Julio	2.307	1.716,4	2.121	1.578,0
Agosto	2.125	1.581,0	1.987	1.478,3
Septiembre	1.942	1.398,2	1.778	1.280,2
Octubre	1.358	1.010,4	1.402	1.043,1
Noviembre	1.066	767,5	1.194	859,7
Diciembre	1.050	781,2	1.048	779,7
AÑO	1.630	14.315,4	1.565	13.735,6

Tabla 94. Resultados del Ninja.Renewables del caso 2 en Pamplona.

3. Resultados de PVGIS:

Base de datos solar	PVGIS-SARAH		PVGIS-CMSAF		PVGIS-ERA5		PVGIS-COSMO	
PV Instalado	10 kWp							
Pérdidas del sistema	13,14%							
Ángulo inclinación	34°		34°		38°		34°	
	E kWh	H kWh/m2	E kWh	H kWh/m2	E kWh	H kWh/m2	E kWh	H kWh/m2
Enero	749,1	81,1	687,1	74,5	874,1	94,2	642,5	69,6
Febrero	916,2	99,3	889,9	96,6	1.017,8	110,2	905,2	97,5
Marzo	1.279,9	142,9	1.261,7	140,9	1.346,3	150,8	1.235,1	137,6
Abril	1.359,8	155,9	1.359,9	155,6	1.372,5	157,7	1.316,9	150,7
Mayo	1.500,6	174,0	1.502,5	173,6	1.467,6	170,7	1.491,2	172,6
Junio	1.575,2	187,9	1.571,0	186,8	1.446,5	173,5	1.520,4	181,4
Julio	1.723,6	207,8	1.754,8	210,9	1.500,3	182,1	1.641,0	197,7
Agosto	1.674,9	200,9	1.701,0	204,3	1.520,3	183,8	1.571,8	188,4
Septiembre	1.436,8	168,7	1.443,6	169,2	1.367,5	161,7	1.341,2	157,1
Octubre	1.193,9	135,5	1.179,7	133,9	1.233,5	140,5	1.050,7	119,2
Noviembre	802,7	87,9	760,9	83,3	889,7	97,4	662,4	72,8
Diciembre	773,6	83,5	702,8	76,0	882,3	94,9	624,6	67,5
Irradiación anual (H) [kWh/m ²]	1.725,4		1.705,6		1.717,4		1.612,1	
Producción anual de PV (E) [kWh]	14.986,3		14.815,0		14.918,4		14.003,0	

Tabla 95. Resultados del PVGIS del caso 2 en Pamplona.

4. Recopilación de resultados anuales:

Base de datos	PVGIS	PVsyst	Ninja.Renewables
SARAH	14,986 MWh		14,315 MWh
CMSAF	14,815 MWh		
ERA5	14,918 MWh		
COSMO	14,003 MWh		
Meteonorm		15,143 MWh	
MERRA			13,736 MWh

Tabla 96. Comparativa de resultados del caso 2 en Pamplona.

A.2.3. Caso 3

Diseño de una instalación fotovoltaica en Pamplona de 10 kWp, con módulos solares fijos, de CIS, con inclinación 0° y azimut 0°.

El módulo fotovoltaico empleado es el modelo CIGS-3150A1 del fabricante Hulk Energy Technology, cuya potencia nominal son 315 Wp/mod y su eficiencia del 13,47%.

El inversor empleado es el IG Plus 100 V-3 del fabricante Fronius International.

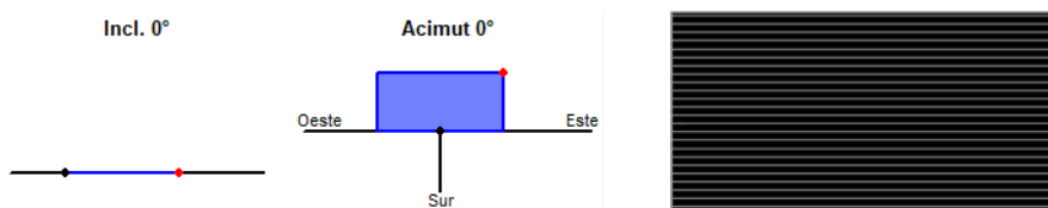


Ilustración 25. Tecnología empleada en el caso 3 en Pamplona.

1. Resultados de PVsyst con la base de datos Meteonorm:

	Irradiación Global	Irradiación Difusa	Irradiación Glob. efect.	Energía efect. en salida	Energía inyectada en la red	Índice rendim.
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	%
Ene	49,7	28,6	46,2	456	433	92,3
Feb	65,7	34,5	62,0	607	578	93,1
Mar	116,7	49,4	111,1	1.065	1.015	92,1
Abr	148,9	67,4	142,9	1.350	1.286	91,4
May	179,2	73,4	172,6	1.594	1.517	89,6
Jun	202,9	79,2	196,0	1.783	1.697	88,5
Jul	219,4	71,7	212,0	1.916	1.824	87,9
Ago	177,0	67,8	170,5	1.552	1.478	88,3
Sept	140,3	47,8	134,1	1.240	1.181	89,1
Oct	90,7	42,2	85,8	815	777	90,6
Nov	58,2	27,6	54,3	528	502	91,3
Dic	44,5	24,2	41,0	403	383	91,2
AÑO	1.493,2	613,6	1.428,5	13.310	12.671	89,8

Tabla 97. Resultados del PVsyst del caso 3 en Pamplona.

Las pérdidas durante todo el año son las mostradas en el gráfico 91. Las pérdidas del sistema son del 6,43%.

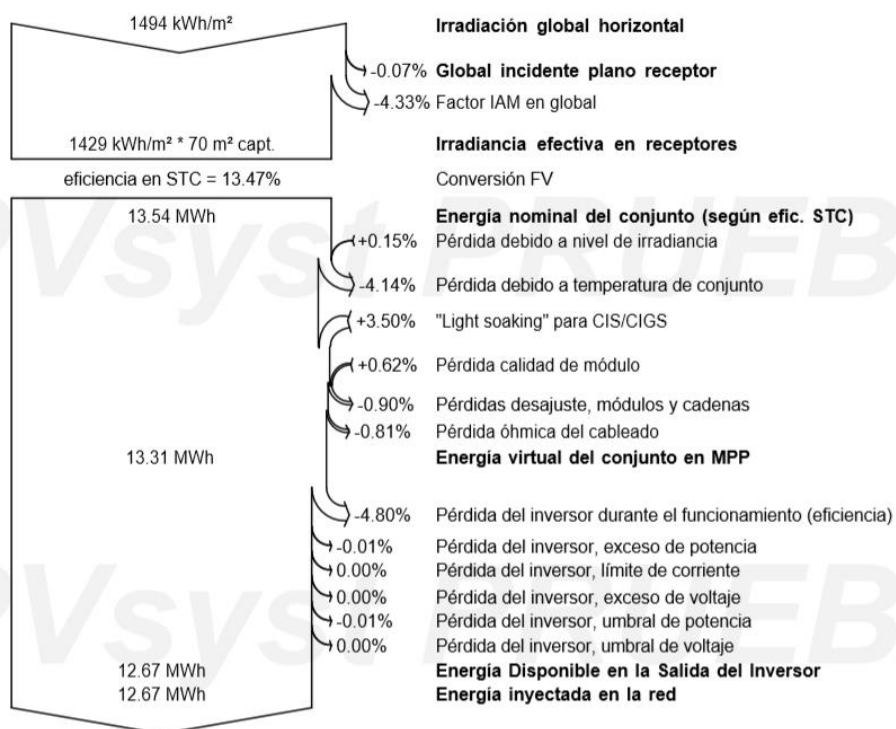


Gráfico 69. Pérdidas del caso 3 en Pamplona.

2. Resultados de Ninja.Renewables:

	SARAH		MERRA	
	[W/día]	[kWh]	[W/día]	[kWh]
Enero	710	528,2	612	455,3
Febrero	737	495,3	800	537,6
Marzo	1.362	1.013,3	1.217	905,5
Abril	2.095	1.508,4	1.934	1.392,5
Mayo	2.211	1.645,0	2.149	1.598,9
Junio	2.673	1.924,6	2.441	1.757,5
Julio	2.621	1.950,0	2.399	1.784,9
Agosto	2.232	1.660,6	2.064	1.535,6
Septiembre	1.830	1.317,6	1.645	1.184,4
Octubre	1.145	851,9	1.140	848,2
Noviembre	777	559,4	794	571,7
Diciembre	682	507,4	641	476,9
AÑO	1.590	13.961,7	1.486	13.048,9

Tabla 98. Resultados del Ninja.Renewables del caso 3 en Pamplona.

3. Resultados de PVGIS:

Base de datos solar	PVGIS-SARAH		PVGIS-CMSAF		PVGIS-ERA5		PVGIS-COSMO	
PV Instalado	10 kWp							
Pérdidas del sistema	6,43%							
	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²
Enero	460,0	49,3	443,4	47,3	473,8	51,1	421,6	45,0
Febrero	657,7	68,3	651,2	67,6	673,5	70,1	659,9	68,3
Marzo	1.096,9	113,6	1.087,0	112,6	1.108,3	114,9	1.059,8	109,9
Abril	1.371,7	143,4	1.371,7	143,4	1.376,3	143,5	1.317,7	137,9
Mayo	1.663,8	176,0	1.665,0	176,0	1.659,9	175,0	1.636,1	173,1
Junio	1.837,8	197,8	1.836,1	197,6	1.745,5	187,3	1.758,2	189,3
Julio	1.972,1	214,1	2.005,7	217,7	1.766,4	191,7	1.859,6	202,0
Agosto	1.749,3	189,6	1.768,4	192,3	1.604,5	174,1	1.623,7	176,2
Septiembre	1.297,8	139,8	1.297,7	139,8	1.212,7	131,0	1.205,9	130,1
Octubre	894,6	96,1	883,3	95,0	873,1	94,2	800,6	86,3
Noviembre	509,5	55,1	495,6	53,5	506,9	55,2	447,3	48,4
Diciembre	426,1	46,4	411,4	44,6	431,2	47,4	382,8	41,4
Irradiación anual (H) [kWh/m ²]	1.489,5		1.487,3		1.435,5		1.407,8	
Producción anual de PV (E) [kWh]	13.937,2		13.916,4		13.432,2		13.173,3	

Tabla 99. Resultados del PVGIS del caso 3 en Pamplona.

4. Recopilación de resultados anuales:

Base de datos	PVGIS	PVsyst	Ninja.Renewables
SARAH	13937 MWh		13,962 MWh
CMSAF	13,916 MWh		
ERA5	13,432 MWh		
COSMO	13,173 MWh		
Meteonorm		12,671 MWh	
MERRA			13,049 MWh

Tabla 100. Comparativa de resultados del caso 3 en Pamplona.

A.2.4. Caso 4

Diseño de una instalación fotovoltaica en Pamplona de 10 kWp, con módulos solares fijos, de CIS, con inclinación óptima y acimut 0°.

El módulo fotovoltaico empleado es el modelo CIGS-3150A1 del fabricante Hulk Energy Technology, cuya potencia nominal son 315 Wp/mod y su eficiencia del 13,47%.

El inversor empleado es el IG Plus 100 V-3 del fabricante Fronius International.

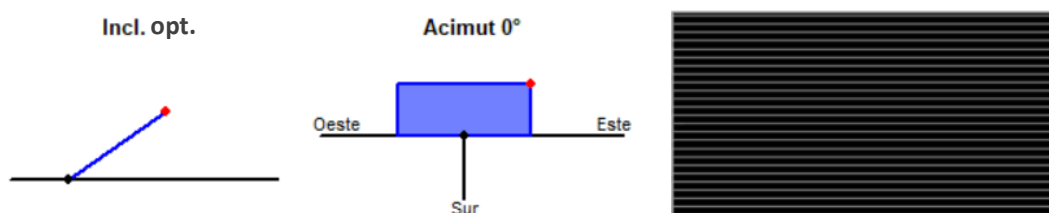


Ilustración 26. Tecnología empleada en el caso 4 en Pamplona.

1. Resultados de PVsyst con la base de datos Meteonorm:

	Irradiación Global	Irradiación Difusa	Irradiación Glob. efect.	Energía efect. en salida	Energía inyectada en la red	Índice rendim.
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	%
Ene	80,8	46,5	78,6	764	728	95,4
Feb	95,3	50,1	92,8	889	846	94,0
Mar	150,7	63,7	146,8	1.361	1.295	90,9
Abr	164,0	74,2	159,0	1.469	1.398	90,2
May	173,5	71,0	167,9	1.534	1.458	88,9
Jun	190,1	74,2	184,0	1.663	1.581	88,0
Jul	210,9	68,9	204,3	1.830	1.740	87,3
Ago	187,0	71,6	181,4	1.625	1.544	87,4
Sept	172,3	58,7	167,5	1.507	1.433	88,0
Oct	127,3	59,2	124,0	1.151	1.095	91,0
Nov	95,7	45,3	93,3	887	844	93,4
Dic	77,9	42,4	75,8	732	697	94,8
AÑO	1.725,5	725,8	1.675,5	15.411	14.660	89,9

Tabla 101. Resultados del PVsyst del caso 4 en Pamplona.

Las pérdidas durante todo el año son las mostradas en el gráfico 92. Las pérdidas del sistema son del 7,68%.

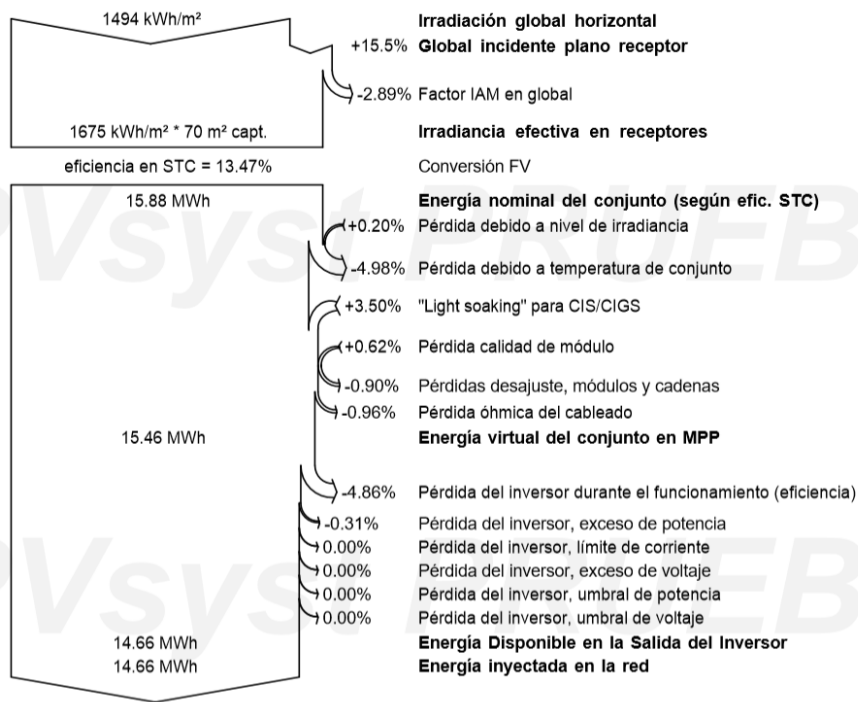


Gráfico 70. Pérdidas del caso 4 en Pamplona.

2. Resultados de Ninja.Renewables:

	SARAH		MERRA	
	[W/día]	[kWh]	[W/día]	[kWh]
Enero	1.126	837,7	976	726,1
Febrero	865	581,3	1.036	696,2
Marzo	1.584	1.178,5	1.440	1.071,4
Abril	2.185	1.573,2	2.076	1.494,7
Mayo	2.107	1.567,6	2.076	1.544,5
Junio	2.481	1.786,3	2.261	1.627,9
Julio	2.460	1.830,2	2.261	1.682,2
Agosto	2.266	1.685,9	2.118	1.575,8
Septiembre	2.070	1.490,4	1.895	1.364,4
Octubre	1.447	1.076,6	1.495	1.112,3
Noviembre	1.137	818,6	1.273	916,6
Diciembre	1.120	833,3	1.117	831,1
AÑO	1.737	15.259,7	1.669	14.643,1

Tabla 102. Resultados del Ninja.Renewables del caso 4 en Pamplona.

3. Resultados de PVGIS:

Base de datos solar	PVGIS-SARAH		PVGIS-CMSAF		PVGIS-ERA5		PVGIS-COSMO	
PV Instalado	10 kWp							
Pérdidas del sistema	7,68%							
Ángulo de inclinación	34°		34°		38°		34°	
	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²
Enero	785,5	81,1	721,6	74,5	913,5	94,2	673,9	69,6
Febrero	960,1	99,3	932,9	96,6	1.065,8	110,2	946,8	97,5
Marzo	1.354,0	142,9	1.335,0	140,9	1.425,3	150,8	1.305,8	137,6
Abril	1.451,0	155,9	1.449,7	155,6	1.465,8	157,7	1.404,1	150,7
Mayo	1.596,5	174,0	1.597,0	173,6	1.563,5	170,7	1.585,0	172,6
Junio	1.692,9	187,9	1.686,9	186,8	1.557,0	173,5	1.633,1	181,4
Julio	1.853,9	207,8	1.886,1	210,9	1.616,7	182,1	1.764,4	197,7
Agosto	1.798,6	200,9	1.826,5	204,3	1.636,2	183,8	1.687,4	188,4
Septiembre	1.530,1	168,7	1.536,4	169,2	1.459,3	161,7	1.427,8	157,1
Octubre	1.258,4	135,5	1.243,4	133,9	1.302,1	140,5	1.106,8	119,2
Noviembre	838,1	87,9	794,4	83,3	928,7	97,4	692,1	72,8
Diciembre	809,9	83,5	736,5	76,0	920,9	94,9	654,6	67,5
Irradiación anual (H) [kWh/m ²]	1.725,4		1.705,6		1.717,4		1.612,1	
Producción anual de PV (E) [kWh]	15.929,2		15.746,5		15.854,8		14.881,9	

Tabla 103. Resultados del PVGIS del caso 4 en Pamplona.

4. Recopilación de resultados anuales:

Base de datos	PVGIS	PVsyst	Ninja.Renewables
SARAH	15,929 MWh		15,260 MWh
CMSAF	15,747 MWh		
ERA5	15,855 MWh		
COSMO	14,882 MWh		
Meteonorm		14,660 MWh	
MERRA			14,643 MWh

Tabla 104. Comparativa de resultados del caso 4 en Pamplona.

A.2.5. Caso 5

Diseño de una instalación fotovoltaica en Pamplona de 10 kWp, con módulos solares con sistema de seguimiento, de silicio cristalino, con inclinación óptima constante.

El módulo fotovoltaico empleado es el modelo JAM6-72-315/SI del fabricante JA Solar, cuya potencia nominal son 315 Wp/mod y su eficiencia del 16,27%.

El inversor empleado es el IG Plus 120 V-3 del fabricante Fronius International.

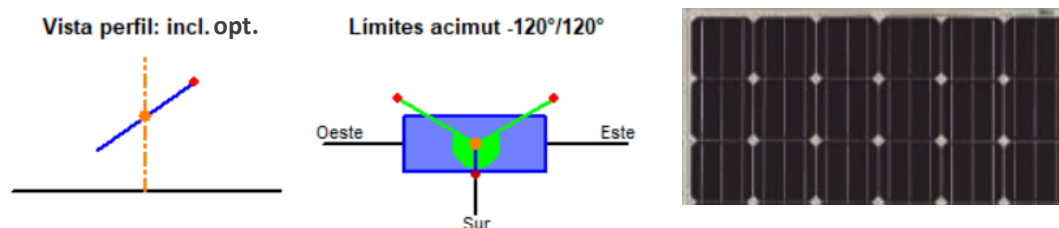


Ilustración 27. Tecnología empleada en el caso 5 en Pamplona.

1. Resultados de PVsyst con la base de datos Meteonorm:

	Irradiación Global	Irradiación Difusa	Irradiación Glob. efect.	Energía efect. en salida	Energía inyectada en la red	Índice rendim.
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	%
Ene	98,1	56,5	96,5	970	925	90,7
Feb	114,5	60,2	112,8	1.111	1.060	89,1
Mar	188,6	79,8	186,3	1.771	1.691	86,2
Abr	212,6	96,2	209,5	1.981	1.891	85,6
May	244,9	100,3	241,3	2.235	2.134	83,8
Jun	266,5	104,0	262,6	2.390	2.283	82,4
Jul	305,9	99,9	302,0	2.711	2.589	81,4
Ago	251,1	96,1	247,7	2.226	2.125	81,4
Sept	229,1	78,1	226,6	2.046	1.954	82,0
Oct	158,3	73,6	156,2	1.466	1.399	85,0
Nov	117,5	55,6	116,0	1.124	1.072	87,8
Dic	95,4	52,0	94,1	934	890	89,7
AÑO	2.282,5	952,1	2.251,6	20.965	20.013	84,3

Tabla 105. Resultados del PVsyst del caso 5 en Pamplona.

Las pérdidas durante todo el año son las mostradas en el gráfico 93. Las pérdidas del sistema son del 14,60%.

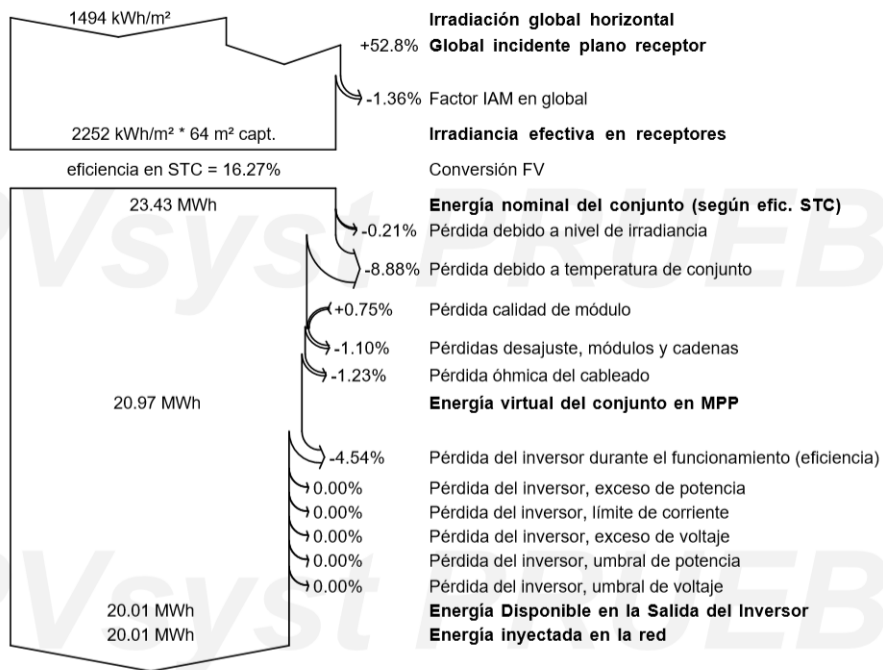


Gráfico 71. Pérdidas del caso 5 en Pamplona.

2. Resultados de Ninja.Renewables:

	SARAH		MERRA	
	[W/día]	[kWh]	[W/día]	[kWh]
Enero	1.302	968,7	1.100	818,4
Febrero	927	622,9	1.116	750,0
Marzo	1.713	1.274,5	1.542	1.147,2
Abril	2.423	1.744,6	2.318	1.669,0
Mayo	2.337	1.738,7	2.287	1.701,5
Junio	2.812	2.024,6	2.646	1.905,1
Julio	2.843	2.115,2	2.675	1.990,2
Agosto	2.581	1.920,3	2.482	1.846,6
Septiembre	2.315	1.666,8	2.127	1.531,4
Octubre	1.621	1.206,0	1.663	1.237,3
Noviembre	1.294	931,7	1.466	1.055,5
Diciembre	1.284	955,3	1.278	950,8
AÑO	1.954	17.169,3	1.892	16.603,1

Tabla 106. Resultados del Ninja.Renewables del caso 5 en Pamplona.

3. Resultados de PVGIS:

Base de datos solar	PVGIS-SARAH		PVGIS-CMSAF		PVGIS-ERA5		PVGIS-COSMO	
PV Instalado	10 kWp							
Pérdidas del sistema	14,60%							
Ángulo inclinación	54°		53°		56°		52°	
	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²
Enero	909,9	100,5	807,2	89,4	1.046,5	115,7	738,0	81,5
Febrero	1.107,2	122,7	1.062,1	117,7	1.237,1	137,0	1.046,9	115,1
Marzo	1.565,0	178,2	1.533,8	174,7	1.691,2	193,0	1.452,2	165,0
Abril	1.688,8	196,7	1.665,7	193,7	1.778,1	207,0	1.571,2	182,9
Mayo	1.914,4	224,5	1.901,0	222,4	1.986,0	233,1	1.845,9	216,3
Junio	2.076,3	250,1	2.087,5	251,0	1.997,7	241,1	1.954,2	235,4
Julio	2.313,2	281,4	2.393,4	290,4	2.080,1	254,2	2.132,8	259,6
Agosto	2.196,1	266,8	2.275,5	276,6	2.048,9	250,3	1.970,5	239,4
Septiembre	1.799,8	215,3	1.818,7	217,1	1.750,4	210,1	1.609,8	192,2
Octubre	1.466,7	170,1	1.454,1	168,4	1.512,1	176,3	1.233,5	142,8
Noviembre	972,0	108,8	912,6	102,0	1.070,7	120,1	760,4	85,3
Diciembre	951,7	104,9	848,9	93,4	1.055,7	116,7	722,3	79,6
Irradiación anual (H) [kWh/m ²]	2.220,2		2.196,8		2.254,6		1.995,08	
Producción anual de PV (E) [kWh]	18.961,1		18.760,5		19.254,5		17.037,7	

Tabla 107. Resultados del PVGIS del caso 5 en Pamplona.

4. Recopilación de resultados anuales:

Base de datos	PVGIS	PVsyst	Ninja.Renewables
SARAH	18,961 MWh		17,169 MWh
CMSAF	18,761 MWh		
ERA5	19,255 MWh		
COSMO	17,038 MWh		
Meteonorm		20,013 MWh	
MERRA			16,603 MWh

Tabla 108. Comparativa de resultados del caso 5 en Pamplona.

A.2.6. Caso 6

Diseño de una instalación fotovoltaica en Pamplona de 10 kWp, con módulos solares con sistema de seguimiento, de CIS, con inclinación óptima constante.

El módulo fotovoltaico empleado es el modelo CIGS-3150A1 del fabricante Hulk Energy Technology, cuya potencia nominal son 315 Wp/mod y su eficiencia del 13,47%.

El inversor empleado es el IG Plus 100 V-3 del fabricante Fronius International.

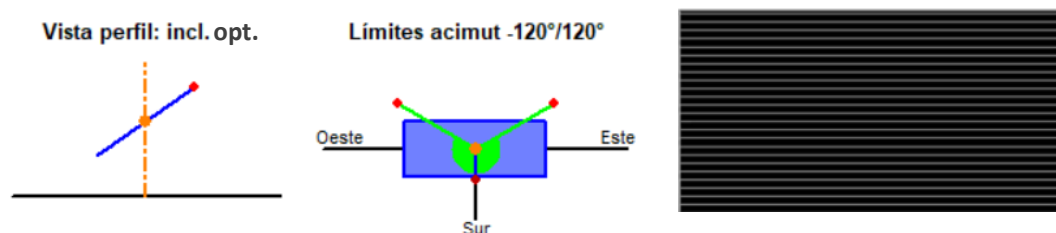


Ilustración 28. Tecnología empleada en el caso 6 en Pamplona.

1. Resultados de PVsyst con la base de datos Meteonorm:

	Irradiación Global	Irradiación Difusa	Irradiación Glob. efect.	Energía efect. en salida	Energía inyectada en la red	Índice rendim.
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	%
Ene	98,1	56,5	96,5	927	883	95,3
Feb	114,5	60,2	112,8	1.064	1.012	93,6
Mar	188,6	79,8	186,3	1.677	1.594	89,4
Abr	212,6	96,2	209,5	1.898	1.805	89,8
May	244,9	100,3	241,3	2.168	2.061	89,1
Jun	266,5	104,0	262,6	2.348	2.233	88,7
Jul	305,9	99,9	302,0	2.675	2.542	87,9
Ago	251,1	96,1	247,7	2.194	2.085	87,9
Sept	229,1	78,1	226,6	2.001	1.901	87,8
Oct	158,3	73,6	156,2	1.422	1.353	90,4
Nov	117,5	55,6	116,0	1.081	1.028	92,6
Dic	95,4	52,0	94,1	894	851	94,3
AÑO	2.282,5	952,1	2.251,6	20.349	19.348	89,7

Tabla 109. Resultados del PVsyst del caso 6 en Pamplona.

Las pérdidas durante todo el año son las mostradas en el gráfico 94. Las pérdidas del sistema son del 9,37%.

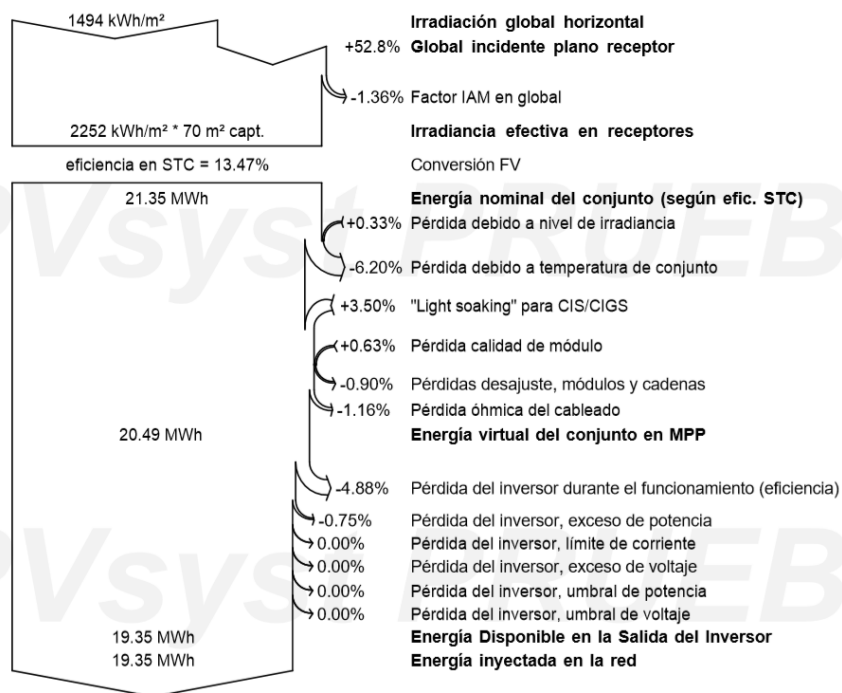


Gráfico 72. Pérdidas del caso 6 en Pamplona.

2. Resultados de Ninja.Renewables:

	SARAH		MERRA	
	[W/día]	[kWh]	[W/día]	[kWh]
Enero	1.382	1.028,2	1.167	868,2
Febrero	984	661,2	1.185	796,3
Marzo	1.818	1.352,6	1.637	1.217,9
Abril	2.572	1.851,8	2.460	1.771,2
Mayo	2.480	1.845,1	2.427	1.805,7
Junio	2.984	2.148,5	2.808	2.021,8
Julio	3.017	2.244,6	2.839	2.112,2
Agosto	2.739	2.037,8	2.634	1.959,7
Septiembre	2.457	1.769,0	2.258	1.625,8
Octubre	1.720	1.279,7	1.765	1.313,2
Noviembre	1.374	989,3	1.555	1.119,6
Diciembre	1.362	1.013,3	1.356	1.008,9
AÑO	2.074	18.221,3	2.008	17.620,4

Tabla 110. Resultados del Ninja.Renewables del caso 6 en Pamplona.

3. Resultados de PVGIS:

Base de datos solar	PVGIS-SARAH		PVGIS-CMSAF		PVGIS-ERA5		PVGIS-COSMO	
PV Instalado	10 kWp							
Pérdidas del sistema	9,37%							
Ángulo inclinación	54°		53°		56°		52°	
	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²
Enero	949,9	100,5	844,7	89,4	1.090,1	115,7	771,2	81,5
Febrero	1.156,7	122,7	1.109,7	117,8	1.290,7	137,0	1.091,4	115,1
Marzo	1.651,0	178,3	1.617,8	174,7	1.784,5	193,0	1.531,0	165,0
Abril	1.797,5	196,7	1.771,2	193,7	1.893,3	207,0	1.671,4	182,9
Mayo	2.032,4	224,5	2.016,4	222,4	2.110,2	233,1	1.957,9	216,3
Junio	2.228,4	250,0	2.237,7	251,0	2.147,3	241,1	2.096,5	235,4
Julio	2.486,2	281,4	2.570,3	290,3	2.240,2	254,2	2.291,5	259,6
Agosto	2.356,4	266,8	2.441,3	276,6	2.203,7	250,3	2.114,0	239,4
Septiembre	1.915,0	215,3	1.933,6	217,1	1.865,6	210,1	1.712,1	192,2
Octubre	1.543,4	170,1	1.529,9	168,4	1.593,7	176,3	1.297,6	142,8
Noviembre	1.012,1	108,9	950,5	102,0	1.114,6	120,1	792,4	85,3
Diciembre	993,1	105,0	886,1	93,4	1.099,1	116,7	754,1	79,6
Irradiación anual (H) [kWh/m ²]	2.220,2		2.196,8		2.254,6		1.995,1	
Producción anual de PV (E) [kWh]	20.122,1		19.909,2		20.433,0		18.081,1	

Tabla 111. Resultados del PVGIS del caso 6 en Pamplona.

4. Recopilación de resultados anuales:

Base de datos	PVGIS	PVsyst	Ninja.Renewables
SARAH	20,122 MWh		18,221 MWh
CMSAF	19,909 MWh		
ERA5	20,433 MWh		
COSMO	18,081 MWh		
Meteonorm		19,348 MWh	
MERRA			17,620 MWh

Tabla 112. Comparativa de resultados del caso 6 en Pamplona.

A.2.7. Caso 7

Diseño de una instalación fotovoltaica en Pamplona de 10 kWp, con módulos solares con sistema de seguimiento biaxial, de silicio cristalino.

El módulo fotovoltaico empleado es el modelo JAM6-72-315/SI del fabricante JA Solar, cuya potencia nominal son 315 Wp/mod y su eficiencia del 16,27%.

El inversor empleado es el IG Plus 120 V-3 del fabricante Fronius International.

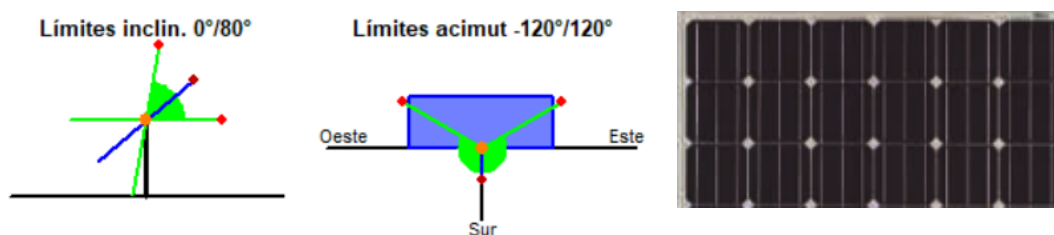


Ilustración 29. Tecnología empleada en el caso 7 en Pamplona.

1. Resultados de PVsyst con la base de datos Meteonorm:

	Irradiación Global	Irradiación Difusa	Irradiación Glob. efect.	Energía efect. en salida	Energía inyectada en la red	Índice rendim.
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	%
Ene	100,5	57,8	99,1	992	946	90,6
Feb	116,1	61,0	114,5	1.126	1.074	89,0
Mar	192,1	81,2	189,8	1.801	1.719	86,1
Abr	218,7	98,9	215,7	2.032	1.940	85,3
May	256,8	105,1	253,5	2.333	2.227	83,4
Jun	280,7	109,5	277,1	2.501	2.389	81,9
Jul	320,7	104,8	317,3	2.826	2.699	80,9
Ago	259,5	99,3	256,4	2.292	2.189	81,1
Sept	234,6	79,9	232,2	2.092	1.997	81,9
Oct	161,1	74,9	159,1	1.490	1.422	84,9
Nov	120,4	57,0	119,0	1.149	1.096	87,6
Dic	98,6	53,7	97,4	961	916	89,4
AÑO	2.359,8	983,3	2.331,0	21.595	20.614	84,0

Tabla 113. Resultados del PVsyst del caso 7 en Pamplona.

Las pérdidas durante todo el año son las mostradas en el gráfico 95. Las pérdidas del sistema son del 15,01%.

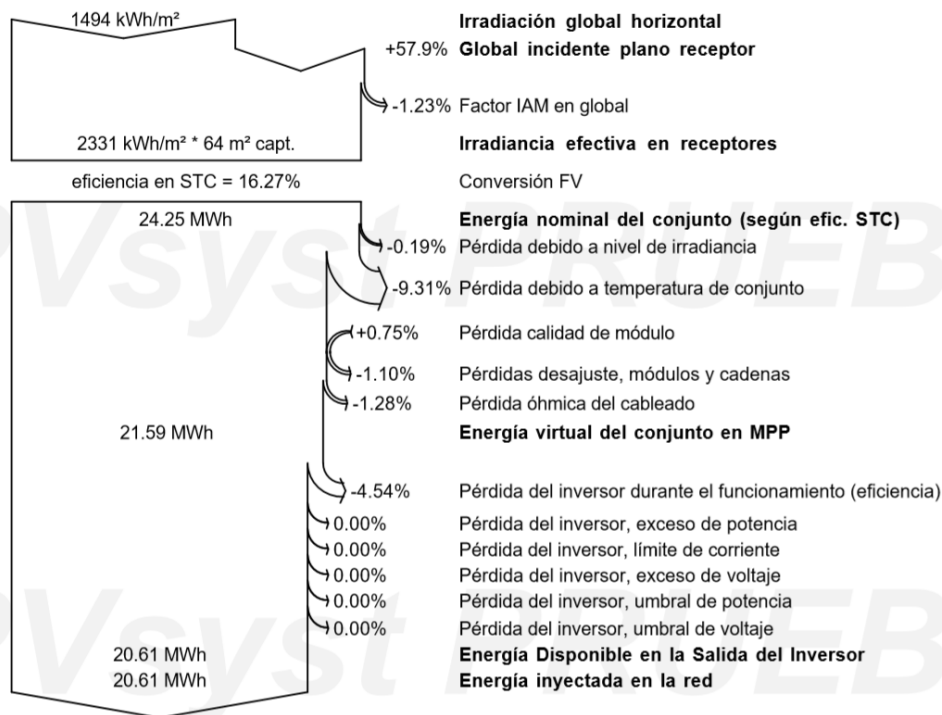


Gráfico 73. Pérdidas del caso 7 en Pamplona.

2. Resultados de Ninja.Renewables:

	SARAH		MERRA	
	[W/día]	[kWh]	[W/día]	[kWh]
Enero	1.290	959,8	1.092	812,5
Febrero	898	603,5	1.098	737,9
Marzo	1.747	1.299,8	1.574	1.171,1
Abril	2.528	1.820,2	2.382	1.715,0
Mayo	2.508	1.865,9	2.455	1.826,5
Junio	3.069	2.209,7	2.895	2.084,4
Julio	3.076	2.288,5	2.896	2.154,6
Agosto	2.702	2.010,3	2.583	1.921,8
Septiembre	2.363	1.701,4	2.158	1.553,8
Octubre	1.610	1.197,8	1.657	1.232,8
Noviembre	1.273	916,6	1.465	1.054,8
Diciembre	1.274	947,9	1.283	954,6
AÑO	2.028	17.821,3	1.962	17.219,6

Tabla 114. Resultados del Ninja.Renewables del caso 7 en Pamplona.

3. Resultados de PVGIS:

Base de datos solar	PVGIS-SARAH		PVGIS-CMSAF		PVGIS-ERA5		PVGIS-COSMO	
PV Instalado	10 kWp							
Pérdidas del sistema	15,01%							
	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²
Enero	934,1	103,5	822,1	91,3	1.073,8	119,1	750,9	83,2
Febrero	1.124,2	125,1	1.077,9	119,9	1.257,4	139,7	1.057,8	116,8
Marzo	1.585,6	181,1	1.556,1	177,8	1.717,0	196,6	1.463,7	166,9
Abril	1.727,3	202,0	1.704,1	199,0	1.823,1	213,1	1.594,0	186,4
Mayo	1.984,9	234,1	1.973,0	232,1	2.068,3	244,1	1.898,4	223,6
Junio	2.168,3	262,8	2.182,3	264,2	2.094,9	254,5	2.023,3	245,4
Julio	2.405,0	294,5	2.490,1	304,0	2.173,1	267,2	2.199,1	269,3
Agosto	2.254,0	275,2	2.342,2	286,2	2.111,1	259,2	2.008,4	245,2
Septiembre	1.826,8	219,3	1.848,7	221,4	1.779,9	214,5	1.624,2	194,6
Octubre	1.488,4	173,2	1.480,1	171,9	1.533,1	179,3	1.245,7	144,7
Noviembre	993,8	111,7	932,0	104,5	1.095,1	123,2	771,1	86,8
Diciembre	986,4	109,3	876,3	96,7	1.089,2	121,0	740,6	81,8
Irradiación anual (H) [kWh/m ²]	2.291,8		2.269,0		2.331,5		2.044,7	
Producción anual de PV (E) [kWh]	19.478,8		19.284,8		19.815,9		17.377,3	

Tabla 115. Resultados del PVGIS del caso 7 en Pamplona.

4. Recopilación de resultados anuales:

Base de datos	PVGIS	PVsyst	Ninja.Renewables
SARAH	19,479 MWh		17,821 MWh
CMSAF	19,285 MWh		
ERA5	19,816 MWh		
COSMO	17,377 MWh		
Meteonorm		20,614 MWh	
MERRA			17,220 MWh

Tabla 116. Comparativa de resultados del caso 7 en Pamplona.

A.2.8. Caso 8

Diseño de una instalación fotovoltaica en Pamplona de 10 kWp, con módulos solares con sistema de seguimiento biaxial, de CIS.

El módulo fotovoltaico empleado es el modelo CIGS-3150A1 del fabricante Hulk Energy Technology, cuya potencia nominal son 315 Wp/mod y su eficiencia del 13,47%.

El inversor empleado es el IG Plus 100 V-3 del fabricante Fronius International.

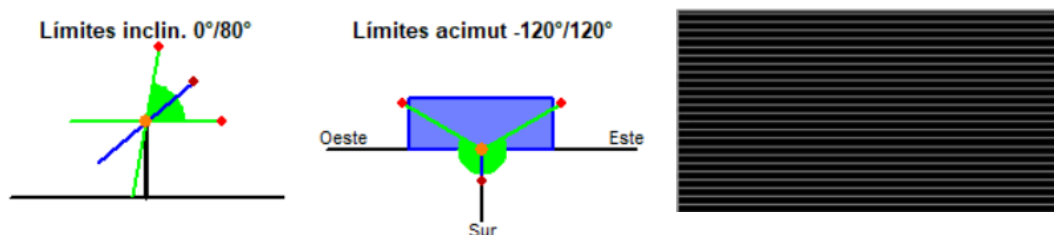


Ilustración 30. Tecnología empleada en el caso 8 en Pamplona.

1. Resultados de PVsyst con la base de datos Meteonorm:

	Irradiación Global	Irradiación Difusa	Irradiación Glob. efect.	Energía efect. en salida	Energía inyectada en la red	Índice rendim.
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	%
Ene	100,5	57,8	99,1	948	903	95,1
Feb	116,1	61,0	114,5	1.078	1.026	93,4
Mar	192,1	81,2	189,8	1.704	1.620	89,3
Abr	218,7	98,9	215,7	1.942	1.847	89,3
May	256,8	105,1	253,5	2.253	2.142	88,3
Jun	280,7	109,5	277,1	2.447	2.326	87,7
Jul	320,7	104,8	317,3	2.783	2.644	87,2
Ago	259,5	99,3	256,4	2.253	2.141	87,3
Sept	234,6	79,9	232,2	2.043	1.941	87,5
Oct	161,1	74,9	159,1	1.445	1.374	90,3
Nov	120,4	57,0	119,0	1.103	1.049	92,2
Dic	98,6	53,7	97,4	919	874	93,8
AÑO	2.359,8	983,3	2.331,0	20.919	19.887	89,2

Tabla 117. Resultados del PVsyst del caso 8 en Pamplona.

Las pérdidas durante todo el año son las mostradas en el gráfico 96. Las pérdidas del sistema son del 10,00%.

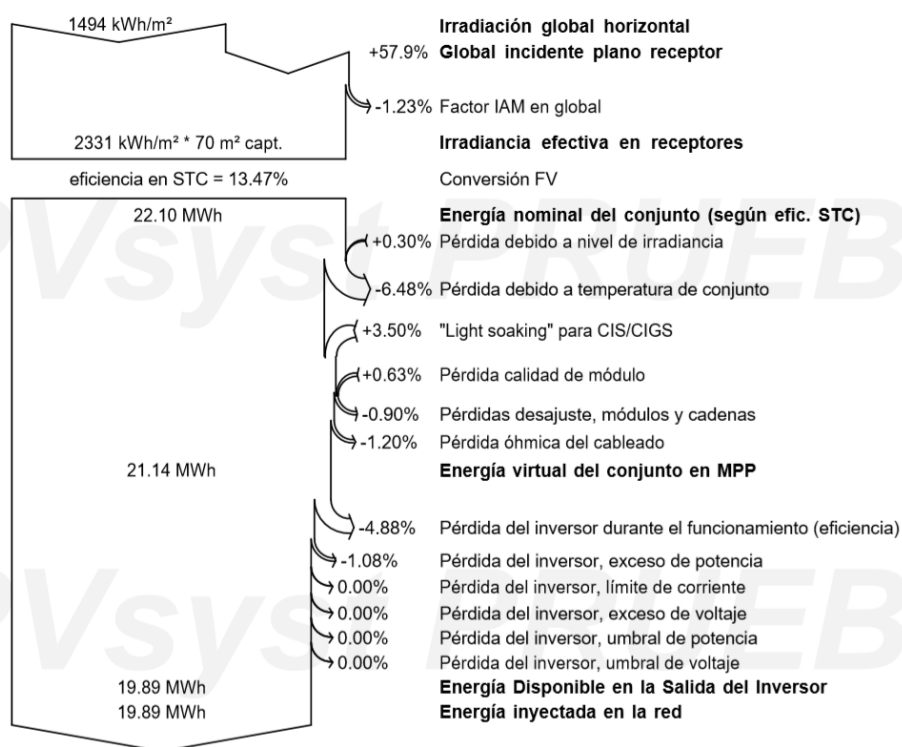


Gráfico 74. Pérdidas del caso 8 en Pamplona.

2. Resultados de Ninja.Renewables:

	SARAH		MERRA	
	[W/día]	[kWh]	[W/día]	[kWh]
Enero	1.366	1.016,3	1.156	860,1
Febrero	951	639,1	1.163	781,5
Marzo	1.850	1.376,4	1.666	1.239,5
Abril	2.677	1.927,4	2.522	1.815,8
Mayo	2.656	1.976,1	2.600	1.934,4
Junio	3.250	2.340,0	3.066	2.207,5
Julio	3.258	2.423,9	3.067	2.281,9
Agosto	2.861	2.128,6	2.736	2.035,6
Septiembre	2.502	1.801,4	2.286	1.645,9
Octubre	1.705	1.268,5	1.754	1.305,0
Noviembre	1.348	970,6	1.551	1.116,7
Diciembre	1.349	1.003,7	1.358	1.010,4
AÑO	2.148	18.872,0	2.077	18.234,3

Tabla 118. Resultados del Ninja.Renewables del caso 8 en Pamplona.

3. Resultados de PVGIS:

Base de datos solar	PVGIS-SARAH		PVGIS-CMSAF		PVGIS-ERA5		PVGIS-COSMO	
PV Instalado	10 kWp							
Pérdidas del sistema	10,00%							
	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²
Enero	973,0	103,5	858,2	91,3	1.116,1	119,1	782,7	83,2
Febrero	1.171,9	125,1	1.123,6	119,9	1.308,9	139,7	1.100,5	116,8
Marzo	1.669,2	181,1	1.637,9	177,8	1.807,8	196,6	1.539,8	166,9
Abril	1.834,4	202,0	1.807,9	199,0	1.936,6	213,1	1.692,0	186,4
Mayo	2.102,3	234,1	2.087,7	232,1	2.192,6	244,1	2.008,9	223,6
Junio	2.321,5	262,8	2.333,2	264,2	2.246,5	254,5	2.165,7	245,4
Julio	2.578,5	294,5	2.667,5	304,0	2.334,8	267,2	2.357,4	269,3
Agosto	2.413,2	275,2	2.507,4	286,2	2.265,4	259,2	2.150,0	245,2
Septiembre	1.939,9	219,3	1.961,7	221,4	1.893,3	214,5	1.724,0	194,6
Octubre	1.563,4	173,2	1.554,3	171,9	1.612,7	179,3	1.307,8	144,7
Noviembre	1.032,7	111,7	968,7	104,5	1.137,5	123,2	801,7	86,8
Diciembre	1.026,8	109,3	912,5	96,7	1.131,7	121,0	771,2	81,8
Irradiación anual (H) [kWh/m ²]	2.291,8		2.269,0		2.331,5		2.044,7	
Producción anual de PV (E) [kWh]	20.627,0		20.420,6		20.983,9		18.401,8	

Tabla 119. Resultados del PVGIS del caso 8 en Pamplona.

4. Recopilación de resultados anuales:

Base de datos	PVGIS	PVsyst	Ninja.Renewables
SARAH	20,627 MWh		18,872 MWh
CMSAF	20,420 MWh		
ERA5	20,984 MWh		
COSMO	18,402 MWh		
Meteonorm		19,887 MWh	
MERRA			18,234 MWh

Tabla 120. Comparativa de resultados del caso 8 en Pamplona.

A.3. Huesca

A.3.1. Caso 1

Diseño de una instalación fotovoltaica en Huesca de 10 kWp, con módulos solares fijos, de silicio cristalino, con inclinación 0° y azimut 0°.

El módulo fotovoltaico empleado es el modelo JAM6-72-315/SI del fabricante JA Solar, cuya potencia nominal son 315 Wp/mod y su eficiencia del 16,27%.

El inversor empleado es el IG Plus 120 V-3 del fabricante Fronius International.

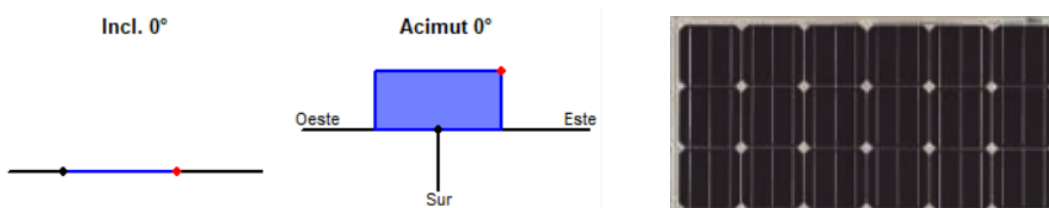


Ilustración 31. Tecnología empleada en el caso 1 en Huesca.

1. Resultados de PVsyst con la base de datos Meteonorm:

	Irradiación Global	Irradiación Difusa	Irradiación Glob. efect.	Energía efect. en salida	Energía inyectada en la red	Índice rendim.
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	%
Ene	61,2	24,9	56,7	585	556	87,3
Feb	83,0	29,6	78,1	794	757	87,7
Mar	136,8	45,3	130,5	1.286	1.228	86,3
Abr	176,3	58,3	169,7	1.637	1.563	85,3
May	212,8	66,2	205,6	1.919	1.832	82,8
Jun	230,3	68,2	223,1	2.031	1.940	81,0
Jul	247,8	51,5	240,3	2.154	2.057	79,9
Ago	209,1	56,0	202,0	1.838	1.755	80,7
Sept	157,2	40,5	150,6	1.414	1.351	82,7
Oct	105,3	40,3	99,7	973	928	84,7
Nov	72,3	22,8	67,1	678	646	85,9
Dic	56,0	22,0	51,4	531	504	86,6
AÑO	1.748,1	525,5	1.674,7	15.842	15.115	83,2

Tabla 121. Resultados del PVsyst del caso 1 en Huesca.

Las pérdidas durante todo el año son las mostradas en el gráfico 97. Las pérdidas del sistema son del 13,20%.

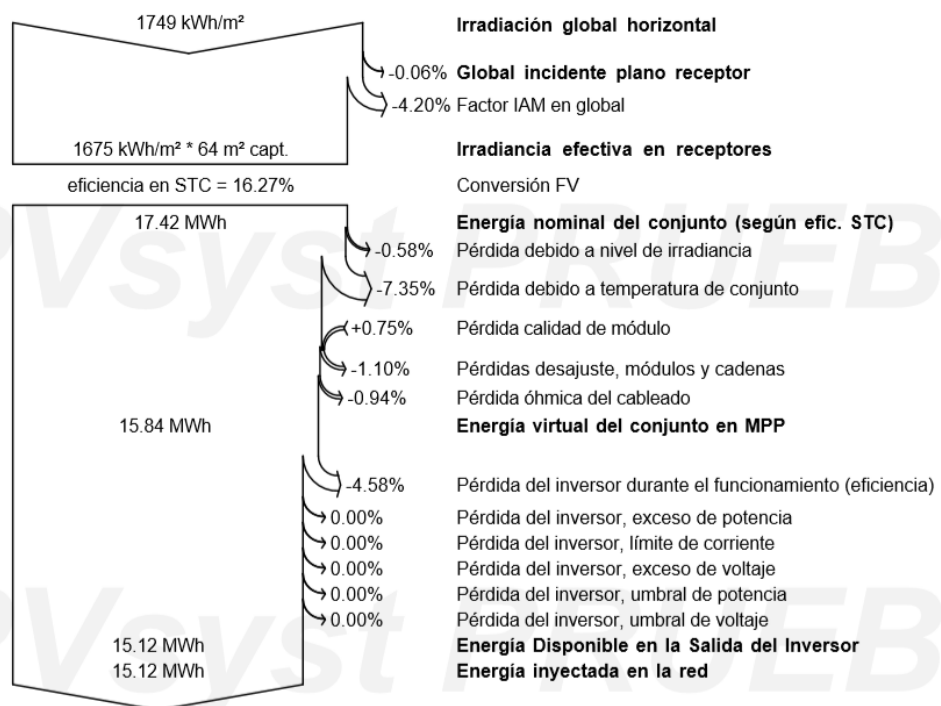


Gráfico 75. Pérdidas del caso 1 en Huesca.

2. Resultados de Ninja.Renewables:

	SARAH		MERRA	
	[W/día]	[kWh]	[W/día]	[kWh]
Enero	886	659,0	770	572,9
Febrero	1.350	907,2	1.063	714,3
Marzo	1.603	1.192,6	1.385	1.030,4
Abril	2.227	1.603,4	1.904	1.370,9
Mayo	2.487	1.850,3	2.220	1.651,7
Junio	2.591	1.865,5	2.233	1.607,8
Julio	2.522	1.876,4	2.250	1.674,0
Agosto	2.252	1.675,5	1.975	1.469,4
Septiembre	1.832	1.319,0	1.598	1.150,6
Octubre	1.305	970,9	1.113	828,1
Noviembre	762	548,6	864	622,1
Diciembre	742	552,0	640	476,2
AÑO	1.713	15.020,6	1.501	13.168,2

Tabla 122. Resultados del Ninja.Renewables del caso 1 en Huesca.

3. Resultados de PVGIS:

Base de datos solar	PVGIS-SARAH		PVGIS-CMSAF		PVGIS-ERA5		PVGIS-COSMO	
PV Instalado	10 kWp							
Pérdidas del sistema	13,20%							
	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²
Enero	549,1	62,3	518,5	58,7	582,7	66,1	472,2	53,5
Febrero	822,9	90,3	782,9	86,1	801,6	88,5	715,2	78,6
Marzo	1.257,7	138,4	1.240,7	136,6	1.267,8	139,9	1.164,7	128,4
Abril	1.519,6	170,5	1.469,1	165,1	1.524,8	170,8	1.396,9	156,7
Mayo	1.820,3	208,6	1.799,7	206,0	1.838,7	210,5	1.690,7	193,9
Junio	1.909,0	224,8	1.891,5	222,3	1.888,6	221,7	1.743,7	205,0
Julio	2.009,8	239,5	1.986,5	236,3	1.951,0	232,2	1.812,7	215,9
Agosto	1.797,9	212,8	1.755,7	208,4	1.721,3	203,7	1.570,4	185,7
Septiembre	1.352,7	156,9	1.319,7	153,1	1.298,4	150,7	1.168,5	135,6
Octubre	188,8	109,7	940,8	107,3	925,6	106,0	805,1	92,1
Noviembre	593,3	67,5	577,6	65,6	595,6	68,2	501,3	57,2
Diciembre	491,4	56,7	447,0	51,7	503,9	58,3	411,4	47,4
Irradiación anual (H) [kWh/m ²]	1.738,0		1.697,0		1.716,7		1.550,0	
Producción anual de PV (E) [kWh]	14.312,5		14.729,5		14.900,0		13.452,8	

Tabla 123. Resultados del PVGIS del caso 1 en Huesca.

4. Recopilación de resultados anuales:

Base de datos	PVGIS	PVsyst	Ninja.Renewables
SARAH	14,313 MWh		15,021 MWh
CMSAF	14,730 MWh		
ERA5	14,900 MWh		
COSMO	13,453 MWh		
Meteonorm		15,115 MWh	
MERRA			13,168 MWh

Tabla 124. Comparativa de resultados del caso 1 en Huesca.

A.3.2. Caso 2

Diseño de una instalación fotovoltaica en Huesca de 10 kWp, con módulos solares fijos, de silicio cristalino, con inclinación óptima y azimut 0°.

El módulo fotovoltaico empleado es el modelo JAM6-72-315/SI del fabricante JA Solar, cuya potencia nominal son 315 Wp/mod y su eficiencia del 16,27%.

El inversor empleado es el IG Plus 120 V-3 del fabricante Fronius International.

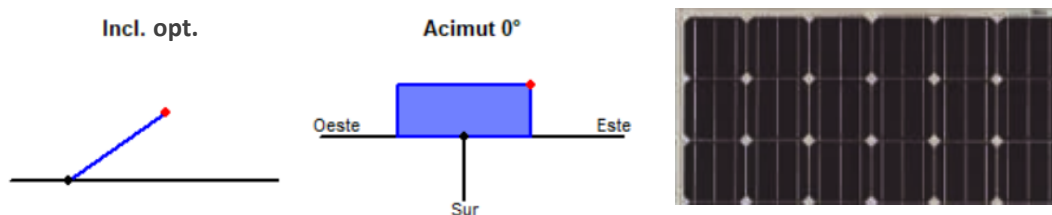


Ilustración 32. Tecnología empleada en el caso 2 en Huesca.

1. Resultados de PVsyst con la base de datos Meteonorm:

	Irradiación Global	Irradiación Difusa	Irradiación Glob. efect.	Energía efect. en salida	Energía inyectada en la red	Índice rendim.
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	%
Ene	111,9	45,6	109,4	1.093	1.043	89,6
Feb	133,4	47,6	130,5	1.280	1.222	88,1
Mar	182,3	60,3	177,8	1.696	1.618	85,4
Abr	195,4	64,6	189,9	1.790	1.708	84,1
May	206,7	64,3	200,4	1.851	1.765	82,1
Jun	212,0	62,8	205,2	1.858	1.773	80,5
Jul	232,9	48,4	225,8	2.005	1.913	79,0
Ago	223,3	59,8	217,0	1.932	1.843	79,4
Sept	195,6	50,4	190,7	1.730	1.651	81,2
Oct	154,3	59,0	150,7	1.419	1.354	84,4
Nov	131,0	41,3	128,2	1.241	1.185	87,0
Dic	110,5	43,5	108,0	1.079	1.030	89,7
AÑO	2.089,3	647,4	2.033,6	18.972	18.104	83,4

Tabla 125. Resultados del PVsyst del caso 2 en Huesca.

Las pérdidas durante todo el año son las mostradas en el gráfico 98. Las pérdidas del sistema son del 14,46%.

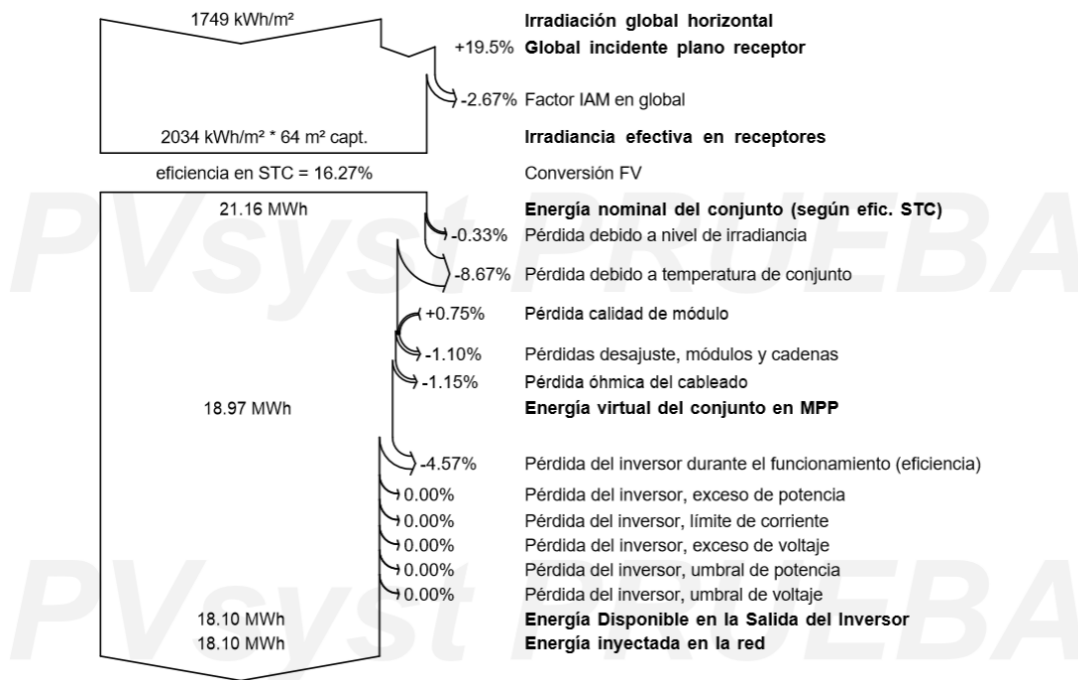


Gráfico 76. Pérdidas del caso 2 en Huesca.

2. Resultados de Ninja.Renewables:

	SARAH		MERRA	
	[W/día]	[kWh]	[W/día]	[kWh]
Enero	1.490	1.108,6	1.362	1.013,3
Febrero	1.983	1.332,6	1.531	1.028,8
Marzo	1.932	1.437,4	1.705	1.268,5
Abril	2.347	1.689,8	2.035	1.465,2
Mayo	2.342	1.742,4	2.097	1.560,2
Junio	2.353	1.694,2	2.008	1.445,8
Julio	2.327	1.731,3	2.061	1.533,4
Agosto	2.275	1.692,6	2.004	1.491,0
Septiembre	2.068	1.489,0	1.849	1.331,3
Octubre	1.736	1.291,6	1.496	1.113,0
Noviembre	1.181	850,3	1.486	1.069,9
Diciembre	1.330	989,5	1.139	847,4
AÑO	1.947	17.049,3	1.731	15.167,8

Tabla 126. Resultados del Ninja.Renewables del caso 2 en Huesca.

3. Resultados de PVGIS:

Base de datos solar	PVGIS-SARAH		PVGIS-CMSAF		PVGIS-ERA5		PVGIS-COSMO	
PV Instalado	10 kWp							
Pérdidas del sistema	14,46%							
Ángulo inclinación	38°		37°		39°		36°	
	E kWh	H kWh/m2	E kWh	H kWh/m2	E kWh	H kWh/m2	E kWh	H kWh/m2
Enero	1.058,6	114,9	942,6	102,5	1.196,3	129,8	809,6	88,0
Febrero	1.326,3	145,6	1.223,4	134,6	1.328,4	146,3	1.072,2	117,3
Marzo	1.602,9	181,2	1.580,7	178,7	1.657,8	188,1	1.467,4	165,5
Abril	1.607,7	187,0	1.559,1	181,3	1.619,7	188,7	1.488,0	172,5
Mayo	1.704,0	203,0	1.693,8	201,1	1.700,8	203,1	1.611,6	191,6
Junio	1.692,3	207,3	1.684,5	205,5	1.641,2	201,4	1.579,4	192,8
Julio	1.822,6	226,0	1.815,0	224,2	1.743,2	216,9	1.683,0	208,2
Agosto	1.822,8	224,3	1.790,3	220,5	1.735,0	214,2	1.608,8	197,0
Septiembre	1.608,5	193,1	1.573,8	188,4	1.561,8	187,8	1.375,4	164,3
Octubre	1.390,2	160,8	1.354,3	156,6	1.386,5	160,8	1.113,5	128,5
Noviembre	1.067,4	118,2	1.020,2	112,4	1.144,9	126,7	821,4	90,9
Diciembre	1.035,0	112,3	885,3	96,1	1.133,5	122,7	753,2	81,8
Irradiación anual (H) [kWh/m ²]	2.073,7		2.001,8		2.086,6		1.798,3	
Producción anual de PV (E) [kWh]	17.738,2		17.123,1		17.849,2		15.383,3	

Tabla 127. Resultados del PVGIS del caso 2 en Huesca.

4. Recopilación de resultados anuales:

Base de datos	PVGIS	PVsyst	Ninja.Renewables
SARAH	17,738 MWh		17,049 MWh
CMSAF	17,123 MWh		
ERA5	17,849 MWh		
COSMO	15,383 MWh		
Meteonorm		18,104 MWh	
MERRA			15,168 MWh

Tabla 128. Comparativa de resultados del caso 2 en Huesca.

A.3.3. Caso 3

Diseño de una instalación fotovoltaica en Huesca de 10 kWp, con módulos solares fijos, de CIS, con inclinación 0° y azimut 0°.

El módulo fotovoltaico empleado es el modelo CIGS-3150A1 del fabricante Hulk Energy Technology, cuya potencia nominal son 315 Wp/mod y su eficiencia del 13,47%.

El inversor empleado es el IG Plus 100 V-3 del fabricante Fronius International.

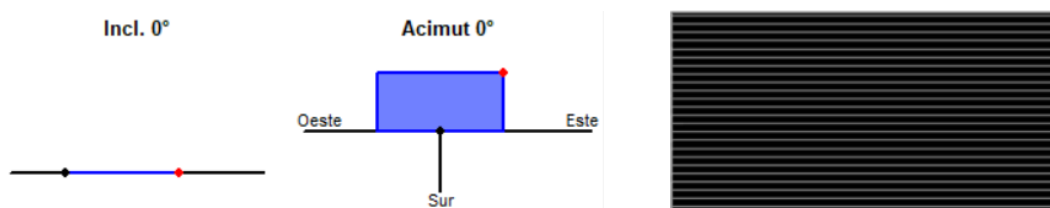


Ilustración 33. Tecnología empleada en el caso 3 en Huesca.

1. Resultados de PVsyst con la base de datos Meteonorm:

	Irradiación Global	Irradiación Difusa	Irradiación Glob. efect.	Energía efect. en salida	Energía inyectada en la red	Índice rendim.
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	%
Ene	61,2	24,9	56,7	558	532	91,9
Feb	83,0	29,6	78,1	760	724	92,4
Mar	136,8	45,3	130,5	1.239	1.181	91,4
Abr	176,3	58,3	169,7	1.585	1.510	90,6
May	212,8	66,2	205,6	1.875	1.784	88,7
Jun	230,3	68,2	223,1	2.003	1.906	87,6
Jul	247,8	51,5	240,3	2.135	2.030	86,7
Ago	209,1	56,0	202,0	1.814	1.726	87,4
Sept	157,2	40,5	150,6	1.382	1.317	88,7
Oct	105,3	40,3	99,7	941	897	90,1
Nov	72,3	22,8	67,1	650	619	90,7
Dic	56,0	22,0	51,4	507	482	91,1
AÑO	1.748,1	525,5	1.674,7	15.451	15.710	89,0

Tabla 129. Resultados del PVsyst del caso 3 en Huesca.

Las pérdidas durante todo el año son las mostradas en el gráfico 99. Las pérdidas del sistema son del 7,37%.

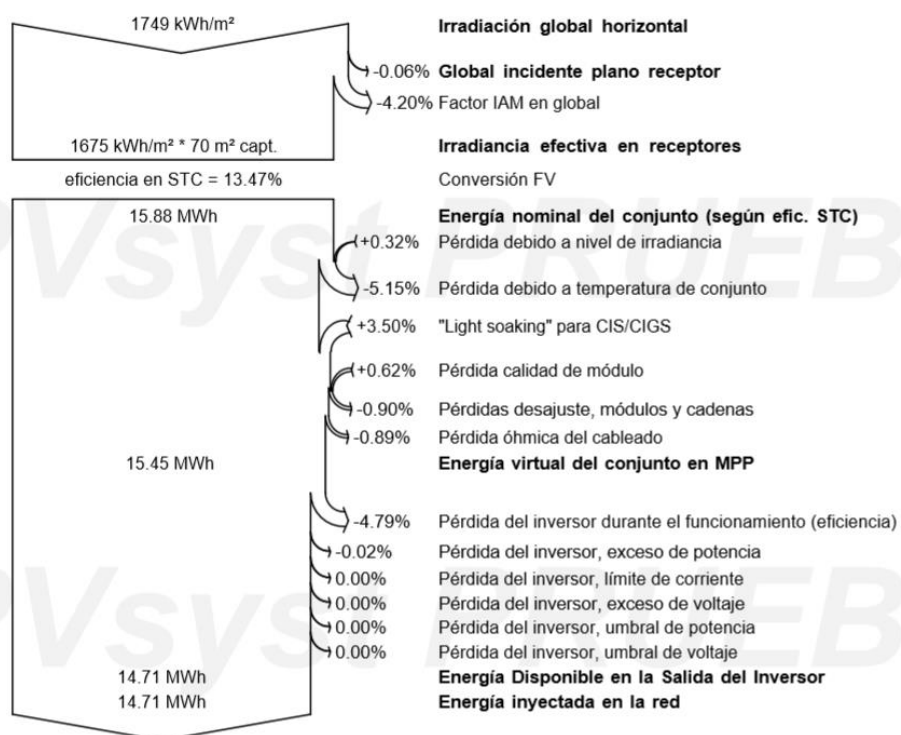


Gráfico 77. Pérdidas del caso 3 en Huesca.

2. Resultados de Ninja.Renewables:

	SARAH		MERRA	
	[W/día]	[kWh]	[W/día]	[kWh]
Enero	915	680,8	822	611,6
Febrero	1.441	968,4	1.134	762,0
Marzo	1.711	1.273,0	1.478	1.099,6
Abril	2.377	1.711,4	2.032	1.463,0
Mayo	2.654	1.974,6	2.369	1.762,5
Junio	2.765	1.990,8	2.383	1.715,8
Julio	2.691	2.002,1	2.401	1.786,3
Agosto	2.403	1.787,8	2.108	1.568,4
Septiembre	1.955	1.407,6	1.706	1.228,3
Octubre	1.393	1.036,4	1.188	883,9
Noviembre	813	585,4	922	663,8
Diciembre	792	589,2	683	508,2
AÑO	1.826	16.007,4	1.602	14.053,5

Tabla 130. Resultados del Ninja.Renewables del caso 3 en Huesca.

3. Resultados de PVGIS:

Base de datos solar	PVGIS-SARAH		PVGIS-CMSAF		PVGIS-ERA5		PVGIS-COSMO	
PV Instalado	10 kWp							
Pérdidas del sistema	7,37%							
	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²
Enero	578,2	62,3	547,3	58,7	612,6	66,1	499,4	53,5
Febrero	866,1	90,3	825,1	86,1	845,0	88,5	754,2	78,6
Marzo	1.330,8	138,4	1.313,3	136,6	1.342,4	139,9	1.232,6	128,4
Abril	1.620,0	170,5	1.566,1	165,1	1.625,6	170,8	1.488,6	156,7
Mayo	1.949,5	208,6	1.926,5	206,0	1.970,0	210,5	1.810,4	193,9
Junio	2.054,0	224,8	2.033,5	222,3	2.032,4	221,7	1.874,8	205,0
Julio	2.167,4	239,5	2.140,4	236,3	2.104,7	232,2	1.953,5	215,9
Agosto	1.935,4	212,8	1.890,2	208,4	1.853,3	203,7	1.688,0	185,7
Septiembre	1.443,8	156,9	1.407,8	153,1	1.385,5	150,7	1.244,7	135,6
Octubre	1.014,4	109,7	991,6	107,3	975,9	106,0	847,6	92,1
Noviembre	622,7	67,5	606,3	65,6	625,5	68,2	527,2	57,2
Diciembre	517,4	56,7	472,6	51,7	529,7	58,3	435,9	47,4
Irradiación anual (H) [kWh/m ²]	1.738,0		1.697,0		1.716,7		1.550,0	
Producción anual de PV (E) [kWh]	16.099,6		15.720,6		15.902,7		14.356,8	

Tabla 131. Resultados del PVGIS del caso 3 en Huesca.

4. Recopilación de resultados anuales:

Base de datos	PVGIS	PVsyst	Ninja.Renewables
SARAH	16,100 MWh		16,007 MWh
CMSAF	15,721 MWh		
ERA5	15,903 MWh		
COSMO	14,357 MWh		
Meteonorm		15,710 MWh	
MERRA			14,053 MWh

Tabla 132. Comparativa de resultados del caso 3 en Huesca.

A.3.4. Caso 4

Diseño de una instalación fotovoltaica en Huesca de 10 kWp, con módulos solares fijos, de CIS, con inclinación óptima y azimut 0°.

El módulo fotovoltaico empleado es el modelo CIGS-3150A1 del fabricante Hulk Energy Technology, cuya potencia nominal son 315 Wp/mod y su eficiencia del 13,47%.

El inversor empleado es el IG Plus 100 V-3 del fabricante Fronius International.

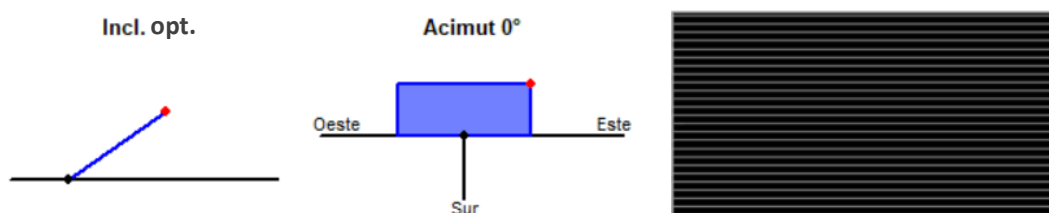


Ilustración 34. Tecnología empleada en el caso 4 en Huesca.

1. Resultados de PVsyst con la base de datos Meteonorm:

	Irradiación Global	Irradiación Difusa	Irradiación Glob. efect.	Energía efect. en salida	Energía inyectada en la red	Índice rendim.
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	%
Ene	111,9	45,6	109,4	1.048	998	94,3
Feb	133,4	47,6	130,5	1.230	1.171	92,8
Mar	182,3	60,3	177,8	1.625	1.546	89,8
Abr	195,4	64,6	189,9	1.716	1.632	88,4
May	206,7	64,3	200,4	1.805	1.715	87,8
Jun	212,0	62,8	205,2	1.834	1.743	87,0
Jul	232,9	48,4	225,8	1.991	1.891	85,9
Ago	223,3	59,8	217,0	1.917	1.821	86,3
Sept	195,6	50,4	190,7	1.690	1.607	86,9
Oct	154,3	59,0	150,7	1.381	1.314	90,1
Nov	131,0	41,3	128,2	1.198	1.140	92,1
Dic	110,5	43,5	108,0	1.035	986	94,4
AÑO	2.089,3	647,4	2.033,6	18.468	17.563	88,9

Tabla 133. Resultados del PVsyst del caso 4 en Huesca.

Las pérdidas durante todo el año son las mostradas en el gráfico 100. Las pérdidas del sistema son del 8,92%.

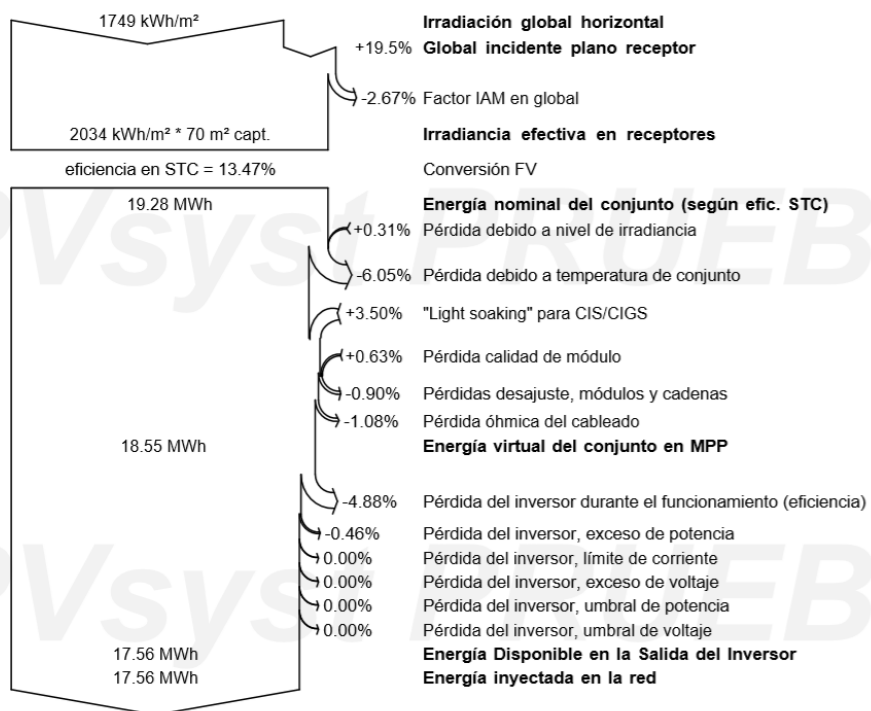


Gráfico 78. Pérdidas del caso 4 en Huesca.

2. Resultados de Ninja.Renewables:

	SARAH		MERRA	
	[W/día]	[kWh]	[W/día]	[kWh]
Enero	1.586	1.180,0	1.450	1.078,8
Febrero	2.111	1.418,6	1.630	1.095,4
Marzo	2.057	1.530,4	1.816	1.351,1
Abril	2.499	1.799,3	2.167	1.560,2
Mayo	2.494	1.855,5	2.233	1.661,4
Junio	2.505	1.803,6	2.138	1.539,4
Julio	2.478	1.843,6	2.194	1.632,3
Agosto	2.422	1.802,0	2.133	1.587,0
Septiembre	2.202	1.585,4	1.969	1.417,7
Octubre	1.848	1.374,9	1.593	1.185,2
Noviembre	1.257	905,0	1.582	1.139,0
Diciembre	1.416	1.053,5	1.213	902,5
AÑO	2.073	18.151,9	1.843	16.149,9

Tabla 134. Resultados del Ninja.Renewables del caso 4 en Huesca.

3. Resultados de PVGIS:

Base de datos solar	PVGIS-SARAH		PVGIS-CMSAF		PVGIS-ERA5		PVGIS-COSMO	
PV Instalado	10 kWp							
Pérdidas del sistema	8,92%							
Ángulo de inclinación	38°		37°		39°		36°	
	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²
Enero	1.107,8	114,9	988,2	102,5	1.247,7	129,8	846,7	88,0
Febrero	1.395,8	145,6	1.289,1	134,6	1.397,1	146,3	1.126,8	117,3
Marzo	1.698,1	181,2	1.674,7	178,7	1.756,6	188,1	1.553,4	165,5
Abril	1.715,7	187,0	1.662,7	181,3	1.730,5	188,7	1.587,4	172,5
Mayo	1.826,9	203,0	1.813,0	201,1	1.827,6	203,1	1.728,2	191,6
Junio	1.821,9	207,3	1.810,4	205,5	1.771,3	201,4	1.700,3	192,8
Julio	1.966,1	226,0	1.954,0	224,2	1.885,3	216,9	1.815,6	208,2
Agosto	1.963,6	224,3	1.927,5	220,5	1.872,4	214,2	1.731,6	197,0
Septiembre	1.720,4	193,1	1.682,1	188,4	1.671,4	187,8	1.468,8	164,3
Octubre	1.471,0	160,8	1.433,3	156,6	1.466,6	160,8	1.175,4	128,5
Noviembre	1.119,5	118,2	1.069,7	112,4	1.198,4	126,7	859,4	90,9
Diciembre	1.081,6	112,3	926,2	96,1	1.179,6	122,7	786,1	81,8
Irradiación anual (H) [kWh/m ²]	2.073,7		2.001,8		2.086,6		1.798,3	
Producción anual de PV (E) [kWh]	18.888,6		18.231,0		19.004,3		16.379,8	

Tabla 135. Resultados del PVGIS del caso 4 en Huesca.

4. Recopilación de resultados anuales:

Base de datos	PVGIS	PVsyst	Ninja.Renewables
SARAH	18,889 MWh		18,152 MWh
CMSAF	18,231 MWh		
ERA5	19,004 MWh		
COSMO	16,380 MWh		
Meteonorm		17,563 MWh	
MERRA			16,150 MWh

Tabla 136. Comparativa de resultados del caso 4 en Huesca.

A.3.5. Caso 5

Diseño de una instalación fotovoltaica en Huesca de 10 kWp, con módulos solares con sistema de seguimiento, de silicio cristalino, con inclinación óptima constante.

El módulo fotovoltaico empleado es el modelo JAM6-72-315/SI del fabricante JA Solar, cuya potencia nominal son 315 Wp/mod y su eficiencia del 16,27%.

El inversor empleado es el IG Plus 120 V-3 del fabricante Fronius International.

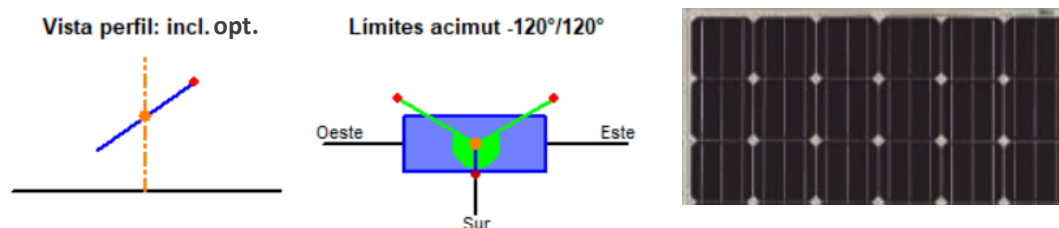


Ilustración 35. Tecnología empleada en el caso 5 en Huesca.

1. Resultados de PVsyst con la base de datos Meteonorm:

	Irradiación Global	Irradiación Difusa	Irradiación Glob. efect.	Energía efect. en salida	Energía inyectada en la red	Índice rendim.
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	%
Ene	137,5	56,0	136,0	1.334	1.274	89,1
Feb	165,5	59,0	163,7	1.579	1.508	87,7
Mar	234,9	77,7	232,4	2.176	2.078	85,1
Abr	261,2	86,3	258,1	2.397	2.289	84,3
May	297,4	92,5	293,6	2.677	2.556	82,7
Jun	315,0	93,3	310,9	2.782	2.657	81,2
Jul	352,8	73,3	349,0	3.060	2.923	79,7
Ago	309,9	83,0	306,4	2.693	2.572	79,8
Sept	262,0	67,5	259,6	2.313	2.209	81,1
Oct	192,6	73,6	190,4	1.759	1.680	83,9
Nov	163,3	51,4	161,8	1.532	1.462	86,1
Dic	136,3	53,6	134,8	1.320	1.260	89,0
AÑO	2.828,4	867,4	2.796,8	25.621	24.467	83,2

Tabla 137. Resultados del PVsyst del caso 5 en Huesca.

Las pérdidas durante todo el año son las mostradas en el gráfico 101. Las pérdidas del sistema son del 15,91%.

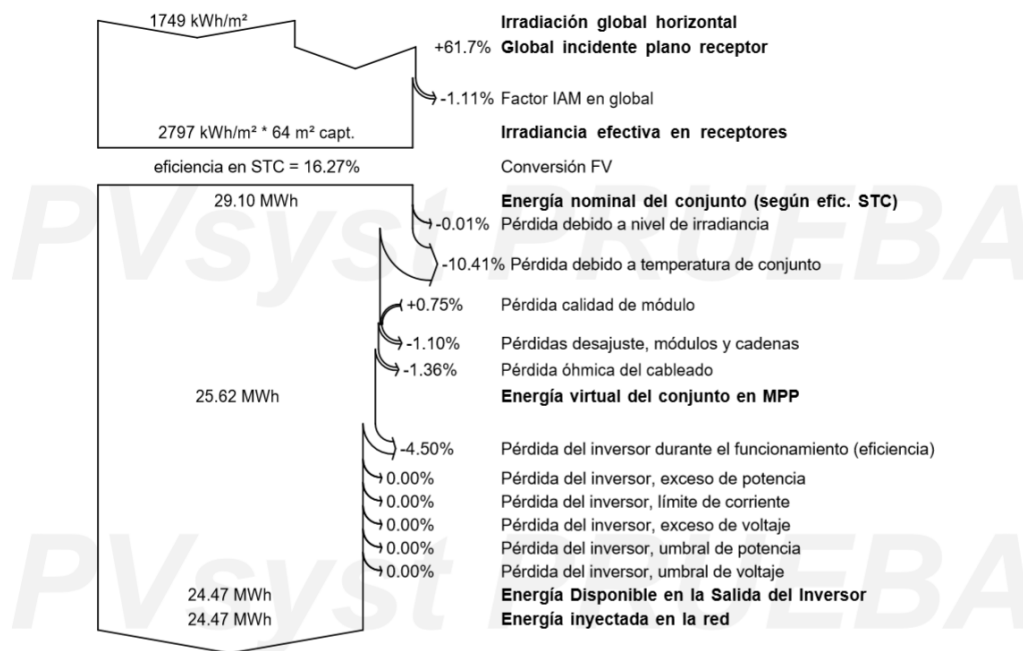


Gráfico 79. Pérdidas del caso 5 en Huesca.

2. Resultados de Ninja.Renewables:

	SARAH		MERRA	
	[W/día]	[kWh]	[W/día]	[kWh]
Enero	1.826	1.358,5	1.643	1.222,4
Febrero	2.397	1.610,8	1.834	1.232,4
Marzo	2.321	1.726,8	2.057	1.530,4
Abril	2.858	2.057,8	2.525	1.818,0
Mayo	2.931	2.180,7	2.692	2.002,8
Junio	2.901	2.088,7	2.597	1.869,8
Julio	2.937	2.185,1	2.742	2.040,0
Agosto	2.802	2.084,7	2.558	1.903,2
Septiembre	2.484	1.788,5	2.259	1.626,5
Octubre	2.078	1.546,0	1.805	1.342,9
Noviembre	1.408	1.013,8	1.822	1.311,8
Diciembre	1.633	1.215,0	1.363	1.014,1
AÑO	2.381	20.856,3	2.158	18.914,4

Tabla 138. Resultados del Ninja.Renewables del caso 5 en Huesca.

3. Resultados de PVGIS:

Base de datos solar	PVGIS-SARAH		PVGIS-CMSAF		PVGIS-ERA5		PVGIS-COSMO	
PV Instalado	10 kWp							
Pérdidas del sistema	15,91%							
Ángulo inclinación	56°		55°		57°		53°	
	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²
Enero	1.286,3	142,8	1.131,9	125,6	1.445,3	161,1	937,8	104,0
Febrero	1.626,7	183,0	1.485,8	167,1	1.645,1	185,5	1.256,5	140,5
Marzo	2.000,3	230,2	1.968,3	226,7	2.137,3	246,6	1.757,2	202,0
Abril	2.085,4	245,8	2.002,0	236,2	2.174,4	256,4	1.825,8	215,1
Mayo	2.302,0	276,8	2.277,6	273,3	2.419,6	290,9	2.066,9	248,5
Junio	2.369,9	292,2	2.365,5	290,9	2.396,0	295,2	2.095,8	258,1
Julio	2.590,3	323,6	2.578,1	320,8	2.563,1	320,3	2.243,2	280,0
Agosto	2.471,4	307,5	2.433,7	303,1	2.428,0	302,4	2.051,3	254,5
Septiembre	2.042,9	249,3	2.008,5	244,7	2.040,5	248,9	1.665,3	202,5
Octubre	1.699,1	200,9	1.661,8	196,2	1.724,5	204,4	1.309,6	154,3
Noviembre	1.292,8	146,4	1.238,0	139,5	1.394,9	158,3	949,0	107,2
Diciembre	1.258,2	139,8	1.084,0	119,8	1.358,8	151,6	873,1	96,7
Irradiación anual (H) [kWh/m ²]	2.738,3		2.643,9		2.821,6		2.263,4	
Producción anual de PV (E) [kWh]	23.025,3		22.235,2		23.727,5		19.031,6	

Tabla 139. Resultados del PVGIS del caso 5 en Huesca.

4. Recopilación de resultados anuales:

Base de datos	PVGIS	PVsyst	Ninja.Renewables
SARAH	23,025 MWh		20,856 MWh
CMSAF	22,235 MWh		
ERA5	23,728 MWh		
COSMO	19,032 MWh		
Meteonorm		24,467 MWh	
MERRA			18,914 MWh

Tabla 140. Comparativa de resultados del caso 5 en Huesca.

A.3.6. Caso 6

Diseño de una instalación fotovoltaica en Huesca de 10 kWp, con módulos solares con sistema de seguimiento, de CIS, con inclinación óptima constante.

El módulo fotovoltaico empleado es el modelo CIGS-3150A1 del fabricante Hulk Energy Technology, cuya potencia nominal son 315 Wp/mod y su eficiencia del 13,47%.

El inversor empleado es el IG Plus 100 V-3 del fabricante Fronius International.

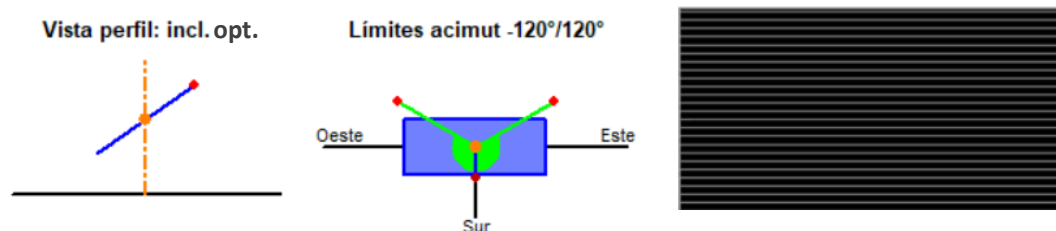


Ilustración 36. Tecnología empleada en el caso 6 en Huesca.

1. Resultados de PVsyst con la base de datos Meteonorm:

	Irradiación Global	Irradiación Difusa	Irradiación Glob. efect.	Energía efect. en salida	Energía inyectada en la red	Índice rendim.
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	%
Ene	137,5	56,0	136,0	1.280	1.218	93,7
Feb	165,5	59,0	163,7	1.512	1.438	91,9
Mar	234,9	77,7	232,4	2.070	1.968	88,7
Abr	261,2	86,3	258,1	2.291	2.178	88,3
May	297,4	92,5	293,6	2.613	2.483	88,4
Jun	315,0	93,3	310,9	2.753	2.617	87,9
Jul	352,8	73,3	349,0	3.047	2.894	86,8
Ago	309,9	83,0	306,4	2.683	2.548	87,0
Sept	262,0	67,5	259,6	2.255	2.142	86,5
Oct	192,6	73,6	190,4	1.709	1.625	89,3
Nov	163,3	51,4	161,8	1.465	1.393	90,2
Dic	136,3	53,6	134,8	1.261	1.200	93,2
AÑO	2.828,4	867,4	2.796,8	24.940	23.703	88,7

Tabla 141. Resultados del PVsyst del caso 6 en Huesca.

Las pérdidas durante todo el año son las mostradas en el gráfico 102. Las pérdidas del sistema son del 10,63%.

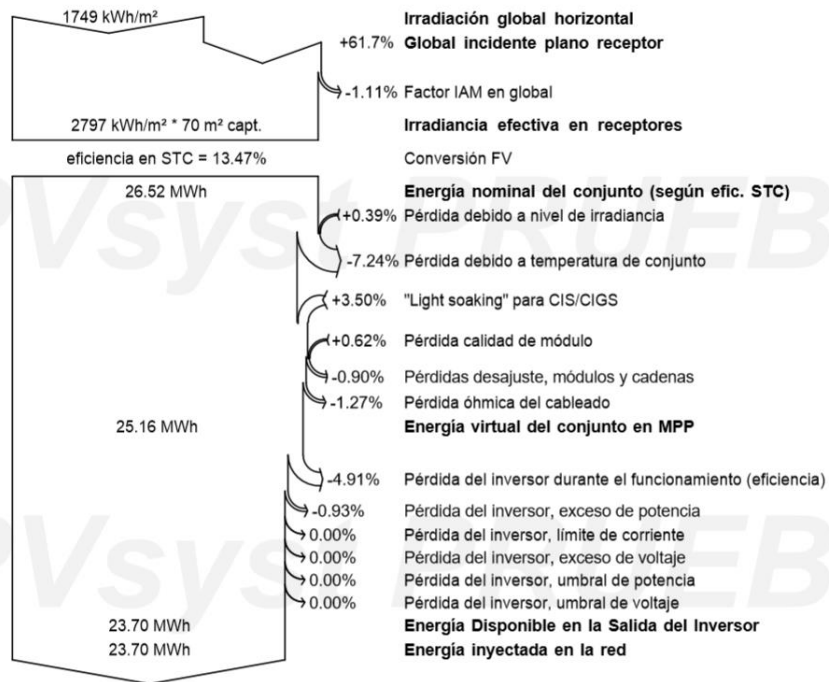


Gráfico 80. Pérdidas del caso 6 en Huesca.

2. Resultados de Ninja.Renewables:

	SARAH		MERRA	
	[W/día]	[kWh]	[W/día]	[kWh]
Enero	1.941	1.444,1	1.746	1.299,0
Febrero	2.547	1.711,6	1.949	1.309,7
Marzo	2.466	1.834,7	2.187	1.627,1
Abril	3.038	2.187,4	2.683	1.931,8
Mayo	3.115	2.317,6	2.861	2.128,6
Junio	3.083	2.219,8	2.760	1.987,2
Julio	3.121	2.322,0	2.915	2.168,8
Agosto	2.978	2.215,6	2.719	2.022,9
Septiembre	2.640	1.900,8	2.400	1.728,0
Octubre	2.208	1.642,8	1.918	1.427,0
Noviembre	1.497	1.077,8	1.937	1.394,6
Diciembre	1.736	1.291,6	1.448	1.077,3
AÑO	2.531	22.165,7	2.294	20.102,1

Tabla 142. Resultados del Ninja.Renewables del caso 6 en Huesca.

3. Resultados de PVGIS:

Base de datos solar	PVGIS-SARAH		PVGIS-CMSAF		PVGIS-ERA5		PVGIS-COSMO	
PV Instalado	10 kWp							
Pérdidas del sistema	10,63%							
Ángulo inclinación	56°		55°		57°		53°	
	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²
Enero	1.338,9	142,8	1.180,0	125,7	1.503,5	161,1	977,1	104,0
Febrero	1.704,8	183,0	1.557,6	167,1	1.723,9	185,5	1.316,2	140,5
Marzo	2.110,7	230,2	2.076,5	226,7	2.255,1	246,6	1.853,7	202,0
Abril	2.218,6	245,8	2.129,0	236,2	2.313,5	256,4	1.941,2	215,1
Mayo	2.462,9	276,7	2.434,5	273,3	2.589,6	290,9	2.209,6	248,5
Junio	2.549,3	292,1	2.541,7	290,9	2.579,7	295,2	2.251,6	258,1
Julio	2.794,0	323,6	2.777,7	320,8	2.767,4	320,3	2.417,1	280,0
Agosto	2.660,1	307,5	2.619,5	303,1	2.615,8	302,4	2.205,1	254,5
Septiembre	2.180,7	249,3	2.142,7	244,7	2.179,0	248,9	1.775,6	202,5
Octubre	1.792,7	201,0	1.752,7	196,2	1.820,2	204,4	1.380,0	154,3
Noviembre	1.350,1	146,5	1.292,2	139,5	1.456,4	158,3	990,5	107,2
Diciembre	1.308,4	139,8	1.127,1	119,8	1.411,7	151,6	908,3	96,7
Irradiación anual (H) [kWh/m ²]	2.738,3		2.644,0		2.821,6		2.263,4	
Producción anual de PV (E) [kWh]	24.471,3		23.631,2		25.215,9		20.226,0	

Tabla 143. Resultados del PVGIS del caso 6 en Huesca.

4. Recopilación de resultados anuales:

Base de datos	PVGIS	PVsyst	Ninja.Renewables
SARAH	24,471 MWh		22,166 MWh
CMSAF	23,631 MWh		
ERA5	25,216 MWh		
COSMO	20,226 MWh		
Meteonorm		23,703 MWh	
MERRA			20,102 MWh

Tabla 144. Comparativa de resultados del caso 6 en Huesca.

A.3.7. Caso 7

Diseño de una instalación fotovoltaica en Huesca de 10 kWp, con módulos solares con sistema de seguimiento biaxial, de silicio cristalino.

El módulo fotovoltaico empleado es el modelo JAM6-72-315/SI del fabricante JA Solar, cuya potencia nominal son 315 Wp/mod y su eficiencia del 16,27%.

El inversor empleado es el IG Plus 120 V-3 del fabricante Fronius International.

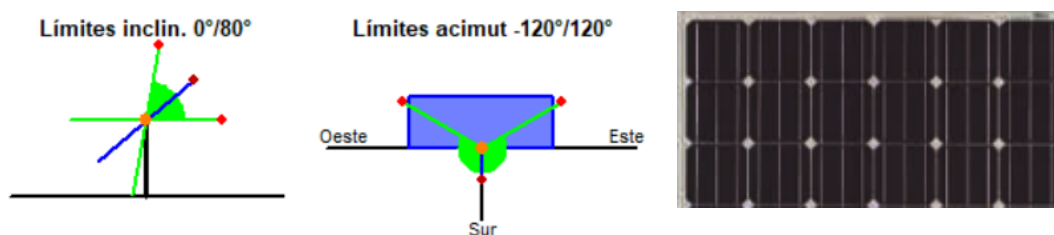


Ilustración 37. Tecnología empleada en el caso 7 en Huesca.

1. Resultados de PVsyst con la base de datos Meteonorm:

	Irradiación Global	Irradiación Difusa	Irradiación Glob. efect.	Energía efect. en salida	Energía inyectada en la red	Índice rendim.
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	%
Ene	141,2	57,5	139,7	1.366	1.304	88,9
Feb	168,5	60,1	166,7	1.605	1.533	87,6
Mar	239,1	79,1	236,7	2.212	2.112	85,0
Abr	269,1	88,9	266,3	2.461	2.350	84,0
May	312,4	97,2	309,2	2.794	2.668	82,1
Jun	333,1	98,7	329,7	2.918	2.787	80,5
Jul	372,0	77,3	369,2	3.199	3.055	79,0
Ago	320,6	85,9	317,5	2.773	2.648	79,5
Sept	268,0	69,0	265,7	2.361	2.254	80,9
Oct	195,6	74,8	193,5	1.785	1.705	83,8
Nov	167,6	52,8	166,2	1.567	1.496	85,9
Dic	140,9	55,4	139,6	1.360	1.298	88,6
AÑO	2.928,1	896,7	2.900,0	26.400	25.210	82,8

Tabla 145. Resultados del PVsyst del caso 7 en Huesca.

Las pérdidas durante todo el año son las mostradas en el gráfico 103. Las pérdidas del sistema son del 16,44%.

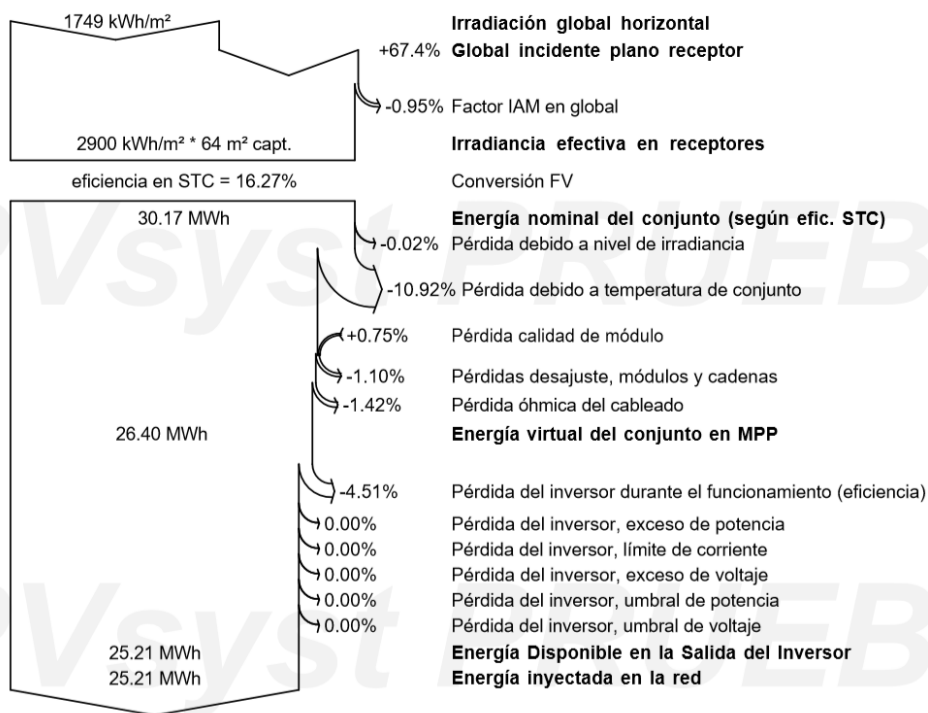


Gráfico 81. Pérdidas del caso 7 en Huesca.

2. Resultados de Ninja.Renewables:

	SARAH		MERRA	
	[W/día]	[kWh]	[W/día]	[kWh]
Enero	1.824	1.357,1	1.648	1.226,1
Febrero	2.384	1.602,0	1.822	1.224,4
Marzo	2.334	1.736,5	2.073	1.542,3
Abril	2.956	2.128,3	2.591	1.865,5
Mayo	3.162	2.352,5	2.903	2.159,8
Junio	3.201	2.304,7	2.866	2.063,5
Julio	3.201	2.381,5	2.987	2.222,3
Agosto	2.937	2.185,1	2.669	1.985,7
Septiembre	2.533	1.823,8	2.289	1.648,1
Octubre	2.067	1.537,8	1.795	1.335,5
Noviembre	1.391	1.001,5	1.827	1.315,4
Diciembre	1.630	1.212,7	1.361	1.012,6
AÑO	2.468	21.623,7	2.236	19.601,3

Tabla 146. Resultados del Ninja.Renewables del caso 7 en Huesca.

3. Resultados de PVGIS:

Base de datos solar	PVGIS-SARAH		PVGIS-CMSAF		PVGIS-ERA5		PVGIS-COSMO	
PV Instalado	10 kWp							
Pérdidas del sistema	16,44%							
	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²
Enero	1.320,7	147,3	1.158,2	129,1	1.480,0	165,8	956,3	106,5
Febrero	1.653,3	186,8	1.508,3	170,4	1.671,7	189,3	1.270,7	142,7
Marzo	2.025,2	234,0	1.994,5	230,7	2.169,9	251,5	1.770,6	204,5
Abril	2.134,9	253,0	2.050,1	243,3	2.231,0	264,5	1.853,3	219,6
Mayo	2.392,2	289,7	2.367,0	286,2	2.524,5	305,7	2.127,4	257,6
Junio	2.483,3	308,8	2.479,9	307,7	2.519,4	313,1	2.174,1	270,0
Julio	2.702,2	340,4	2.689,4	337,5	2.684,5	338,3	2.317,6	291,6
Agosto	2.541,1	318,3	2.502,9	313,9	2.507,1	314,3	2.092,7	261,3
Septiembre	2.072,2	254,1	2.039,1	249,7	2.074,8	254,3	1.679,1	205,2
Octubre	1.718,8	204,1	1.683,2	199,5	1.746,8	207,8	1.319,2	156,1
Noviembre	1.321,4	150,4	1.265,4	143,3	1.425,4	162,4	963,8	109,4
Diciembre	1.299,7	145,2	1.120,5	124,4	1.396,3	156,6	895,1	99,6
Irradiación anual (H) [kWh/m ²]	2.832,1		2.735,7		2.923,6		2.324,1	
Producción anual de PV (E) [kWh]	23.665,1		22.858,5		24.431,4		19.420,0	

Tabla 147. Resultados del PVGIS del caso 7 en Huesca.

4. Recopilación de resultados anuales:

Base de datos	PVGIS	PVsyst	Ninja.Renewables
SARAH	23,665 MWh		21,624 MWh
CMSAF	22,859 MWh		
ERA5	24,431 MWh		
COSMO	19,420 MWh		
Meteonorm		25,210 MWh	
MERRA			19,601 MWh

Tabla 148. Comparativa de resultados del caso 7 en Huesca.

A.3.8. Caso 8

Diseño de una instalación fotovoltaica en Huesca de 10 kWp, con módulos solares con sistema de seguimiento biaxial, de CIS.

El módulo fotovoltaico empleado es el modelo CIGS-3150A1 del fabricante Hulk Energy Technology, cuya potencia nominal son 315 Wp/mod y su eficiencia del 13,47%.

El inversor empleado es el IG Plus 100 V-3 del fabricante Fronius International.

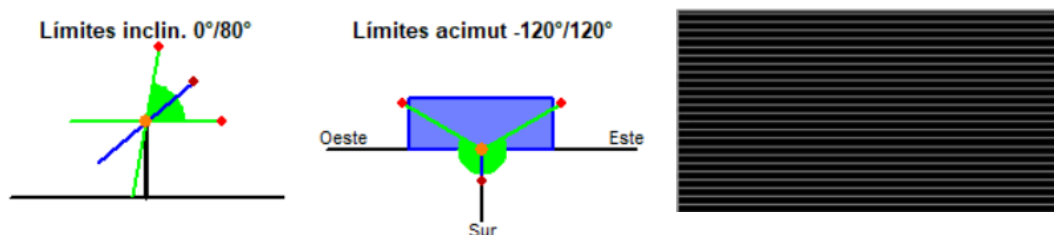


Ilustración 38. Tecnología empleada en el caso 8 en Huesca.

1. Resultados de PVsyst con la base de datos Meteonorm:

	Irradiación Global	Irradiación Difusa	Irradiación Glob. efect.	Energía efect. en salida	Energía inyectada en la red	Índice rendim.
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	%
Ene	141,2	57,5	139,7	1.311	1.247	93,5
Feb	168,5	60,1	166,7	1.537	1.462	91,8
Mar	239,1	79,1	236,7	2.103	1.999	88,5
Abr	269,1	88,9	266,3	2.338	2.223	87,4
May	312,4	97,2	309,2	2.706	2.571	87,1
Jun	333,1	98,7	329,7	2.884	2.740	87,0
Jul	372,0	77,3	369,2	3.171	3.010	85,6
Ago	320,6	85,9	317,5	2.761	2.621	86,5
Sept	268,0	69,0	265,7	2.295	2.180	86,1
Oct	195,6	74,8	193,5	1.734	1.649	89,2
Nov	167,6	52,8	166,2	1.497	1.422	89,8
Dic	140,9	55,4	139,6	1.295	1.232	92,5
AÑO	2.928,1	896,7	2.900,0	25.631	24.356	88,0

Tabla 149. Resultados del PVsyst del caso 8 en Huesca.

Las pérdidas durante todo el año son las mostradas en el gráfico 104. Las pérdidas del sistema son del 11,39%.

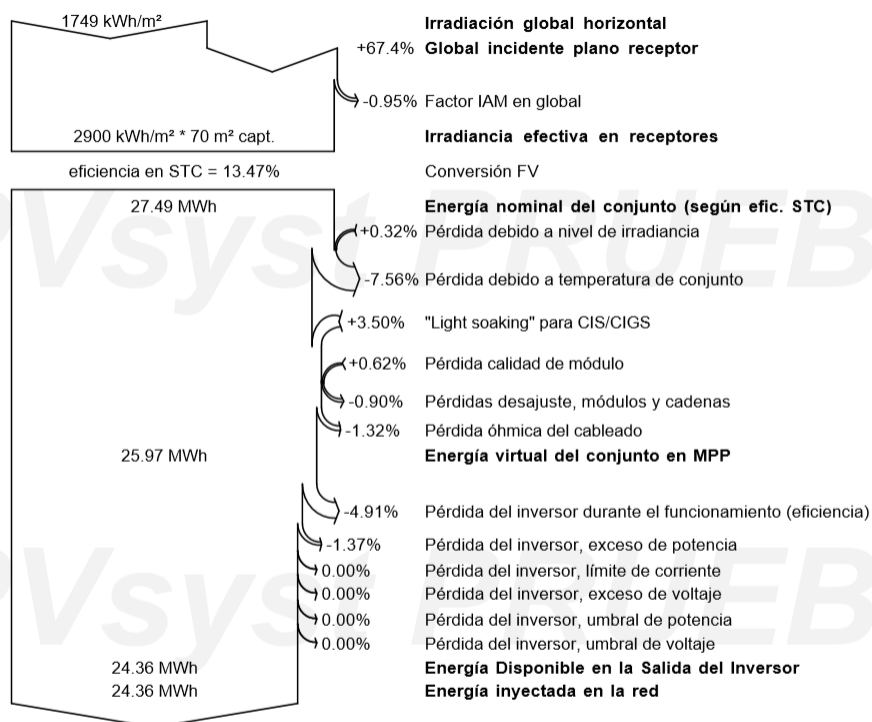


Gráfico 82. Pérdidas del caso 8 en Huesca.

2. Resultados de Ninja.Renewables:

	SARAH		MERRA	
	[W/día]	[kWh]	[W/día]	[kWh]
Enero	1.935	1.439,6	1.747	1.299,8
Febrero	2.528	1.698,8	1.932	1.298,3
Marzo	2.475	1.841,4	2.198	1.635,3
Abril	3.134	2.256,5	2.748	1.978,6
Mayo	3.353	2.494,6	3.078	2.290,0
Junio	3.395	2.444,4	3.039	2.188,1
Julio	3.395	2.525,9	3.168	2.357,0
Agosto	3.115	2.317,6	2.830	2.105,5
Septiembre	2.687	1.934,6	2.427	1.747,4
Octubre	2.192	1.630,8	1.904	1.416,6
Noviembre	1.475	1.062,0	1.937	1.394,6
Diciembre	1.728	1.285,6	1.443	1.073,6
AÑO	2.618	22.931,9	2.371	20.784,8

Tabla 150. Resultados del Ninja.Renewables del caso 8 en Huesca.

3. Resultados de PVGIS:

Base de datos solar	PVGIS-SARAH		PVGIS-CMSAF		PVGIS-ERA5		PVGIS-COSMO	
PV Instalado	10 kWp							
Pérdidas del sistema	11,39%							
	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²
Enero	1.371,7	147,3	1.204,8	129,1	1.536,4	165,8	994,0	106,5
Febrero	1.728,9	186,8	1.578,2	170,4	1.748,2	189,3	1.328,2	142,7
Marzo	2.132,5	234,0	2.100,0	230,7	2.284,9	251,5	1.863,9	204,5
Abril	2.266,1	253,0	2.175,2	243,3	2.368,4	264,5	1.966,2	219,6
Mayo	2.552,9	289,7	2.524,1	286,2	2.695,4	305,7	2.269,1	257,6
Junio	2.663,7	308,8	2.657,2	307,7	2.705,5	313,1	2.330,3	270,0
Julio	2.906,1	340,4	2.889,8	337,5	2.890,7	338,3	2.491,2	291,6
Agosto	2.728,0	318,3	2.687,7	313,9	2.694,3	314,3	2.244,6	261,3
Septiembre	2.207,3	254,1	2.171,2	249,7	2.211,3	254,3	1.786,7	205,2
Octubre	1.809,8	204,1	1.772,1	199,5	1.840,1	207,8	1.387,3	156,1
Noviembre	1.377,1	150,4	1.318,3	143,3	1.485,2	162,4	1.003,8	109,4
Diciembre	1.348,6	145,2	1.162,7	124,4	1.447,7	156,6	929,0	99,6
Irradiación anual (H) [kWh/m ²]	2.832,1		2.735,7		2.923,6		2.324,1	
Producción anual de PV (E) [kWh]	25.092,9		24.241,2		25.908,2		20.594,3	

Tabla 151. Resultados del PVGIS del caso 8 en Huesca.

4. Recopilación de resultados anuales:

Base de datos	PVGIS	PVsyst	Ninja.Renewables
SARAH	25,093 MWh		22,932 MWh
CMSAF	24,241 MWh		
ERA5	25,908 MWh		
COSMO	20,594 MWh		
Meteonorm		24,356 MWh	
MERRA			20,785 MWh

Tabla 152. Comparativa de resultados del caso 8 en Huesca.

A.4. Zaragoza

A.4.1. Caso 1

Diseño de una instalación fotovoltaica en Zaragoza de 10 kWp, con módulos solares fijos, de silicio cristalino, con inclinación 0° y azimut 0°.

El módulo fotovoltaico empleado es el modelo JAM6-72-315/SI del fabricante JA Solar, cuya potencia nominal son 315 Wp/mod y su eficiencia del 16,27%.

El inversor empleado es el IG Plus 120 V-3 del fabricante Fronius International.

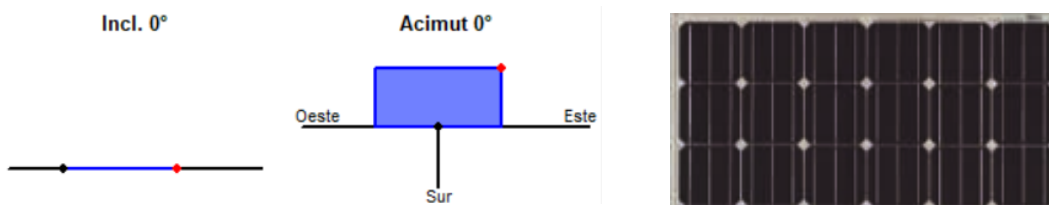


Ilustración 39. Tecnología empleada en el caso 1 en Zaragoza.

1. Resultados de PVsyst con la base de datos Meteonorm:

	Irradiación Global	Irradiación Difusa	Irradiación Glob. efect.	Energía efect. en salida	Energía inyectada en la red	Índice rendim.
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	%
Ene	57,4	28,9	53,5	550	522	87,5
Feb	79,4	34,9	75,0	762	725	87,8
Mar	133,6	43,7	127,5	1.252	1.195	86,1
Abr	163,4	67,8	157,1	1.517	1.448	85,2
May	203,6	66,5	196,6	1.832	1.749	82,7
Jun	222,8	72,0	215,5	1.956	1.868	80,7
Jul	234,2	63,5	226,8	2.029	1.938	79,6
Ago	199,6	63,6	192,8	1.752	1.673	80,6
Sept	149,0	46,4	142,7	1.341	1.280	82,7
Oct	96,8	39,5	91,6	895	853	84,8
Nov	65,0	27,3	60,7	612	581	86,0
Dic	47,7	22,5	44,1	456	432	87,0
AÑO	1.652,5	576,4	1.584,0	14.954	14.266	83,0

Tabla 153. Resultados del PVsyst del caso 1 en Zaragoza.

Las pérdidas durante todo el año son las mostradas en el gráfico 105. Las pérdidas del sistema son del 13,41%.

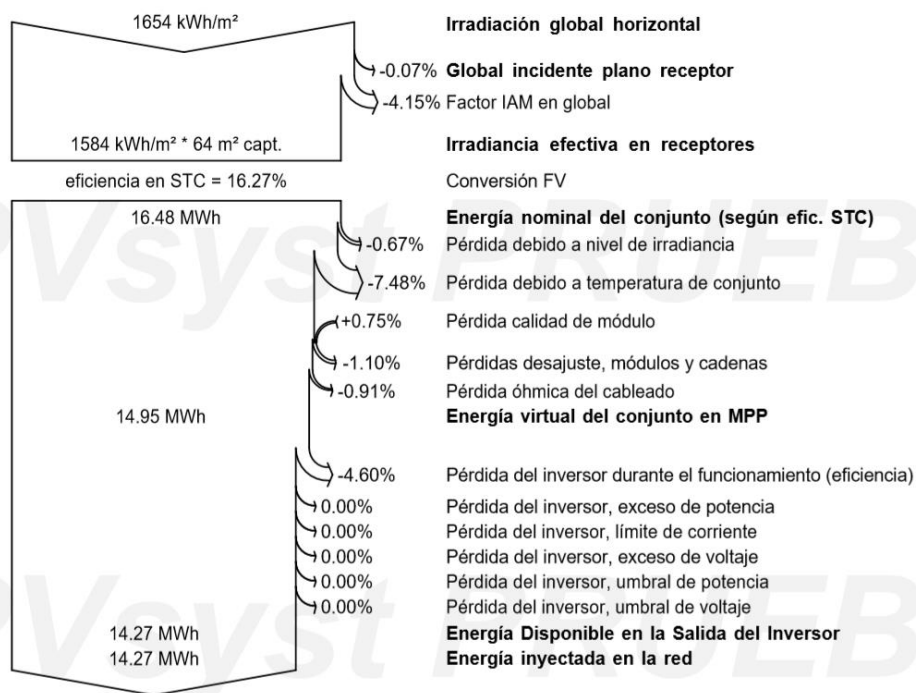


Gráfico 83. Pérdidas del caso 1 en Zaragoza.

2. Resultados de Ninja.Renewables:

	SARAH		MERRA	
	[W/día]	[kWh]	[W/día]	[kWh]
Enero	889	661,4	778	578,8
Febrero	1.252	841,3	1.055	709,0
Marzo	1.552	1.154,7	1.378	1.025,2
Abril	2.183	1.571,8	1.893	1.363,0
Mayo	2.483	1.847,4	2.217	1.649,4
Junio	2.610	1.879,2	2.250	1.620,0
Julio	2.504	1.863,0	2.233	1.661,4
Agosto	2.180	1.621,9	1.969	1.464,9
Septiembre	1.796	1.293,1	1.625	1.170,0
Octubre	1.282	953,8	1.125	837,0
Noviembre	811	583,9	865	622,8
Diciembre	582	433,0	663	493,3
AÑO	1.677	14.704,5	1.504	13.194,8

Tabla 154. Resultados del Ninja.Renewables del caso 1 en Zaragoza.

3. Resultados de PVGIS:

Base de datos solar	PVGIS-SARAH		PVGIS-CMSAF		PVGIS-ERA5		PVGIS-COSMO	
PV Instalado	10 kWp							
Pérdidas del sistema	13,41%							
	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²
Enero	559,5	63,5	515,2	58,6	581,5	66,2	461,8	52,5
Febrero	815,9	89,7	763,4	84,3	795,3	88,0	706,2	77,8
Marzo	1.240,3	136,9	1.201,8	132,8	1.252,2	138,6	1.147,6	126,8
Abril	1.507,7	170,0	1.467,1	165,4	1.526,5	171,7	1.401,3	157,8
Mayo	1.796,5	206,3	1.791,6	205,1	1.833,3	210,3	1.692,8	194,3
Junio	1.878,0	221,9	1.865,4	219,8	1.876,0	221,1	1.738,2	205,1
Julio	2.013,0	240,3	1.985,8	236,4	1.957,0	233,4	1.830,9	218,4
Agosto	1.791,1	212,5	1.743,8	207,3	1.731,0	205,3	1.599,1	189,4
Septiembre	1.349,8	156,8	1.312,4	152,4	1.309,7	152,2	1.188,3	138,1
Octubre	977,1	111,7	931,9	106,7	958,8	109,9	834,5	95,6
Noviembre	609,0	69,3	578,7	66,0	598,2	68,7	498,9	57,0
Diciembre	480,4	55,5	435,2	50,5	509,8	58,9	402,7	46,5
Irradiación anual (H) [kWh/m ²]	1.734,4		1.685,3		1.724,3		1.559,3	
Producción anual de PV (E) [kWh]	15.018,2		14.592,2		14.929,3		13.502,2	

Tabla 155. Resultados del PVGIS del caso 1 en Zaragoza.

4. Recopilación de resultados anuales:

Base de datos	PVGIS	PVsyst	Ninja.Renewables
SARAH	15,018 MWh		14,705 MWh
CMSAF	14,592 MWh		
ERA5	14,929 MWh		
COSMO	13,502 MWh		
Meteonorm		14,266 MWh	
MERRA			13,195 MWh

Tabla 156. Comparativa de resultados del caso 1 en Zaragoza.

A.4.2. Caso 2

Diseño de una instalación fotovoltaica en Zaragoza de 10 kWp, con módulos solares fijos, de silicio cristalino, con inclinación óptima y azimut 0°.

El módulo fotovoltaico empleado es el modelo JAM6-72-315/SI del fabricante JA Solar, cuya potencia nominal son 315 Wp/mod y su eficiencia del 16,27%.

El inversor empleado es el IG Plus 120 V-3 del fabricante Fronius International.

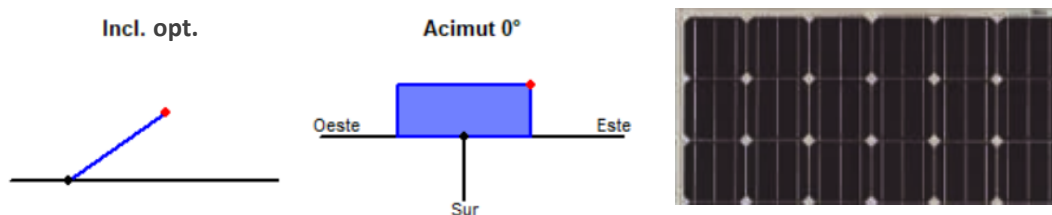


Ilustración 40. Tecnología empleada en el caso 2 en Zaragoza.

1. Resultados de PVsyst con la base de datos Meteonorm:

	Irradiación Global	Irradiación Difusa	Irradiación Glob. efect.	Energía efect. en salida	Energía inyectada en la red	Índice rendim.
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	%
Ene	94,3	47,6	92,0	913	870	88,7
Feb	118,9	52,2	116,1	1.142	1.090	88,2
Mar	175,2	57,3	170,8	1.627	1.552	85,3
Abr	178,7	74,1	173,5	1.639	1.563	84,2
May	198,1	64,7	192,0	1.773	1.691	82,1
Jun	206,4	66,7	199,7	1.801	1.719	80,1
Jul	222,7	60,4	216,0	1.914	1.826	78,9
Ago	212,1	67,5	206,1	1.838	1.753	79,5
Sept	182,8	56,9	178,0	1.622	1.548	81,5
Oct	140,5	57,3	137,1	1.298	1.239	84,8
Nov	107,8	45,2	105,2	1.022	975	87,0
Dic	87,5	41,3	85,3	862	821	90,3
AÑO	1.925,0	691,2	1.871,9	17.451	16.648	83,2

Tabla 157. Resultados del PVsyst del caso 2 en Zaragoza.

Las pérdidas durante todo el año son las mostradas en el gráfico 106. Las pérdidas del sistema son del 14,53%.

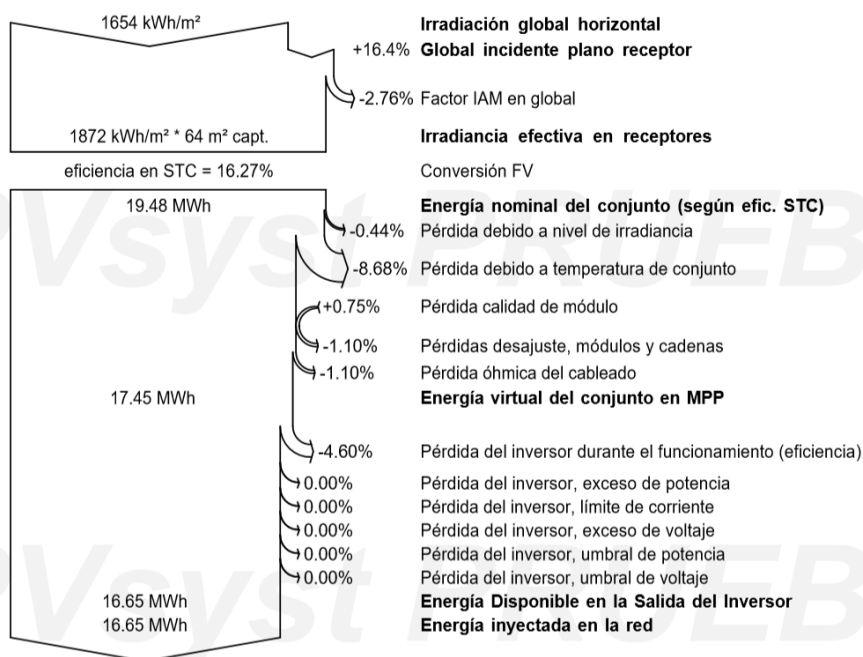


Gráfico 84. Pérdidas del caso 2 en Zaragoza.

2. Resultados de Ninja.Renewables:

	SARAH		MERRA	
	[W/día]	[kWh]	[W/día]	[kWh]
Enero	1.503	1.118,2	1.361	1.012,6
Febrero	1.796	1.206,9	1.508	1.013,4
Marzo	1.875	1.395,0	1.700	1.264,8
Abril	2.297	1.653,8	2.023	1.456,6
Mayo	2.332	1.735,0	2.092	1.556,4
Junio	2.363	1.701,4	2.023	1.456,6
Julio	2.314	1.721,6	2.047	1.523,0
Agosto	2.195	1.633,1	1.991	1.481,3
Septiembre	2.039	1.468,1	1.886	1.357,9
Octubre	1.694	1.260,3	1.510	1.123,4
Noviembre	1.276	918,7	1.472	1.059,8
Diciembre	942	700,8	1.172	872,0
AÑO	1.886	16.513,0	1.732	15.177,8

Tabla 158. Resultados del Ninja.Renewables del caso 2 en Zaragoza.

3. Resultados de PVGIS:

Base de datos solar	PVGIS-SARAH		PVGIS-CMSAF		PVGIS-ERA5		PVGIS-COSMO	
PV Instalado	10 kWp							
Pérdidas del sistema	14,53%							
Ángulo inclinación	38°		37°		39°		36°	
	E kWh	H kWh/m2	E kWh	H kWh/m2	E kWh	H kWh/m2	E kWh	H kWh/m2
Enero	1.065,0	115,6	924,5	100,8	1.168,3	126,9	775,0	84,4
Febrero	1.297,2	142,4	1.174,7	129,2	1.296,0	142,6	1.040,0	113,8
Marzo	1.571,4	177,8	1.516,4	171,6	1.621,0	183,9	1.435,3	161,8
Abril	1.590,6	185,5	1.553,1	180,9	1.617,6	188,8	1.492,3	173,1
Mayo	1.678,1	199,9	1.683,2	199,5	1.696,6	202,7	1.616,6	192,0
Junio	1.663,6	204,2	1.661,8	203,0	1.635,0	201,1	1.579,1	193,1
Julio	1.822,9	226,1	1.813,3	224,0	1.752,3	218,1	1.703,5	210,6
Agosto	1.810,7	222,9	1.772,8	218,3	1.743,0	215,4	1.639,8	200,8
Septiembre	1.599,4	191,9	1.556,2	186,1	1.567,9	188,4	1.395,0	166,4
Octubre	1.407,4	163,1	1.329,2	153,8	1.423,2	165,0	1.149,4	132,6
Noviembre	1.086,4	120,3	1.012,1	111,7	1.127,3	124,9	802,2	88,8
Diciembre	990,2	107,4	844,8	91,8	1.113,3	120,4	714,0	77,6
Irradiación anual (H) [kWh/m ²]	2.057,1		1.970,7		2.078,2		1.795,0	
Producción anual de PV (E) [kWh]	17.583,1		16.842,1		17.761,5		15.342,3	

Tabla 159. Resultados del PVGIS del caso 2 en Zaragoza.

4. Recopilación de resultados anuales:

Base de datos	PVGIS	PVsyst	Ninja.Renewables
SARAH	17,583 MWh		16,513 MWh
CMSAF	16,842 MWh		
ERA5	17,761 MWh		
COSMO	15,342 MWh		
Meteonorm		16,648 MWh	
MERRA			15,178 MWh

Tabla 160. Comparativa de resultados del caso 2 en Zaragoza.

A.4.3. Caso 3

Diseño de una instalación fotovoltaica en Zaragoza de 10 kWp, con módulos solares fijos, de CIS, con inclinación 0° y azimut 0°.

El módulo fotovoltaico empleado es el modelo CIGS-3150A1 del fabricante Hulk Energy Technology, cuya potencia nominal son 315 Wp/mod y su eficiencia del 13,47%.

El inversor empleado es el IG Plus 100 V-3 del fabricante Fronius International.

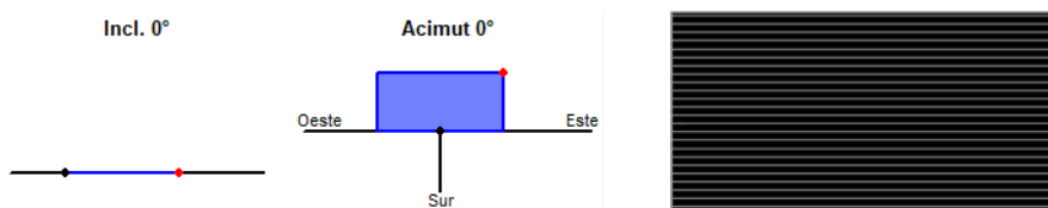


Ilustración 41. Tecnología empleada en el caso 3 en Zaragoza.

1. Resultados de PVsyst con la base de datos Meteonorm:

	Irradiación Global	Irradiación Difusa	Irradiación Glob. efect.	Energía efect. en salida	Energía inyectada en la red	Índice rendim.
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	%
Ene	57,4	28,9	53,5	525	499	92,0
Feb	79,4	34,9	75,0	729	695	92,6
Mar	133,6	43,7	127,5	1.208	1.151	91,2
Abr	163,4	67,8	157,1	1.469	1.399	90,6
May	203,6	66,5	196,6	1.793	1.706	88,7
Jun	222,8	72,0	215,5	1.931	1.838	87,3
Jul	234,2	63,5	226,8	2.014	1.916	86,6
Ago	199,6	63,6	192,8	1.731	1.647	87,3
Sept	149,0	46,4	142,7	1.311	1.249	88,7
Oct	96,8	39,5	91,6	866	825	90,2
Nov	65,0	27,3	60,7	586	558	90,8
Dic	47,7	22,5	44,1	434	413	91,5
AÑO	1.652,5	576,4	1.584,0	14.597	13.897	89,0

Tabla 161. Resultados del PVsyst del caso 3 en Zaragoza.

Las pérdidas durante todo el año son las mostradas en el gráfico 107. Las pérdidas del sistema son del 7,46%.

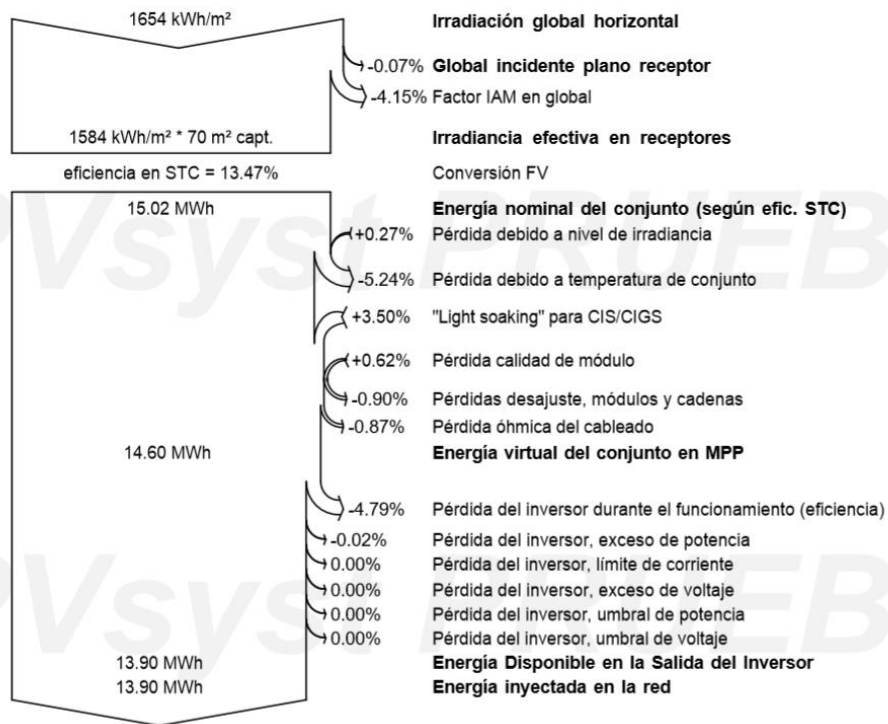


Gráfico 85. Pérdidas del caso 3 en Zaragoza.

2. Resultados de Ninja.Renewables:

	SARAH		MERRA	
	[W/día]	[kWh]	[W/día]	[kWh]
Enero	950	706,8	831	618,3
Febrero	1.338	899,1	1.128	758,0
Marzo	1.658	1.233,6	1.473	1.095,9
Abril	2.333	1.679,8	2.023	1.456,6
Mayo	2.653	1.973,8	2.370	1.763,3
Junio	2.789	2.008,1	2.405	1.731,6
Julio	2.676	1.990,9	2.386	1.775,2
Agosto	2.330	1.733,5	2.104	1.565,4
Septiembre	1.920	1.382,4	1.736	1.249,9
Octubre	1.370	1.019,3	1.202	894,3
Noviembre	867	624,2	924	665,3
Diciembre	622	462,8	708	526,8
AÑO	1.792	15.714,3	1.608	14.100,4

Tabla 162. Resultados del Ninja.Renewables del caso 3 en Zaragoza.

3. Resultados de PVGIS:

Base de datos solar	PVGIS-SARAH		PVGIS-CMSAF		PVGIS-ERA5		PVGIS-COSMO	
PV Instalado	10 kWp							
Pérdidas del sistema	7,46%							
	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²
Enero	589,7	63,5	544,7	58,6	612,4	66,2	489,3	52,5
Febrero	860,5	89,7	806,3	84,3	839,9	88,0	745,9	77,8
Marzo	1.314,3	136,9	1.274,1	132,8	1.327,3	138,6	1.215,6	126,8
Abril	1.612,9	170,0	1.568,8	165,4	1.632,5	171,7	1.497,7	157,8
Mayo	1.926,7	206,3	1.919,7	205,1	1.966,7	210,3	1.814,4	194,3
Junio	2.025,5	221,9	2.009,9	219,8	2.023,6	221,1	1.873,3	205,1
Julio	2.172,6	240,3	2.140,9	236,4	2.112,8	233,4	1.974,5	218,4
Agosto	1.929,4	212,5	1.877,7	207,3	1.864,6	205,3	1.720,0	189,4
Septiembre	1.441,7	156,8	1.400,9	152,4	1.398,6	152,2	1.266,9	138,1
Octubre	1.031,6	111,7	983,8	106,7	1.012,4	109,9	879,6	95,6
Noviembre	639,1	69,3	607,7	66,0	628,5	68,7	524,6	57,0
Diciembre	506,7	55,5	460,8	50,5	536,4	58,9	427,3	46,5
Irradiación anual (H) [kWh/m ²]	1.734,4		1.685,3		1.724,3		1.559,3	
Producción anual de PV (E) [kWh]	16.050,7		15.595,2		15.955,7		14.429,2	

Tabla 163. Resultados del PVGIS del caso 3 en Zaragoza.

4. Recopilación de resultados anuales:

Base de datos	PVGIS	PVsyst	Ninja.Renewables
SARAH	16,051 MWh		15,714 MWh
CMSAF	15,595 MWh		
ERA5	15,956 MWh		
COSMO	14,429 MWh		
Meteonorm		13,897 MWh	
MERRA			14,100 MWh

Tabla 164. Comparativa de resultados del caso 3 en Zaragoza.

A.4.4. Caso 4

Diseño de una instalación fotovoltaica en Zaragoza de 10 kWp, con módulos solares fijos, de CIS, con inclinación óptima y acimut 0°.

El módulo fotovoltaico empleado es el modelo CIGS-3150A1 del fabricante Hulk Energy Technology, cuya potencia nominal son 315 Wp/mod y su eficiencia del 13,47%.

El inversor empleado es el IG Plus 100 V-3 del fabricante Fronius International.

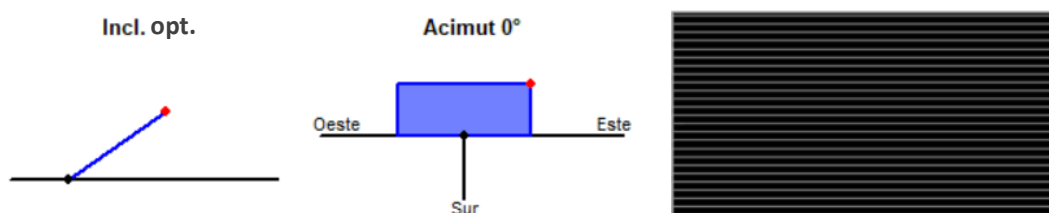


Ilustración 42. Tecnología empleada en el caso 4 en Zaragoza.

1. Resultados de PVsyst con la base de datos Meteonorm:

	Irradiación Global	Irradiación Difusa	Irradiación Glob. efect.	Energía efect. en salida	Energía inyectada en la red	Índice rendim.
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	%
Ene	94,3	47,6	92,0	876	833	93,5
Feb	118,9	52,2	116,1	1.097	1.044	92,9
Mar	175,2	57,3	170,8	1.571	1.494	90,3
Abr	178,7	74,1	173,5	1.579	1.501	88,9
May	198,1	64,7	192,0	1.732	1.647	88,0
Jun	206,4	66,7	199,7	1.779	1.691	86,7
Jul	222,7	60,4	216,0	1.904	1.809	85,9
Ago	212,1	67,5	206,1	1.823	1.732	86,4
Sept	182,8	56,9	178,0	1.587	1.509	87,4
Oct	140,5	57,3	137,1	1.263	1.202	90,5
Nov	107,8	45,2	105,2	986	938	92,0
Dic	87,5	41,3	85,3	825	785	95,0
AÑO	1.925,0	691,2	1.871,9	17.020	16.186	89,0

Tabla 165. Resultados del PVsyst del caso 4 en Zaragoza.

Las pérdidas durante todo el año son las mostradas en el gráfico 108. Las pérdidas del sistema son del 8,79%.

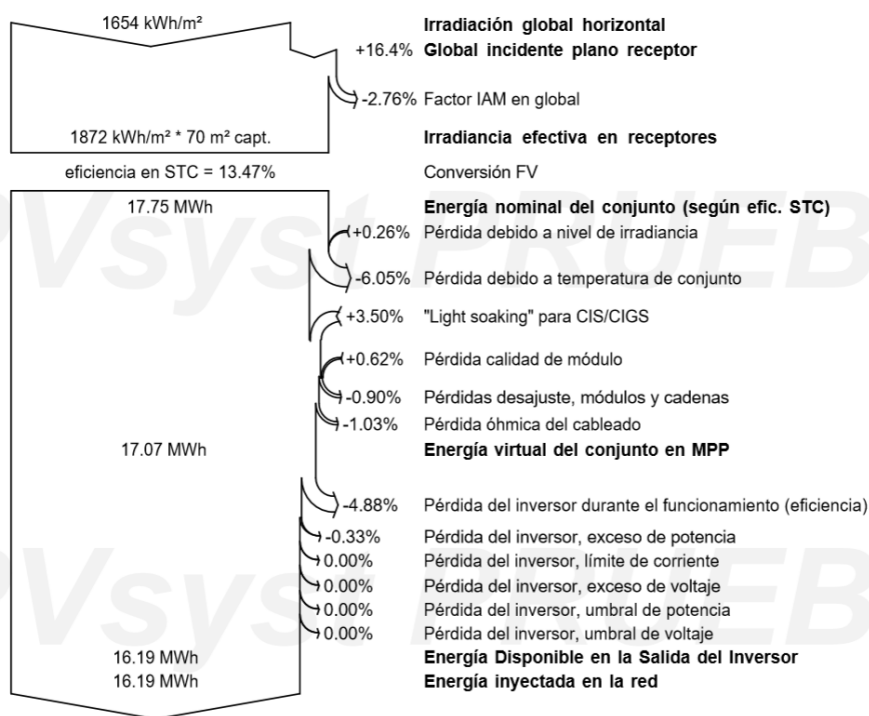


Gráfico 86. Pérdidas del caso 4 en Zaragoza.

2. Resultados de Ninja.Renewables:

	SARAH		MERRA	
	[W/día]	[kWh]	[W/día]	[kWh]
Enero	1.603	1.192,6	1.452	1.080,3
Febrero	1.917	1.288,2	1.609	1.081,2
Marzo	2.001	1.488,7	1.814	1.349,6
Abril	2.452	1.765,4	2.158	1.553,8
Mayo	2.489	1.851,8	2.233	1.661,4
Junio	2.521	1.815,1	2.158	1.553,8
Julio	2.470	1.837,7	2.184	1.624,9
Agosto	2.342	1.742,4	2.125	1.581,0
Septiembre	2.176	1.566,7	2.013	1.449,4
Octubre	1.808	1.345,2	1.612	1.199,3
Noviembre	1.361	979,9	1.570	1.130,4
Diciembre	1.005	747,7	1.251	930,7
AÑO	2.012	17.621,6	1.848	16.195,8

Tabla 166. Resultados del Ninja.Renewables del caso 4 en Zaragoza.

3. Resultados de PVGIS:

Base de datos solar	PVGIS-SARAH		PVGIS-CMSAF		PVGIS-ERA5		PVGIS-COSMO	
PV Instalado	10 kWp							
Pérdidas del sistema	8,79%							
Ángulo de inclinación	38°		36°		39°		35°	
	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²
Enero	1.114,4	115,4	968,7	100,6	1.221,9	126,7	812,7	84,4
Febrero	1.366,8	142,3	1.237,9	129,0	1.366,4	142,5	1.095,5	113,7
Marzo	1.667,3	177,7	1.608,9	171,5	1.720,9	183,9	1.522,2	161,7
Abril	1.705,3	185,5	1.664,5	181,0	1.735,1	188,9	1.597,8	173,1
Mayo	1.805,1	200,1	1.809,4	199,8	1.826,9	202,8	1.736,5	192,1
Junio	1.799,6	204,3	1.796,7	203,3	1.770,4	201,3	1.705,2	193,2
Julio	1.972,7	226,3	1.960,7	224,3	1.898,2	218,2	1.840,5	210,7
Agosto	1.954,8	223,0	1.913,5	218,5	1.883,3	215,5	1.767,7	200,9
Septiembre	1.712,6	191,9	1.665,3	186,1	1.680,4	188,4	1.491,9	166,4
Octubre	1.491,0	163,0	1.407,5	153,7	1.508,8	164,9	1.215,9	132,5
Noviembre	1.138,5	120,2	1.059,0	111,5	1.181,6	124,8	840,2	88,8
Diciembre	1.034,1	107,2	882,2	91,6	1.160,7	120,2	746,8	77,6
Irradiación anual (H) [kWh/m ²]	2.056,9		1.970,9		2.078,1		1.795,1	
Producción anual de PV (E) [kWh]	18.762,1		17.974,1		18.954,5		16.373,1	

Tabla 167. Resultados del PVGIS del caso 4 en Zaragoza.

4. Recopilación de resultados anuales:

Base de datos	PVGIS	PVsyst	Ninja.Renewables
SARAH	18,762 MWh		17,622 MWh
CMSAF	17,974 MWh		
ERA5	18,955 MWh		
COSMO	16,373 MWh		
Meteonorm		16,186 MWh	
MERRA			16,196 MWh

Tabla 168. Comparativa de resultados del caso 4 en Zaragoza.

A.4.5. Caso 5

Diseño de una instalación fotovoltaica en Zaragoza de 10 kWp, con módulos solares con sistema de seguimiento, de silicio cristalino, con inclinación óptima constante.

El módulo fotovoltaico empleado es el modelo JAM6-72-315/SI del fabricante JA Solar, cuya potencia nominal son 315 Wp/mod y su eficiencia del 16,27%.

El inversor empleado es el IG Plus 120 V-3 del fabricante Fronius International.

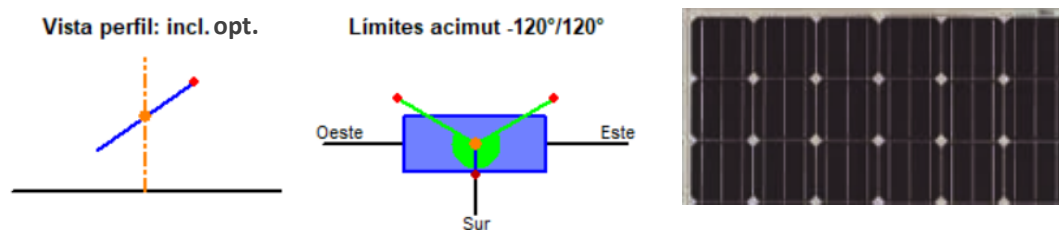


Ilustración 43. Tecnología empleada en el caso 5 en Zaragoza.

1. Resultados de PVsyst con la base de datos Meteonorm:

	Irradiación Global	Irradiación Difusa	Irradiación Glob. efect.	Energía efect. en salida	Energía inyectada en la red	Índice rendim.
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	%
Ene	113,7	57,3	112,2	1.089	1.038	87,9
Feb	144,9	63,6	143,1	1.385	1.322	87,7
Mar	226,1	74,0	223,7	2.095	2.000	85,1
Abr	231,2	95,9	228,0	2.121	2.025	84,2
May	284,0	92,8	280,3	2.556	2.441	82,7
Jun	304,7	98,5	300,6	2.677	2.557	80,7
Jul	325,9	88,3	322,0	2.820	2.693	79,5
Ago	287,4	91,5	283,8	2.499	2.387	79,9
Sept	243,1	75,7	240,5	2.157	2.059	81,5
Oct	175,7	71,6	173,6	1.616	1.543	84,5
Nov	133,3	55,9	131,8	1.252	1.195	86,2
Dic	107,6	50,8	106,2	1.056	1.006	89,9
AÑO	2.577,6	915,9	2.545,8	23.323	22.266	83,1

Tabla 169. Resultados del PVsyst del caso 5 en Zaragoza.

Las pérdidas durante todo el año son las mostradas en el gráfico 109. Las pérdidas del sistema son del 15,93%.

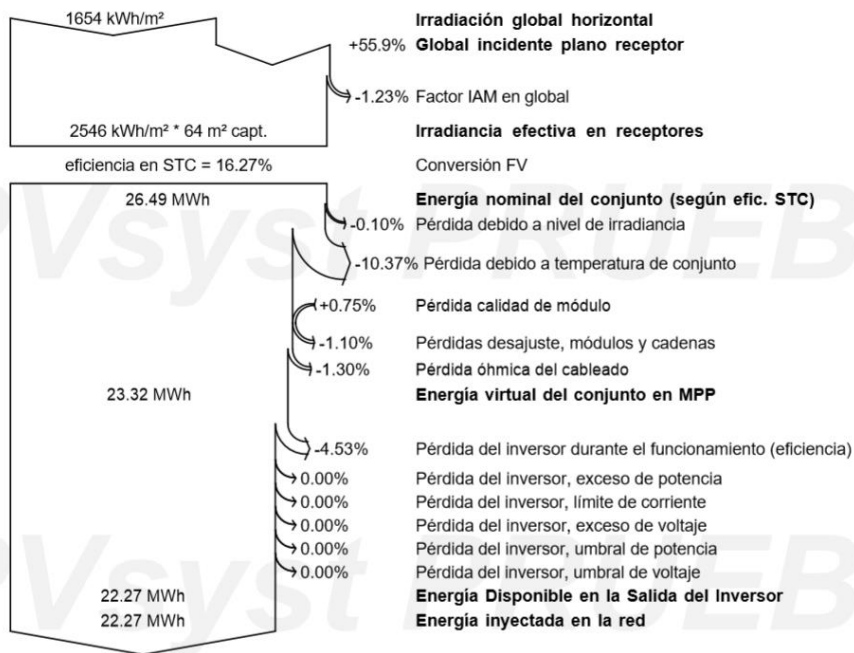


Gráfico 87. Pérdidas del caso 5 en Zaragoza.

2. Resultados de Ninja.Renewables:

	SARAH		MERRA	
	[W/día]	[kWh]	[W/día]	[kWh]
Enero	1.805	1.342,9	1.639	1.219,4
Febrero	2.172	1.459,6	1.799	1.208,9
Marzo	2.280	1.696,3	2.066	1.537,1
Abril	2.808	2.021,8	2.480	1.785,6
Mayo	2.928	2.178,4	2.690	2.001,4
Junio	2.959	2.130,5	2.624	1.889,3
Julio	2.912	2.166,5	2.717	2.021,4
Agosto	2.701	2.009,5	2.555	1.900,9
Septiembre	2.467	1.776,2	2.331	1.678,3
Octubre	2.011	1.496,2	1.815	1.350,4
Noviembre	1.538	1.107,4	1.800	1.296,0
Diciembre	1.133	843,0	1.398	1.040,1
AÑO	2.310	20.228,3	2.160	18.928,8

Tabla 170. Resultados del Ninja.Renewables del caso 5 en Zaragoza.

3. Resultados de PVGIS:

Base de datos solar	PVGIS-SARAH		PVGIS-CMSAF		PVGIS-ERA5		PVGIS-COSMO	
PV Instalado	10 kWp							
Pérdidas del sistema	15,93%							
Ángulo inclinación	55°		55°		57°		52°	
	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²
Enero	1.287,8	142,8	1.112,6	123,7	1.414,7	157,6	896,6	99,5
Febrero	1.584,1	177,9	1.431,0	160,7	1.602,7	180,3	1.212,1	135,3
Marzo	1.948,6	224,3	1.888,2	217,5	2.084,1	240,5	1.709,8	196,3
Abril	2.058,6	243,2	1.984,3	234,5	2.155,8	254,7	1.816,5	214,1
Mayo	2.256,2	271,2	2.259,4	270,6	2.398,3	288,3	2.056,9	247,0
Junio	2.323,8	286,9	2.332,5	287,1	2.362,6	291,6	2.082,3	256,7
Julio	2.590,4	323,6	2.578,5	320,8	2.557,7	319,6	2.264,5	282,4
Agosto	2.450,6	305,1	2.404,6	299,5	2.419,1	301,6	2.078,2	257,9
Septiembre	2.029,6	247,6	1.975,2	240,5	2.038,3	248,5	1.679,8	204,0
Octubre	1.715,5	203,1	1.631,8	192,6	1.763,5	209,0	1.348,9	158,7
Noviembre	1.310,9	148,5	1.229,9	138,7	1.376,4	156,1	925,4	104,5
Diciembre	1.206,5	133,6	1.035,6	114,4	1.333,3	148,4	824,9	91,3
Irradiación anual (H) [kWh/m ²]	2.707,8		2.600,6		2.796,2		2.247,7	
Producción anual de PV (E) [kWh]	22.762,6		21.863,7		23.506,5		18.895,6	

Tabla 171. Resultados del PVGIS del caso 5 en Zaragoza.

4. Recopilación de resultados anuales:

Base de datos	PVGIS	PVsyst	Ninja.Renewables
SARAH	22,763 MWh		20,228 MWh
CMSAF	21,864 MWh		
ERA5	23,507 MWh		
COSMO	18,896 MWh		
Meteonorm		22,266 MWh	
MERRA			18,929 MWh

Tabla 172. Comparativa de resultados del caso 5 en Zaragoza.

A.4.6. Caso 6

Diseño de una instalación fotovoltaica en Zaragoza de 10 kWp, con módulos solares con sistema de seguimiento, de CIS, con inclinación óptima constante.

El módulo fotovoltaico empleado es el modelo CIGS-3150A1 del fabricante Hulk Energy Technology, cuya potencia nominal son 315 Wp/mod y su eficiencia del 13,47%.

El inversor empleado es el IG Plus 100 V-3 del fabricante Fronius International.

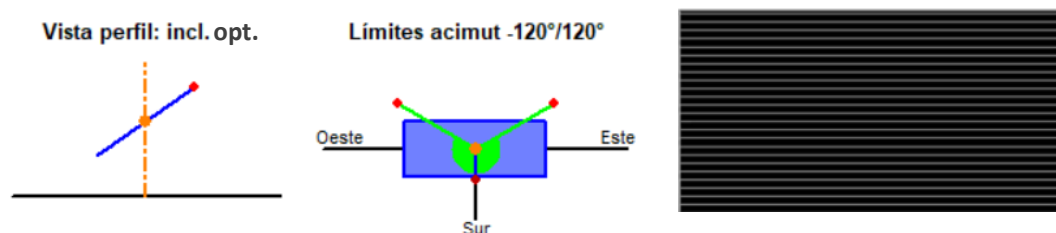


Ilustración 44. Tecnología empleada en el caso 6 en Zaragoza.

1. Resultados de PVsyst con la base de datos Meteonorm:

	Irradiación Global	Irradiación Difusa	Irradiación Glob. efect.	Energía efect. en salida	Energía inyectada en la red	Índice rendim.
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	%
Ene	113,7	57,3	112,2	1.040	988	92,0
Feb	144,9	63,6	143,1	1.323	1.259	91,9
Mar	226,1	74,0	223,7	2.016	1.916	89,7
Abr	231,2	95,9	228,0	2.035	1.934	88,5
May	284,0	92,8	280,3	2.497	2.375	88,5
Jun	304,7	98,5	300,6	2.650	2.519	87,5
Jul	325,9	88,3	322,0	2.814	2.673	86,8
Ago	287,4	91,5	283,8	2.490	2.366	87,1
Sept	243,1	75,7	240,5	2.107	2.002	87,2
Oct	175,7	71,6	173,6	1.571	1.494	90,0
Nov	133,3	55,9	131,8	1.198	1.138	90,3
Dic	107,6	50,8	106,2	1.007	958	94,2
AÑO	2.577,6	915,9	2.545,8	22.748	21.623	88,8

Tabla 173. Resultados del PVsyst del caso 6 en Zaragoza.

Las pérdidas durante todo el año son las mostradas en el gráfico 110. Las pérdidas del sistema son del 10,44%.

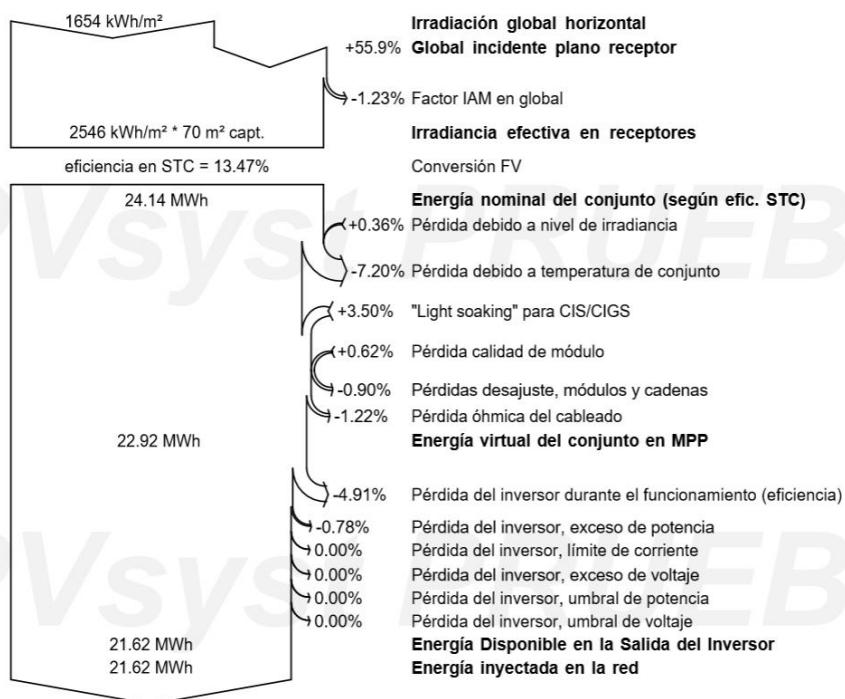


Gráfico 88. Pérdidas del caso 6 en Zaragoza.

2. Resultados de Ninja.Renewables:

	SARAH		MERRA	
	[W/día]	[kWh]	[W/día]	[kWh]
Enero	1.923	1.430,7	1.746	1.299,0
Febrero	2.314	1.555,0	1.916	1.287,6
Marzo	2.429	1.807,2	2.201	1.637,5
Abril	2.991	2.153,5	2.642	1.902,2
Mayo	3.119	2.320,5	2.866	2.132,3
Junio	3.153	2.270,2	2.795	2.012,4
Julio	3.102	2.307,9	2.895	2.153,9
Agosto	2.877	2.140,5	2.722	2.025,2
Septiembre	2.628	1.892,2	2.483	1.787,8
Octubre	2.142	1.593,6	1.933	1.438,2
Noviembre	1.639	1.180,1	1.918	1.381,0
Diciembre	1.207	898,0	1.489	1.107,8
AÑO	2.460	21.549,4	2.301	20.164,8

Tabla 174. Resultados del Ninja.Renewables del caso 6 en Zaragoza.

3. Resultados de PVGIS:

Base de datos solar	PVGIS-SARAH		PVGIS-CMSAF		PVGIS-ERA5		PVGIS-COSMO	
PV Instalado	10 kWp							
Pérdidas del sistema	10,44%							
Ángulo inclinación	55°		55°		57°		52°	
	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²
Enero	1.344,1	142,8	1.162,9	123,7	1.476,1	157,6	936,9	99,5
Febrero	1.664,7	177,9	1.504,3	160,7	1.683,8	180,3	1.272,7	135,3
Marzo	2.060,9	224,3	1.996,8	217,5	2.203,9	240,5	1.807,4	196,3
Abril	2.199,5	243,1	2.119,0	234,5	2.303,2	254,7	1.939,0	214,1
Mayo	2.419,3	271,1	2.419,8	270,6	2.572,4	288,3	2.203,1	247,0
Junio	2.507,9	286,9	2.513,8	287,1	2.551,8	291,6	2.244,3	256,7
Julio	2.799,0	323,6	2.782,5	320,8	2.766,4	319,6	2.444,0	282,4
Agosto	2.641,8	305,0	2.591,4	299,5	2.610,1	301,6	2.237,5	257,9
Septiembre	2.170,3	247,6	2.110,7	240,5	2.180,6	248,5	1.793,9	204,0
Octubre	1.814,4	203,1	1.725,3	192,6	1.866,0	209,0	1.424,5	158,7
Noviembre	1.371,1	148,5	1.285,8	138,7	1.439,4	156,1	966,9	104,5
Diciembre	1.256,9	133,6	1.078,7	114,4	1.387,9	148,4	859,9	91,3
Irradiación anual (H) [kWh/m ²]	2.707,5		2.600,6		2.796,2		2.247,7	
Producción anual de PV (E) [kWh]	24.249,9		23.291,1		25.041,7		20.130,1	

Tabla 175. Resultados del PVGIS del caso 6 en Zaragoza.

4. Recopilación de resultados anuales:

Base de datos	PVGIS	PVsyst	Ninja.Renewables
SARAH	24,250 MWh		21,549 MWh
CMSAF	23,291 MWh		
ERA5	25,042 MWh		
COSMO	20,130 MWh		
Meteonorm		21,623 MWh	
MERRA			20,165 MWh

Tabla 176. Comparativa de resultados del caso 6 en Zaragoza.

A.4.7. Caso 7

Diseño de una instalación fotovoltaica en Zaragoza de 10 kWp, con módulos solares con sistema de seguimiento biaxial, de silicio cristalino.

El módulo fotovoltaico empleado es el modelo JAM6-72-315/SI del fabricante JA Solar, cuya potencia nominal son 315 Wp/mod y su eficiencia del 16,27%.

El inversor empleado es el IG Plus 120 V-3 del fabricante Fronius International.

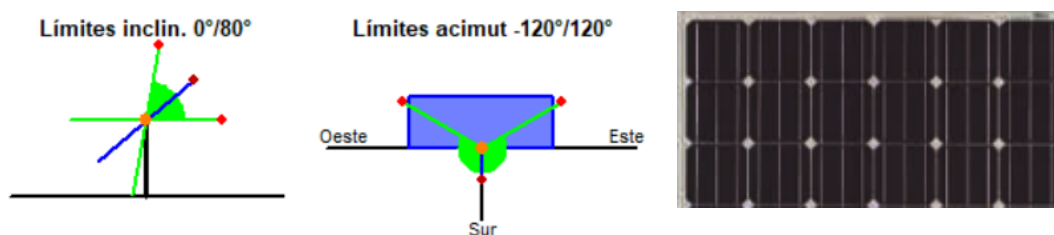


Ilustración 45. Tecnología empleada en el caso 7 en Zaragoza.

1. Resultados de PVsyst con la base de datos Meteonorm:

	Irradiación Global	Irradiación Difusa	Irradiación Glob. efect.	Energía efect. en salida	Energía inyectada en la red	Índice rendim.
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	%
Ene	115,9	58,5	114,5	1.107	1.055	87,5
Feb	147,0	64,5	145,2	1.403	1.339	87,6
Mar	230,3	75,3	228,0	2.132	2.035	85,0
Abr	238,4	98,9	235,3	2.179	2.081	84,0
May	298,1	97,4	294,9	2.667	2.547	82,2
Jun	321,7	104,0	318,2	2.805	2.679	80,1
Jul	343,2	93,0	340,0	2.946	2.814	78,9
Ago	297,3	94,7	294,1	2.574	2.458	79,5
Sept	248,8	77,4	246,4	2.203	2.104	81,3
Oct	178,7	72,8	176,6	1.643	1.568	84,4
Nov	136,4	57,2	135,0	1.277	1.219	86,0
Dic	111,1	52,4	109,8	1.087	1.036	89,7
AÑO	2.666,9	946,1	2.638,0	24.024	22.934	82,7

Tabla 177. Resultados del PVsyst del caso 7 en Zaragoza.

Las pérdidas durante todo el año son las mostradas en el gráfico 111. Las pérdidas del sistema son del 16,47%.

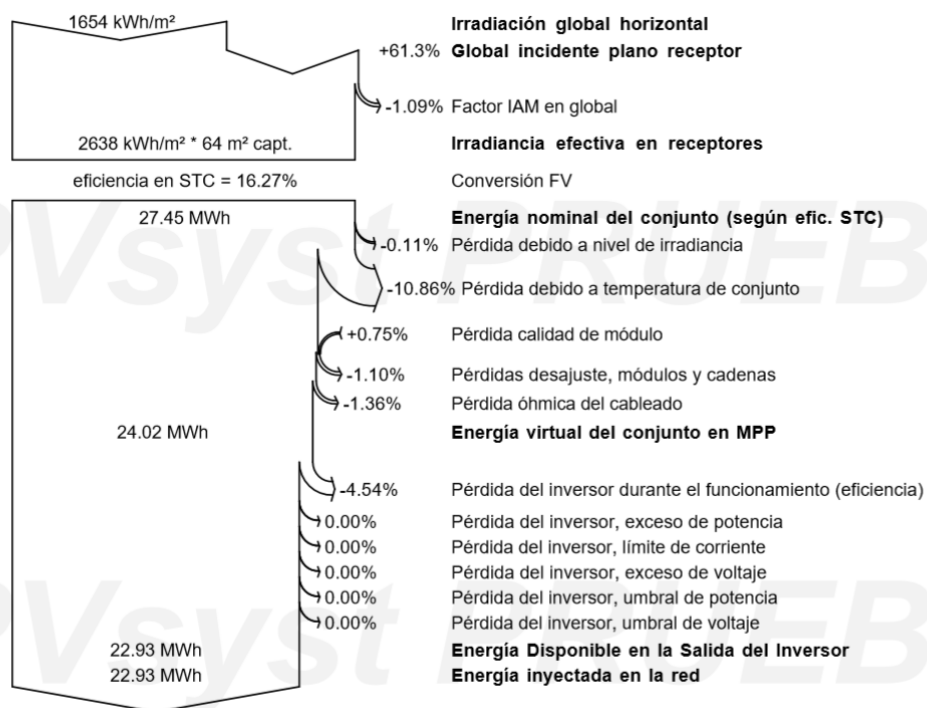


Gráfico 89. Pérdidas del caso 7 en Zaragoza.

2. Resultados de Ninja.Renewables:

	SARAH		MERRA	
	[W/día]	[kWh]	[W/día]	[kWh]
Enero	1.802	1.340,7	1.645	1.223,9
Febrero	2.157	1.449,5	1.787	1.200,9
Marzo	2.293	1.706,0	2.078	1.546,0
Abril	2.898	2.086,6	2.539	1.828,1
Mayo	3.154	2.346,6	2.896	2.154,6
Junio	3.259	2.346,5	2.891	2.081,5
Julio	3.168	2.357,0	2.955	2.198,5
Agosto	2.832	2.107,0	2.665	1.982,8
Septiembre	2.513	1.809,4	2.352	1.693,4
Octubre	2.003	1.490,2	1.807	1.344,4
Noviembre	1.526	1.098,7	1.806	1.300,3
Diciembre	1.114	828,8	1.399	1.040,9
AÑO	2.393	20.966,9	2.235	19.595,3

Tabla 178. Resultados del Ninja.Renewables del caso 7 en Zaragoza.

3. Resultados de PVGIS:

Base de datos solar	PVGIS-SARAH		PVGIS-CMSAF		PVGIS-ERA5		PVGIS-COSMO	
PV Instalado	10 kWp							
Pérdidas del sistema	16,47%							
	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²
Enero	1.321,8	147,3	1.139,4	127,2	1.449,3	162,3	914,1	101,9
Febrero	1.609,4	181,6	1.454,0	164,0	1.628,8	184,0	1.224,9	137,4
Marzo	1.972,1	228,0	1.914,5	221,5	2.116,6	245,3	1.722,5	198,8
Abril	2.108,5	250,4	2.032,4	241,6	2.212,5	262,9	1.843,0	218,5
Mayo	2.345,5	284,0	2.348,9	283,4	2.503,3	303,1	2.116,4	255,9
Junio	2.436,1	303,4	2.446,9	303,8	2.485,2	309,5	2.159,2	268,4
Julio	2.702,2	340,4	2.691,3	337,6	2.679,5	337,8	2.338,6	294,0
Agosto	2.519,9	315,9	2.475,8	310,5	2.497,9	313,5	2.118,9	264,7
Septiembre	2.059,4	252,4	2.005,5	245,4	2.073,0	253,9	1.693,0	206,7
Octubre	1.735,3	206,3	1.653,8	196,0	1.785,6	212,5	1.358,9	160,7
Noviembre	1.339,9	152,5	1.258,0	142,6	1.407,0	160,2	939,7	106,6
Diciembre	1.247,5	138,8	1.070,8	118,8	1.369,3	153,2	844,7	93,9
Irradiación anual (H) [kWh/m ²]	2.801,0		2.692,4		2.898,2		2.307,5	
Producción anual de PV (E) [kWh]	23.397,7		22.491,3		24.207,9		19.273,8	

Tabla 179. Resultados del PVGIS del caso 7 en Zaragoza.

4. Recopilación de resultados anuales:

Base de datos	PVGIS	PVsyst	Ninja.Renewables
SARAH	23,398 MWh		20,967 MWh
CMSAF	22,491 MWh		
ERA5	24,208 MWh		
COSMO	19,274 MWh		
Meteonorm		22,934 MWh	
MERRA			19,595 MWh

Tabla 180. Comparativa de resultados del caso 7 en Zaragoza.

A.4.8. Caso 8

Diseño de una instalación fotovoltaica en Zaragoza de 10 kWp, con módulos solares con sistema de seguimiento biaxial, de CIS.

El módulo fotovoltaico empleado es el modelo CIGS-3150A1 del fabricante Hulk Energy Technology, cuya potencia nominal son 315 Wp/mod y su eficiencia del 13,47%.

El inversor empleado es el IG Plus 100 V-3 del fabricante Fronius International.

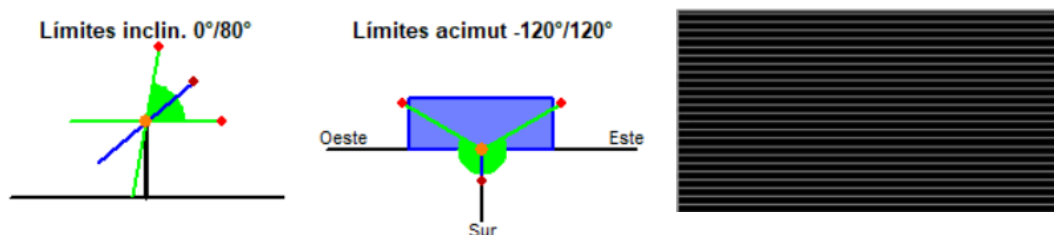


Ilustración 46. Tecnología empleada en el caso 8 en Zaragoza.

1. Resultados de PVsyst con la base de datos Meteonorm:

	Irradiación Global	Irradiación Difusa	Irradiación Glob. efect.	Energía efect. en salida	Energía inyectada en la red	Índice rendim.
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	%
Ene	115,9	58,5	114,5	1.054	1.001	91,4
Feb	147,0	64,5	145,2	1.340	1.275	91,8
Mar	230,3	75,3	228,0	2.050	1.948	89,5
Abr	238,4	98,9	235,3	2.084	1.981	87,9
May	298,1	97,4	294,9	2.588	2.461	87,4
Jun	321,7	104,0	318,2	2.771	2.633	86,6
Jul	343,2	93,0	340,0	2.939	2.790	86,0
Ago	297,3	94,7	294,1	2.562	2.434	96,6
Sept	248,8	77,4	246,4	2.148	2.042	86,8
Oct	178,7	72,8	176,6	1.597	1.518	89,9
Nov	136,4	57,2	135,0	1.220	1.159	89,9
Dic	111,1	52,4	109,8	1.035	984	93,7
AÑO	2.666,9	946,1	2.638,0	23.389	22.226	88,2

Tabla 181. Resultados del PVsyst del caso 8 en Zaragoza.

Las pérdidas durante todo el año son las mostradas en el gráfico 112. Las pérdidas del sistema son del 11,12%.

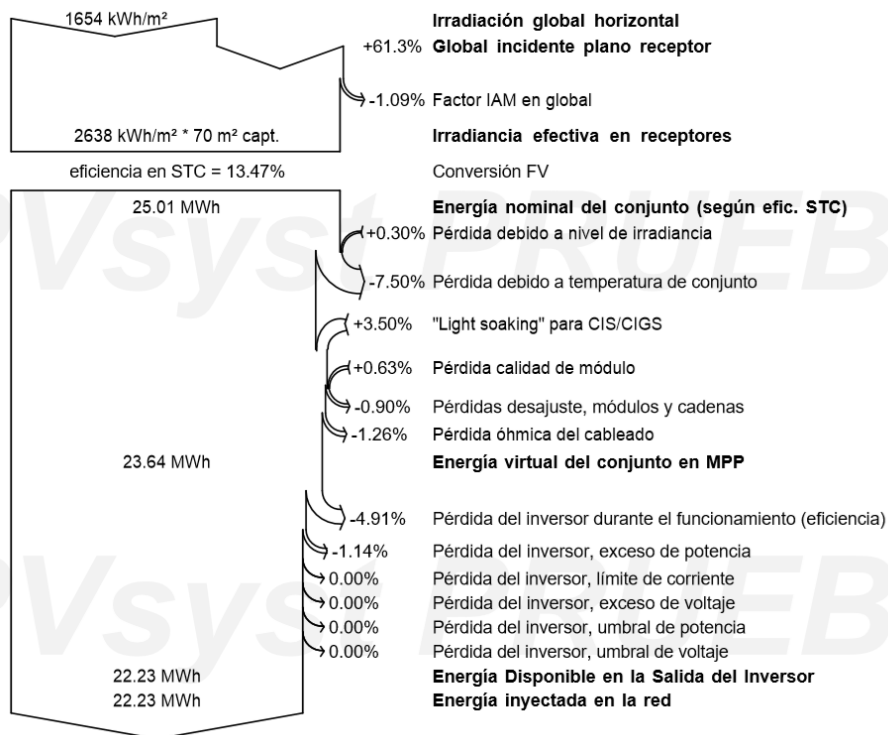


Gráfico 90. Pérdidas del caso 8 en Zaragoza.

2. Resultados de Ninja.Renewables:

	SARAH		MERRA	
	[W/día]	[kWh]	[W/día]	[kWh]
Enero	1.917	1.426,6	1.750	1.302,3
Febrero	2.295	1.542,3	1.901	1.277,8
Marzo	2.440	1.815,3	2.211	1.645,1
Abril	3.084	2.220,2	2.702	1.945,2
Mayo	3.356	2.496,9	3.081	2.292,6
Junio	3.468	2.496,8	3.076	2.214,8
Julio	3.371	2.508,0	3.144	2.339,3
Agosto	3.013	2.242,0	2.836	2.109,8
Septiembre	2.674	1.925,2	2.503	1.801,9
Octubre	2.131	1.585,7	1.923	1.430,5
Noviembre	1.624	1.169,1	1.922	1.383,6
Diciembre	1.185	881,9	1.489	1.107,5
AÑO	2.547	22.309,8	2.378	20.850,4

Tabla 182. Resultados del Ninja.Renewables del caso 8 en Zaragoza.

3. Resultados de PVGIS:

Base de datos solar	PVGIS-SARAH		PVGIS-CMSAF		PVGIS-ERA5		PVGIS-COSMO	
PV Instalado	10 kWp							
Pérdidas sistema	11,12%							
	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²
Enero	1.378,0	147,3	1.189,4	127,2	1.510,6	162,3	953,6	101,9
Febrero	1.689,5	181,6	1.526,9	164,0	1.709,4	184,0	1.284,2	137,4
Marzo	2.083,8	228,0	2.022,6	221,5	2.235,9	245,3	1.818,2	198,8
Abril	2.250,1	250,4	2.167,6	241,6	2.360,7	262,9	1.964,3	218,5
Mayo	2.511,3	284,0	2.512,2	283,4	2.681,1	303,1	2.263,4	255,9
Junio	2.624,4	303,4	2.632,4	303,8	2.680,0	309,5	2.323,5	268,4
Julio	2.914,3	340,4	2.899,2	337,6	2.893,0	337,8	2.519,6	294,0
Agosto	2.712,5	315,9	2.664,2	310,5	2.691,0	313,5	2.278,0	264,7
Septiembre	2.199,8	252,4	2.140,9	245,4	2.215,3	253,9	1.805,8	206,7
Octubre	1.833,6	206,3	1.746,9	196,0	1.887,6	212,5	1.433,2	160,7
Noviembre	1.399,9	152,5	1.313,8	142,6	1.469,7	160,2	980,3	106,6
Diciembre	1.297,9	138,8	1.114,2	118,8	1.423,7	153,2	879,0	93,9
Irradiación anual (H) [kWh/m ²]	2.801,0		2.692,4		2.898,2		2.307,5	
Producción anual de PV (E) [kWh]	24.895,2		23.930,2		25.758,0		20.503,1	

Tabla 183. Resultados del PVGIS del caso 8 en Zaragoza.

4. Recopilación de resultados anuales:

Base de datos	PVGIS	PVsyst	Ninja.Renewables
SARAH	24,895 MWh		22,310 MWh
CMSAF	23,930 MWh		
ERA5	25,758 MWh		
COSMO	20,503 MWh		
Meteonorm		22,226 MWh	
MERRA			20,850 MWh

Tabla 184. Comparativa de resultados del caso 8 en Zaragoza.

A.5. Sevilla

A.5.1. Caso 1

Diseño de una instalación fotovoltaica en Sevilla de 10 kWp, con módulos solares fijos, de silicio cristalino, con inclinación 0° y azimut 0°.

El módulo fotovoltaico empleado es el modelo JAM6-72-315/SI del fabricante JA Solar, cuya potencia nominal son 315 Wp/mod y su eficiencia del 16,27%.

El inversor empleado es el IG Plus 120 V-3 del fabricante Fronius International.

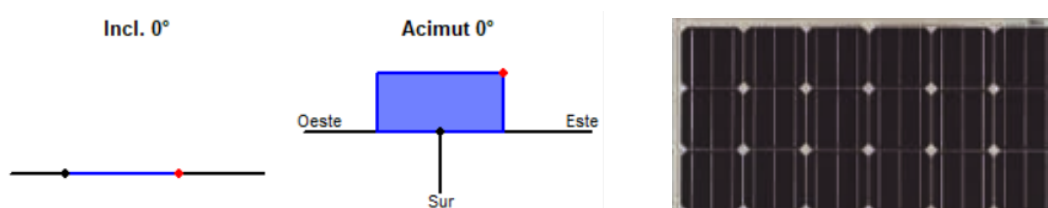


Ilustración 47. Tecnología empleada en el caso 1 en Sevilla.

1. Resultados de PVsyst con la base de datos Meteonorm:

	Irradiación Global	Irradiación Difusa	Irradiación Glob. efect.	Energía efect. en salida	Energía inyectada en la red	Índice rendim.
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	%
Ene	78,0	26,1	73,0	730	695	85,7
Feb	91,4	35,1	86,6	852	812	85,5
Mar	145,7	50,0	139,6	1.332	1.271	83,9
Abr	160,5	76,2	154,4	1.456	1.390	83,3
May	205,3	81,1	198,4	1.817	1.735	81,3
Jun	215,9	78,2	209,1	1.854	1.769	78,8
Jul	235,1	65,0	228,3	1.994	1.903	77,9
Ago	201,6	70,1	194,8	1.723	1.646	78,6
Sept	161,2	54,8	155,1	1.416	1.353	80,7
Oct	119,7	44,0	114,2	1.082	1.032	82,9
Nov	74,8	36,5	70,5	694	660	84,9
Dic	66,9	27,6	62,3	624	593	85,3
AÑO	1.756,1	644,6	1.686,2	15.574	14.859	81,4

Tabla 185. Resultados del PVsyst del caso 1 en Sevilla.

Las pérdidas durante todo el año son las mostradas en el gráfico 113. Las pérdidas del sistema son del 15,28%.

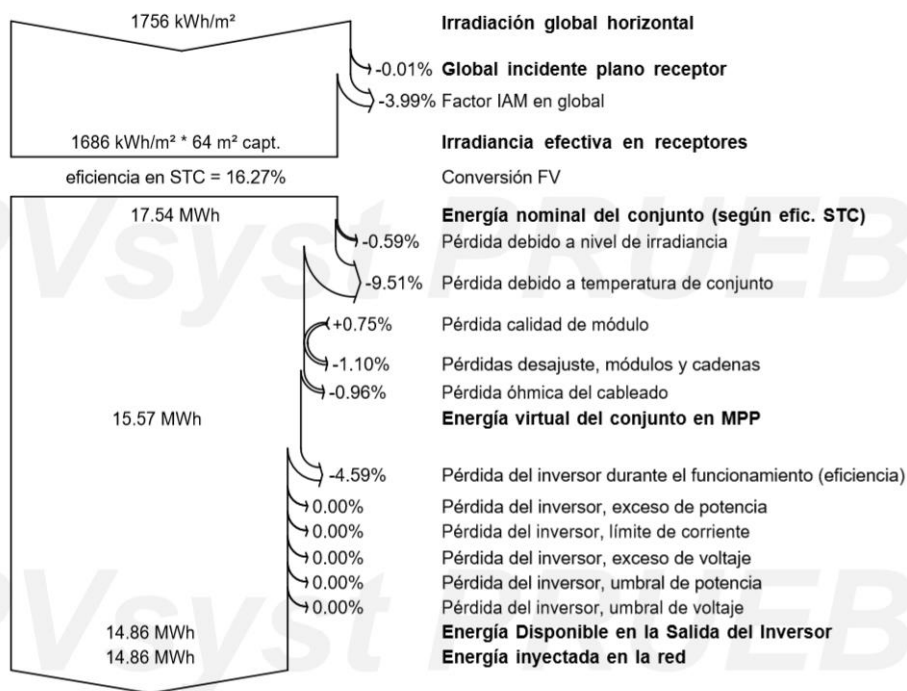


Gráfico 91. Pérdidas del caso 1 en Sevilla.

2. Resultados de Ninja.Renewables:

	SARAH		MERRA	
	[W/día]	[kWh]	[W/día]	[kWh]
Enero	1.110	825,8	921	685,2
Febrero	1.316	884,4	1.193	801,7
Marzo	1.718	1.278,2	1.565	1.164,4
Abril	2.056	1.480,3	1.710	1.231,2
Mayo	2.552	1.898,7	2.168	1.613,0
Junio	2.543	1.831,0	2.234	1.608,5
Julio	2.629	1.956,0	2.259	1.680,7
Agosto	2.097	1.560,2	1.910	1.421,0
Septiembre	1.904	1.370,9	1.659	1.194,5
Octubre	1.220	907,7	1.100	818,4
Noviembre	1.188	855,4	1.020	734,4
Diciembre	944	702,3	715	532,0
AÑO	1.773	15.550,8	1.538	13.484,9

Tabla 186. Resultados del Ninja.Renewables del caso 1 en Sevilla.

3. Resultados de PVGIS:

Base de datos solar	PVGIS-SARAH		PVGIS-CMSAF		PVGIS-ERA5		PVGIS-COSMO	
PV Instalado	10 kWp							
Pérdidas del sistema	15,28%							
	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²
Enero	740,0	84,1	693,6	78,6	701,3	79,8	614,1	69,6
Febrero	880,4	98,6	852,4	95,5	864,3	97,2	752,5	84,4
Marzo	1.303,5	146,7	1.301,6	146,5	1.307,5	147,1	1.163,7	131,2
Abril	1.535,6	177,1	1.497,8	172,4	1.527,6	175,9	1.398,8	161,2
Mayo	1.871,1	220,9	1.887,8	222,7	1.851,4	218,1	1.705,8	201,3
Junio	1.946,6	235,7	1.958,6	237,2	1.924,5	232,7	1.769,6	213,8
Julio	2.048,4	252,1	2.050,1	252,5	2.016,4	247,8	1.857,4	227,8
Agosto	1.832,3	224,4	1.815,3	222,5	1.801,4	220,7	1.649,6	201,6
Septiembre	1.411,3	168,0	1.365,7	162,7	1.359,7	161,8	1.185,4	141,1
Octubre	1.070,3	125,0	1.066,0	124,3	1.028,2	120,2	897,0	104,8
Noviembre	773,2	88,7	753,3	86,6	733,8	84,8	627,0	72,3
Diciembre	662,0	76,1	621,4	71,2	622,2	71,9	515,4	59,3
Irradiación anual (H) [kWh/m ²]	1.897,4		1.872,7		1.858,0		1.668,4	
Producción anual de PV (E) [kWh]	16.074,7		15.863,5		15.738,2		14.136,2	

Tabla 187. Resultados del PVGIS del caso 1 en Sevilla.

4. Recopilación de resultados anuales:

Base de datos	PVGIS	PVsyst	Ninja.Renewables
SARAH	16,075 MWh		15,551 MWh
CMSAF	15,864 MWh		
ERA5	15,738 MWh		
COSMO	14,136 MWh		
Meteonorm		14,859 MWh	
MERRA			13,485 MWh

Tabla 188. Comparativa de resultados del caso 1 en Sevilla.

A.5.2. Caso 2

Diseño de una instalación fotovoltaica en Sevilla de 10 kWp, con módulos solares fijos, de silicio cristalino, con inclinación óptima y acimut 0°.

El módulo fotovoltaico empleado es el modelo JAM6-72-315/SI del fabricante JA Solar, cuya potencia nominal son 315 Wp/mod y su eficiencia del 16,27%.

El inversor empleado es el IG Plus 120 V-3 del fabricante Fronius International.

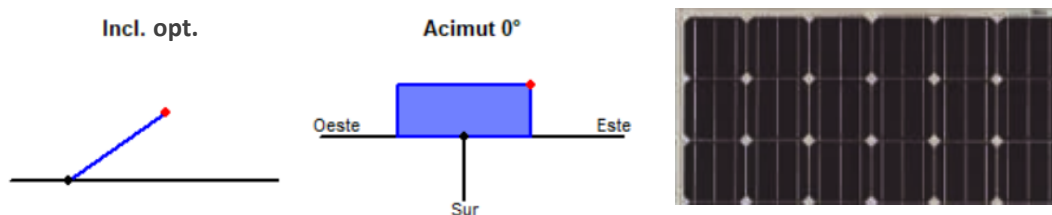


Ilustración 48. Tecnología empleada en el caso 2 en Sevilla.

1. Resultados de PVsyst con la base de datos Meteonorm:

	Irradiación Global	Irradiación Difusa	Irradiación Glob. efect.	Energía efect. en salida	Energía inyectada en la red	Índice rendim.
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	%
Ene	131,2	43,9	128,4	1.234	1.178	86,3
Feb	132,5	50,9	129,4	1.229	1.172	85,1
Mar	183,8	63,1	179,3	1.660	1.584	82,9
Abr	168,9	80,1	163,8	1.522	1.452	82,7
May	195,5	77,2	189,2	1.724	1.645	80,9
Jun	195,3	70,7	188,9	1.673	1.595	78,6
Jul	217,6	60,2	211,0	1.836	1.750	77,4
Ago	205,7	71,5	199,9	1.744	1.665	77,9
Sept	191,3	65,0	186,6	1.659	1.583	79,6
Oct	162,3	59,6	158,5	1.451	1.385	82,1
Nov	112,8	55,0	110,0	1.051	1.003	85,5
Dic	115,9	47,8	113,2	1.098	1.048	86,9
AÑO	2.012,8	745,1	1.958,3	17.880	17.059	81,5

Tabla 189. Resultados del PVsyst del caso 2 en Sevilla.

Las pérdidas durante todo el año son las mostradas en el gráfico 114. Las pérdidas del sistema son del 16,29%.

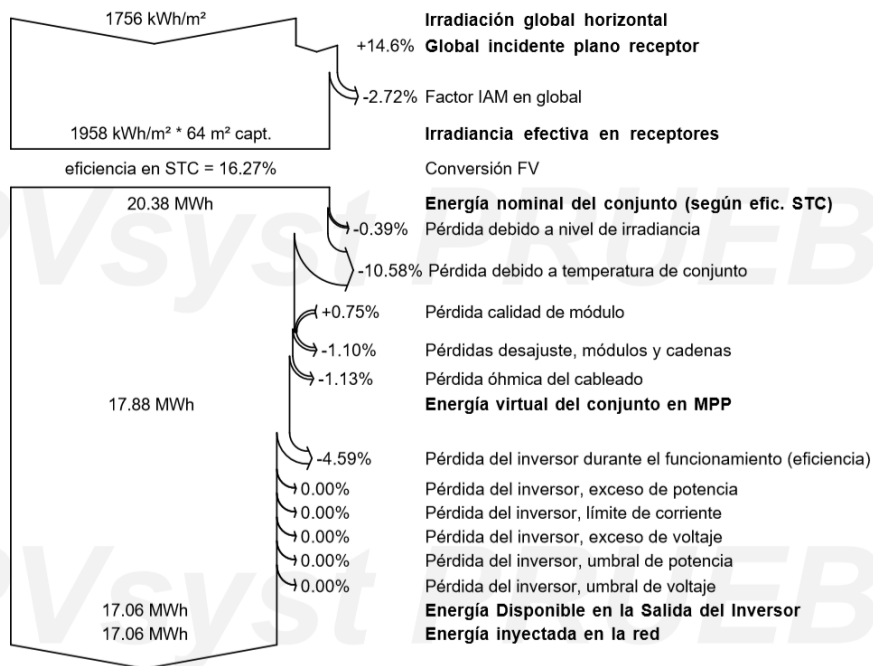


Gráfico 92. Pérdidas del caso 2 en Sevilla.

2. Resultados de Ninja.Renewables:

	SARAH		MERRA	
	[W/día]	[kWh]	[W/día]	[kWh]
Enero	1.784	1.327,3	1.468	1.092,2
Febrero	1.731	1.163,2	1.620	1.088,6
Marzo	1.985	1.476,8	1.868	1.389,8
Abril	2.091	1.505,5	1.745	1.256,4
Mayo	2.397	1.783,4	2.026	1.507,3
Junio	2.279	1.640,9	1.990	1.432,8
Julio	2.400	1.785,6	2.048	1.523,7
Agosto	2.072	1.541,6	1.896	1.410,6
Septiembre	2.110	1.519,2	1.863	1.341,4
Octubre	1.469	1.092,9	1.354	1.007,4
Noviembre	1.796	1.293,1	1.591	1.145,5
Diciembre	1.527	1.136,1	1.092	812,4
AÑO	1.970	17.265,6	1.713	15.008,2

Tabla 190. Resultados del Ninja.Renewables del caso 2 en Sevilla.

3. Resultados de PVGIS:

Base de datos solar	PVGIS-SARAH		PVGIS-CMSAF		PVGIS-ERA5		PVGIS-COSMO	
PV Instalado	10 kWp							
Pérdidas del sistema	16,29%							
Ángulo inclinación	34°		33°		35°		32°	
	E kWh	H kWh/m2	E kWh	H kWh/m2	E kWh	H kWh/m2	E kWh	H kWh/m2
Enero	1.289,3	143,7	1.136,6	126,5	1.240,8	137,8	947,3	105,2
Febrero	1.264,2	142,6	1.203,0	135,6	1.283,4	145,0	1.021,8	115,0
Marzo	1.562,1	180,1	1.565,7	180,4	1.597,5	184,2	1.375,3	158,1
Abril	1.576,9	187,3	1.545,2	183,0	1.578,3	187,2	1.453,7	171,9
Mayo	1.728,1	210,3	1.754,7	213,1	1.695,5	206,6	1.617,4	196,4
Junio	1.707,8	213,3	1.726,1	215,4	1.660,6	207,7	1.600,4	199,0
Julio	1.835,6	233,3	1.845,8	234,3	1.780,3	226,5	1.714,3	216,6
Agosto	1.815,6	229,7	1.806,1	228,6	1.772,5	224,3	1.660,3	208,9
Septiembre	1.603,9	196,5	1.552,3	190,1	1.556,5	190,7	1.330,1	162,1
Octubre	1.437,0	170,8	1.436,9	170,0	1.411,9	167,6	1.150,0	136,0
Noviembre	1.253,8	142,5	1.213,5	137,7	1.234,5	140,7	937,8	106,6
Diciembre	1.226,2	136,2	1.090,4	120,8	1.186,3	131,8	829,6	92,3
Irradiación anual (H) [kWh/m ²]	2.186,3		2.135,5		2.150,1		1.868,1	
Producción anual de PV (E) [kWh]	18.300,8		17.876,5		17.998,0		15.638,0	

Tabla 191. Resultados del PVGIS del caso 2 en Sevilla.

4. Recopilación de resultados anuales:

Base de datos	PVGIS	PVsyst	Ninja.Renewables
SARAH	18,301 MWh		17,266 MWh
CMSAF	17,877 MWh		
ERA5	17,998 MWh		
COSMO	15,638 MWh		
Meteonorm		17,059 MWh	
MERRA			15,008 MWh

Tabla 192. Comparativa de resultados del caso 2 en Sevilla.

A.5.3. Caso 3

Diseño de una instalación fotovoltaica en Sevilla de 10 kWp, con módulos solares fijos, de CIS, con inclinación 0° y azimut 0°.

El módulo fotovoltaico empleado es el modelo CIGS-3150A1 del fabricante Hulk Energy Technology, cuya potencia nominal son 315 Wp/mod y su eficiencia del 13,47%.

El inversor empleado es el IG Plus 100 V-3 del fabricante Fronius International.

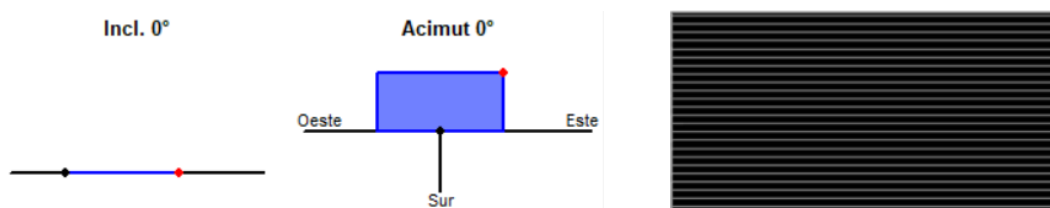


Ilustración 49. Tecnología empleada en el caso 3 en Sevilla.

1. Resultados de PVsyst con la base de datos Meteonorm:

	Irradiación Global	Irradiación Difusa	Irradiación Glob. efect.	Energía efect. en salida	Energía inyectada en la red	Índice rendim.
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	%
Ene	78,0	26,1	73,0	702	668	90,6
Feb	91,4	35,1	86,6	821	783	90,6
Mar	145,7	50,0	139,6	1.295	1.234	89,6
Abr	160,5	76,2	154,4	1.421	1.354	89,2
May	205,3	81,1	198,4	1.789	1.703	87,8
Jun	215,9	78,2	209,1	1.846	1.755	86,0
Jul	235,1	65,0	228,3	1.996	1.897	85,4
Ago	201,6	70,1	194,8	1.719	1.637	85,9
Sept	161,2	54,8	155,1	1.397	1.331	87,4
Oct	119,7	44,0	114,2	1.055	1.006	88,9
Nov	74,8	36,5	70,5	670	638	90,2
Dic	66,9	27,6	62,3	600	571	90,4
AÑO	1.756,1	644,6	1.686,2	15.312	14.575	87,8

Tabla 193. Resultados del PVsyst del caso 3 en Sevilla.

Las pérdidas durante todo el año son las mostradas en el gráfico 115. Las pérdidas del sistema son del 8,82%.

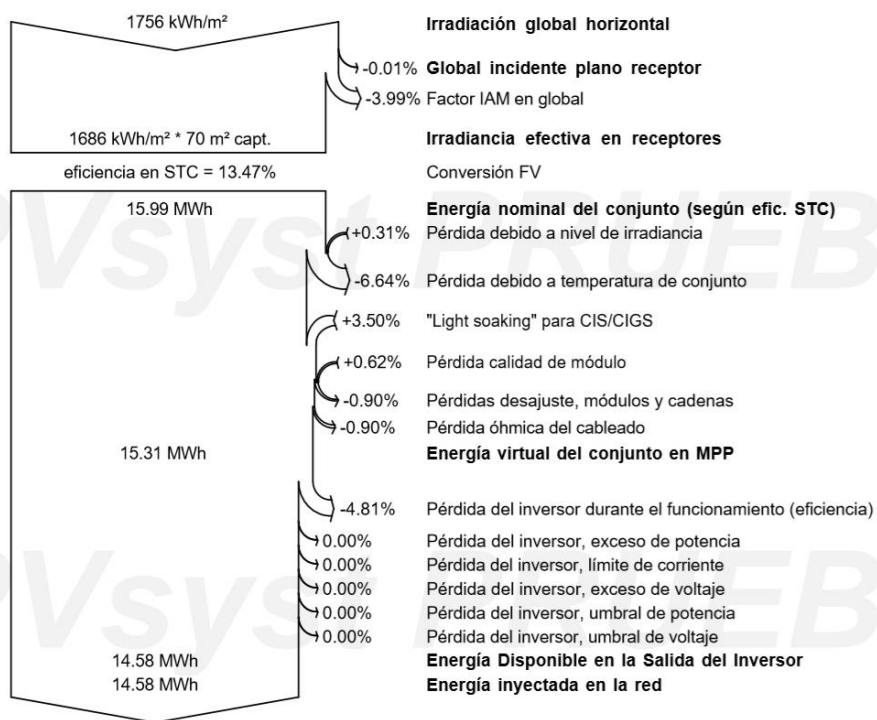


Gráfico 93. Pérdidas del caso 3 en Sevilla.

2. Resultados de Ninja.Renewables:

	SARAH		MERRA	
	[W/día]	[kWh]	[W/día]	[kWh]
Enero	1.195	888,8	991	737,5
Febrero	1.416	951,8	1.284	862,8
Marzo	1.849	1.375,7	1.684	1.253,1
Abril	2.213	1.593,2	1.840	1.325,1
Mayo	2.747	2.043,5	2.333	1.736,0
Junio	2.737	1.970,6	2.404	1.731,1
Julio	2.829	2.105,1	2.431	1.808,9
Agosto	2.257	1.679,1	2.056	1.529,4
Septiembre	2.049	1.475,4	1.786	1.285,6
Octubre	1.313	976,9	1.184	880,8
Noviembre	1.279	920,6	1.098	790,4
Diciembre	1.016	755,9	770	572,5
AÑO	1.908	16.736,5	1.655	14.513,2

Tabla 194. Resultados del Ninja.Renewables del caso 3 en Sevilla.

3. Resultados de PVGIS:

Base de datos solar	PVGIS-SARAH		PVGIS-CMSAF		PVGIS-ERA5		PVGIS-COSMO	
PV Instalado	10 kWp							
Pérdidas del sistema	8,82%							
	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²
Enero	780,0	84,1	731,8	78,6	738,9	79,8	648,4	69,6
Febrero	933,7	98,6	904,2	95,5	916,9	97,2	798,3	84,4
Marzo	1.386,0	146,7	1.383,7	146,5	1.389,7	147,1	1.237,2	131,2
Abril	1.652,4	177,1	1.611,0	172,4	1.643,7	175,9	1.504,7	161,2
Mayo	2.024,5	220,9	2.041,5	222,7	2.003,4	218,1	1.845,4	201,3
Junio	2.117,3	235,7	2.129,9	237,2	2.093,6	232,7	1.923,9	213,8
Julio	2.236,3	252,1	2.238,0	252,5	2.201,6	247,8	2.026,6	227,8
Agosto	1.996,0	224,4	1.976,9	222,5	1.961,9	220,7	1.794,7	201,6
Septiembre	1.519,2	168,0	1.469,8	162,7	1.463,1	161,8	1.272,8	141,1
Octubre	1.140,2	125,0	1.135,2	124,3	1.094,4	120,2	953,3	104,8
Noviembre	817,9	88,7	797,0	86,6	776,7	84,8	663,2	72,3
Diciembre	696,9	76,1	655,1	71,2	655,4	71,9	544,2	59,3
Irradiación anual (H) [kWh/m ²]	1.897,4		1.872,7		1.858,0		1.668,4	
Producción anual de PV (E) [kWh]	17.300,1		17.074,2		16.939,3		15.212,6	

Tabla 195. Resultados del PVGIS del caso 3 en Sevilla.

4. Recopilación de resultados anuales:

Base de datos	PVGIS	PVsyst	Ninja.Renewables
SARAH	17,300 MWh		16,737 MWh
CMSAF	17,074 MWh		
ERA5	16,939 MWh		
COSMO	15,213 MWh		
Meteonorm		14,575 MWh	
MERRA			14,513 MWh

Tabla 196. Comparativa de resultados del caso 3 en Sevilla.

A.5.4. Caso 4

Diseño de una instalación fotovoltaica en Sevilla de 10 kWp, con módulos solares fijos, de CIS, con inclinación óptima y azimut 0°.

El módulo fotovoltaico empleado es el modelo CIGS-3150A1 del fabricante Hulk Energy Technology, cuya potencia nominal son 315 Wp/mod y su eficiencia del 13,47%.

El inversor empleado es el IG Plus 100 V-3 del fabricante Fronius International.

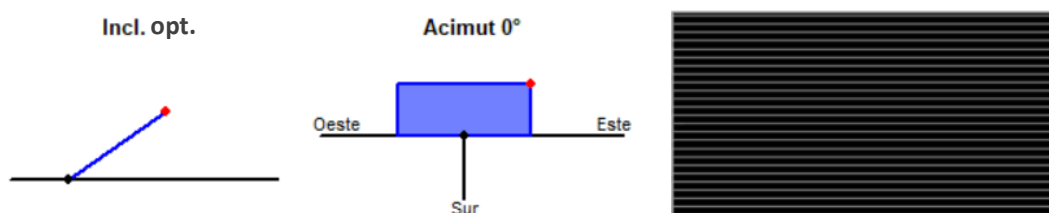


Ilustración 50. Tecnología empleada en el caso 4 en Sevilla.

1. Resultados de PVsyst con la base de datos Meteonorm:

	Irradiación Global	Irradiación Difusa	Irradiación Glob. efect.	Energía efect. en salida	Energía inyectada en la red	Índice rendim.
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	%
Ene	131,2	43,9	128,4	1.195	1.137	91,7
Feb	132,5	50,9	129,4	1.193	1.134	90,6
Mar	183,8	63,1	179,3	1.614	1.535	88,4
Abr	168,9	80,1	163,8	1.487	1.415	88,7
May	195,5	77,2	189,2	1.697	1.614	87,4
Jun	195,3	70,7	188,9	1.666	1.583	85,8
Jul	217,6	60,2	211,0	1.839	1.747	84,9
Ago	205,7	71,5	199,9	1.747	1.661	85,4
Sept	191,3	65,0	186,6	1.646	1.565	86,5
Oct	162,3	59,6	158,5	1.426	1.356	88,4
Nov	112,8	55,0	110,0	1.022	972	91,2
Dic	115,9	47,8	113,2	1.062	1.011	92,3
AÑO	2.012,8	745,1	1.958,3	17.595	16.730	87,9

Tabla 197. Resultados del PVsyst del caso 4 en Sevilla.

Las pérdidas durante todo el año son las mostradas en el gráfico 116. Las pérdidas del sistema son del 9,91%.

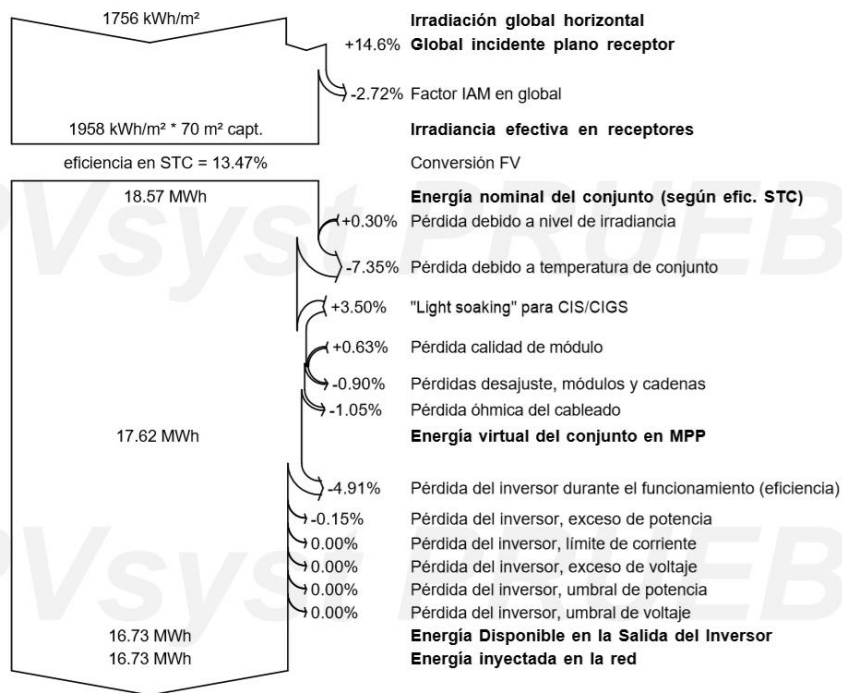


Gráfico 94. Pérdidas del caso 4 en Sevilla.

2. Resultados de Ninja.Renewables:

	SARAH		MERRA	
	[W/día]	[kWh]	[W/día]	[kWh]
Enero	1.920	1.428,5	1.580	1.175,4
Febrero	1.863	1.251,9	1.743	1.171,6
Marzo	2.136	1.589,4	2.010	1.495,7
Abril	2.250	1.620,3	1.878	1.352,2
Mayo	2.580	1.919,3	2.180	1.622,2
Junio	2.453	1.765,9	2.142	1.542,0
Julio	2.583	1.921,7	2.204	1.639,8
Agosto	2.230	1.659,1	2.041	1.518,1
Septiembre	2.271	1.635,0	2.005	1.443,6
Octubre	1.581	1.176,2	1.457	1.084,2
Noviembre	1.933	1.391,7	1.712	1.232,8
Diciembre	1.643	1.222,7	1.175	874,4
AÑO	2.120	18.581,6	1.844	16.152,1

Tabla 198. Resultados del Ninja.Renewables del caso 4 en Sevilla.

3. Resultados de PVGIS:

Base de datos solar	PVGIS-SARAH		PVGIS-CMSAF		PVGIS-ERA5		PVGIS-COSMO	
PV Instalado	10 kWp							
Pérdidas del sistema	9,91%							
Ángulo de inclinación	34°		33°		34°		32°	
	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²
Enero	1.361,0	143,6	1.199,9	126,4	1.305,1	137,3	999,7	105,2
Febrero	1.343,2	142,5	1.278,2	135,5	1.361,5	144,7	1.085,6	115,0
Marzo	1.664,9	180,1	1.667,5	180,3	1.701,1	184,1	1.465,1	158,1
Abril	1.701,4	187,3	1.666,0	183,0	1.704,4	187,4	1.567,2	171,9
Mayo	1.875,9	210,4	1.903,3	213,2	1.844,3	207,0	1.753,5	196,4
Junio	1.863,5	213,4	1.882,8	215,6	1.816,8	208,3	1.743,3	199,0
Julio	2.009,7	233,4	2.020,3	234,4	1.954,2	227,1	1.873,7	216,6
Agosto	1.982,2	229,8	1.971,1	228,6	1.938,1	224,6	1.810,0	208,9
Septiembre	1.731,3	196,5	1.675,0	190,1	1.680,7	190,7	1.433,0	162,1
Octubre	1.537,8	170,7	1.536,9	170,0	1.508,7	167,3	1.228,3	136,0
Noviembre	1.331,9	142,4	1.288,4	137,6	1.308,8	140,3	995,1	106,6
Diciembre	1.293,0	136,1	1.150,2	120,7	1.247,0	131,4	874,7	92,3
Irradiación anual (H) [kWh/m ²]	2.186,2		2.135,4		2.150,2		1.868,1	
Producción anual de PV (E) [kWh]	19.695,9		19.239,6		19.370,8		16.829,2	

Tabla 199. Resultados del PVGIS del caso 4 en Sevilla.

4. Recopilación de resultados anuales:

Base de datos	PVGIS	PVsyst	Ninja.Renewables
SARAH	19,696 MWh		18,582 MWh
CMSAF	19,240 MWh		
ERA5	19,371 MWh		
COSMO	16,829 MWh		
Meteonorm		16,730 MWh	
MERRA			16,152 MWh

Tabla 200. Comparativa de resultados del caso 4 en Sevilla.

A.5.5. Caso 5

Diseño de una instalación fotovoltaica en Sevilla de 10 kWp, con módulos solares con sistema de seguimiento, de silicio cristalino, con inclinación óptima constante.

El módulo fotovoltaico empleado es el modelo JAM6-72-315/SI del fabricante JA Solar, cuya potencia nominal son 315 Wp/mod y su eficiencia del 16,27%.

El inversor empleado es el IG Plus 120 V-3 del fabricante Fronius International.

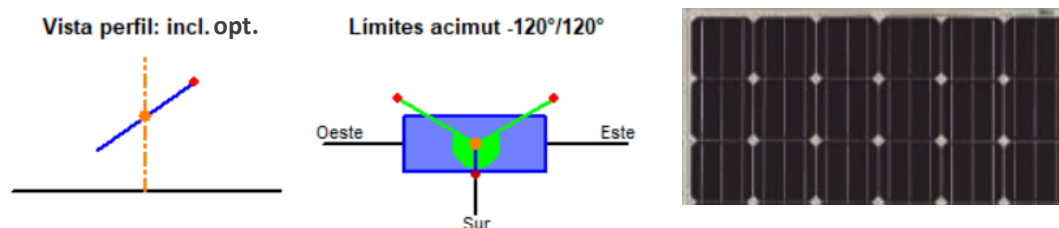


Ilustración 51. Tecnología empleada en el caso 5 en Sevilla.

1. Resultados de PVsyst con la base de datos Meteonorm:

	Irradiación Global	Irradiación Difusa	Irradiación Glob. efect.	Energía efect. en salida	Energía inyectada en la red	Índice rendim.
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	%
Ene	163,5	54,7	161,9	1.523	1.453	85,5
Feb	164,4	63,1	162,5	1.516	1.447	84,7
Mar	233,5	80,1	230,8	2.105	2.010	82,8
Abr	216,7	102,8	213,1	1.964	1.876	83,3
May	269,6	106,5	265,4	2.392	2.285	81,5
Jun	278,7	100,9	274,5	2.406	2.298	79,3
Jul	312,2	86,3	308,2	2.653	2.532	78,0
Ago	281,0	97,7	277,1	2.399	2.292	78,5
Sept	244,9	83,3	241,9	2.127	2.031	79,8
Oct	201,7	74,1	199,4	1.794	1.713	81,7
Nov	136,9	66,7	135,0	1.272	1.214	85,3
Dic	142,9	59,0	141,2	1.345	1.284	86,4
AÑO	2.646,0	975,3	2.611,0	23.498	22.436	81,6

Tabla 201. Resultados del PVsyst del caso 5 en Sevilla.

Las pérdidas durante todo el año son las mostradas en el gráfico 117. Las pérdidas del sistema son del 17,41%.

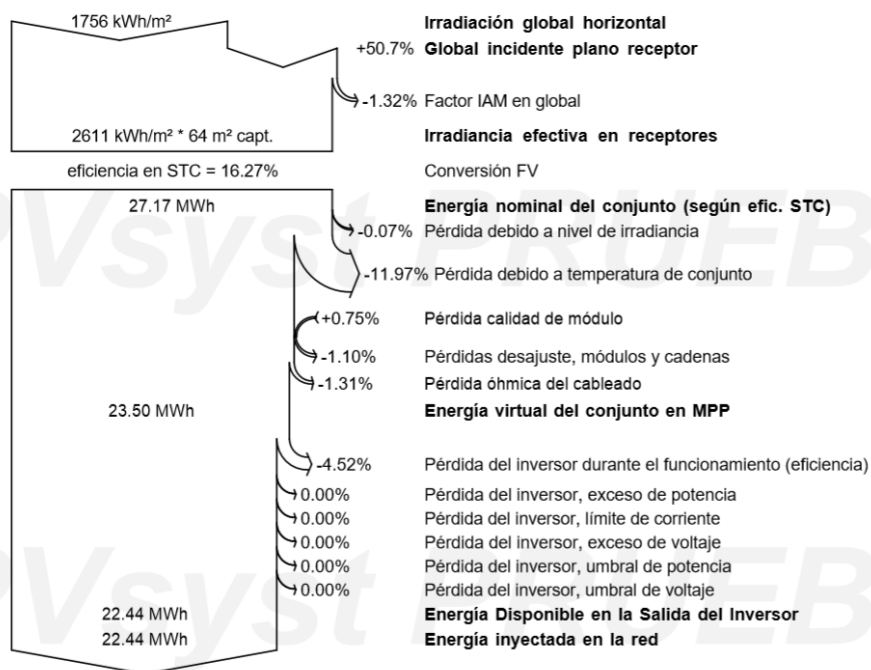


Gráfico 95. Pérdidas del caso 5 en Sevilla.

2. Resultados de Ninja.Renewables:

	SARAH		MERRA	
	[W/día]	[kWh]	[W/día]	[kWh]
Enero	2.239	1.665,8	1.800	1.339,2
Febrero	2.118	1.423,3	1.976	1.327,9
Marzo	2.367	1.761,0	2.332	1.735,0
Abril	2.506	1.804,3	2.003	1.442,2
Mayo	2.935	2.183,6	2.589	1.926,2
Junio	2.846	2.049,1	2.583	1.859,8
Julio	3.064	2.279,6	2.735	2.034,8
Agosto	2.523	1.877,1	2.375	1.767,0
Septiembre	2.578	1.856,2	2.305	1.659,6
Octubre	1.703	1.267,0	1.582	1.177,0
Noviembre	2.227	1.603,4	1.981	1.426,3
Diciembre	1.889	1.405,4	1.303	969,4
AÑO	2.416	21.176,0	2.130	18.664,4

Tabla 202. Resultados del Ninja.Renewables del caso 5 en Sevilla.

3. Resultados de PVGIS:

Base de datos solar	PVGIS-SARAH		PVGIS-CMSAF		PVGIS-ERA5		PVGIS-COSMO	
PV Instalado	10 kWp							
Pérdidas del sistema	17,41%							
Ángulo inclinación	54°		54°		55°		51°	
	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²
Enero	1.607,0	183,2	1.386,8	157,9	1.529,4	173,8	1.112,7	125,9
Febrero	1.553,7	178,7	1.480,7	170,2	1.613,4	185,6	1.202,2	137,7
Marzo	1.945,0	227,5	1.977,3	231,1	2.021,2	236,5	1.627,8	190,3
Abril	2.047,9	245,2	1.969,2	235,5	2.125,1	253,8	1.762,0	210,8
Mayo	2.369,4	289,6	2.434,3	296,9	2.378,0	290,8	2.066,1	252,7
Junio	2.434,2	304,6	2.492,2	311,7	2.456,5	307,6	2.135,5	266,8
Julio	2.656,2	338,0	2.719,7	345,5	2.607,7	332,8	2.300,6	292,1
Agosto	2.469,9	314,5	2.500,3	318,1	2.506,9	319,1	2.125,7	269,8
Septiembre	2.058,1	255,4	2.019,8	250,0	2.031,4	251,7	1.607,9	198,7
Octubre	1.784,8	215,7	1.790,7	216,1	1.764,6	213,2	1.350,2	162,6
Noviembre	1.527,4	177,8	1.515,2	175,7	1.533,9	178,6	1.105,5	128,1
Diciembre	1.522,1	173,0	1.334,9	151,3	1.475,1	167,7	978,0	110,7
Irradiación anual (H) [kWh/m ²]	2.903,2		2.860,0		2.911,2		2.346,2	
Producción anual de PV (E) [kWh]	23.975,8		23.621,0		24.043,4		19.374,1	

Tabla 203. Resultados del PVGIS del caso 5 en Sevilla.

4. Recopilación de resultados anuales:

Base de datos	PVGIS	PVsyst	Ninja.Renewables
SARAH	23,976 MWh		21,176 MWh
CMSAF	23,621 MWh		
ERA5	24,043 MWh		
COSMO	19,374 MWh		
Meteonorm		22,436 MWh	
MERRA			18,664 MWh

Tabla 204. Comparativa de resultados del caso 5 en Sevilla.

A.5.6. Caso 6

Diseño de una instalación fotovoltaica en Sevilla de 10 kWp, con módulos solares con sistema de seguimiento, de CIS, con inclinación óptima constante.

El módulo fotovoltaico empleado es el modelo CIGS-3150A1 del fabricante Hulk Energy Technology, cuya potencia nominal son 315 Wp/mod y su eficiencia del 13,47%.

El inversor empleado es el IG Plus 100 V-3 del fabricante Fronius International.

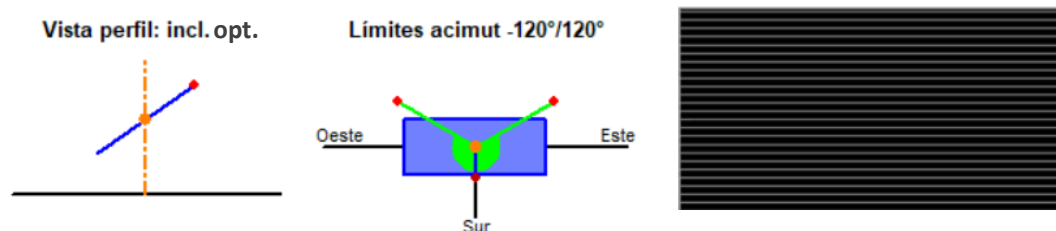


Ilustración 52. Tecnología empleada en el caso 6 en Sevilla.

1. Resultados de PVsyst con la base de datos Meteonorm:

	Irradiación Global	Irradiación Difusa	Irradiación Glob. efect.	Energía efect. en salida	Energía inyectada en la red	Índice rendim.
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	%
Ene	163,5	54,7	161,9	1.468	1.395	90,3
Feb	164,4	63,1	162,5	1.464	1.392	89,6
Mar	233,5	80,1	230,8	2.039	1.938	87,8
Abr	216,7	102,8	213,1	1.922	1.829	89,3
May	269,6	106,5	265,4	2.361	2.245	88,1
Jun	278,7	100,9	274,5	2.404	2.285	86,7
Jul	312,2	86,3	308,2	2.667	2.532	85,8
Ago	281,0	97,7	277,1	2.410	2.291	86,3
Sept	244,9	83,3	241,9	2.117	2.011	86,9
Oct	201,7	74,1	199,4	1.764	1.677	87,9
Nov	136,9	66,7	135,0	1.236	1.176	90,9
Dic	142,9	59,0	141,2	1.305	1.241	91,9
AÑO	2.646,0	975,3	2.611,0	23.156	22.011	88,0

Tabla 205. Resultados del PVsyst del caso 6 en Sevilla.

Las pérdidas durante todo el año son las mostradas en el gráfico 118. Las pérdidas del sistema son del 11,07%.

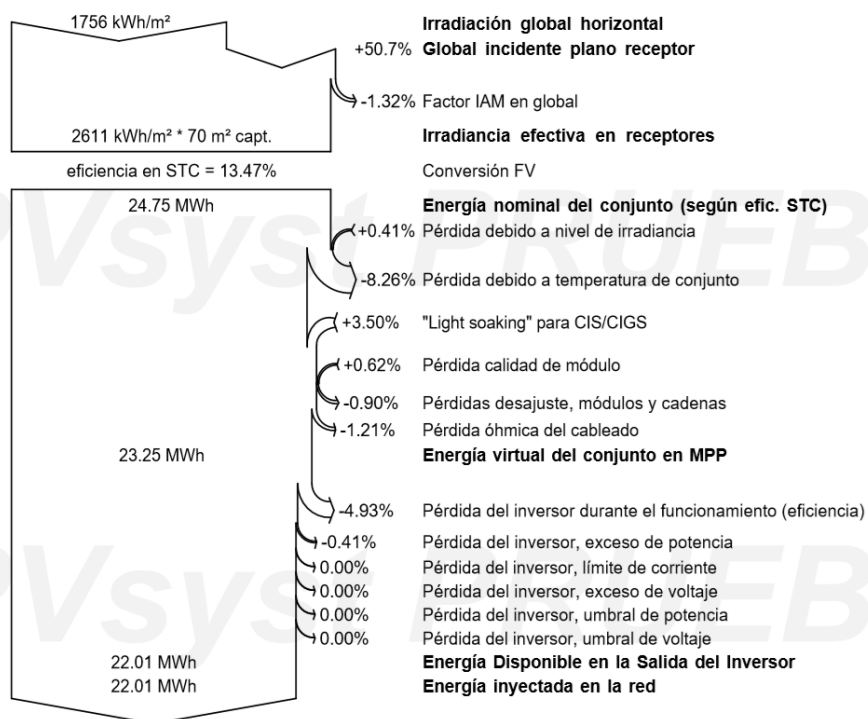


Gráfico 96. Pérdidas del caso 6 en Sevilla.

2. Resultados de Ninja.Renewables:

	SARAH		MERRA	
	[W/día]	[kWh]	[W/día]	[kWh]
Enero	2.411	1.793,7	1.938	1.442,0
Febrero	2.281	1.532,6	2.128	1.429,8
Marzo	2.549	1.896,2	2.511	1.868,2
Abril	2.698	1.942,8	2.157	1.552,9
Mayo	3.160	2.351,3	2.788	2.074,1
Junio	3.064	2.206,4	2.781	2.002,5
Julio	3.299	2.454,6	2.945	2.191,0
Agosto	2.717	2.021,2	2.557	1.902,6
Septiembre	2.776	1.998,6	2.482	1.787,0
Octubre	1.834	1.364,3	1.703	1.267,4
Noviembre	2.398	1.726,5	2.133	1.535,8
Diciembre	2.034	1.513,3	1.403	1.043,9
AÑO	2.602	22.801,6	2.294	20.097,2

Tabla 206. Resultados del Ninja.Renewables del caso 6 en Sevilla.

3. Resultados de PVGIS:

Base de datos solar	PVGIS-SARAH		PVGIS-CMSAF		PVGIS-ERA5		PVGIS-COSMO	
PV Instalado	10 kWp							
Pérdidas del sistema	11,07%							
Ángulo inclinación	54°		54°		55°		51°	
	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²
Enero	1.694,8	183,2	1.463,2	157,9	1.611,7	173,8	1.173,7	125,9
Febrero	1.649,0	178,7	1.571,1	170,2	1.711,4	185,6	1.275,4	137,7
Marzo	2.070,3	227,5	2.102,3	231,1	2.149,7	236,5	1.732,0	190,3
Abril	2.206,7	245,2	2.120,8	235,5	2.288,8	253,8	1.897,5	210,8
Mayo	2.569,8	289,6	2.637,1	296,9	2.579,7	290,8	2.238,9	252,7
Junio	2.656,4	304,6	2.718,2	311,7	2.681,8	307,6	2.327,3	266,8
Julio	2.909,4	338,0	2.977,9	345,5	2.859,0	332,8	2.517,1	292,1
Agosto	2.699,0	314,5	2.730,9	318,1	2.739,8	319,1	2.320,7	269,8
Septiembre	2.222,5	255,4	2.180,0	250,0	2.194,4	251,7	1.733,3	198,7
Octubre	1.909,7	215,7	1.915,6	216,1	1.887,9	213,2	1.442,8	162,6
Noviembre	1.623,0	177,8	1.609,0	175,7	1.629,3	178,6	1.173,0	128,1
Diciembre	1.605,0	173,0	1.408,5	151,3	1.554,4	167,7	1.030,8	110,7
Irradiación anual (H) [kWh/m ²]	2.903,2		2.860,0		2.911,2		2.346,2	
Producción anual de PV (E) [kWh]	25.815,7		25.434,6		25.887,8		20.862,4	

Tabla 207. Resultados del PVGIS del caso 6 en Sevilla.

4. Recopilación de resultados anuales:

Base de datos	PVGIS	PVsyst	Ninja.Renewables
SARAH	25,816 MWh		22,802 MWh
CMSAF	25,435 MWh		
ERA5	25,888 MWh		
COSMO	20,862 MWh		
Meteonorm		22,011 MWh	
MERRA			20,097 MWh

Tabla 208. Comparativa de resultados del caso 6 en Sevilla.

A.5.7. Caso 7

Diseño de una instalación fotovoltaica en Sevilla de 10 kWp, con módulos solares con sistema de seguimiento biaxial, de silicio cristalino.

El módulo fotovoltaico empleado es el modelo JAM6-72-315/SI del fabricante JA Solar, cuya potencia nominal son 315 Wp/mod y su eficiencia del 16,27%.

El inversor empleado es el IG Plus 120 V-3 del fabricante Fronius International.

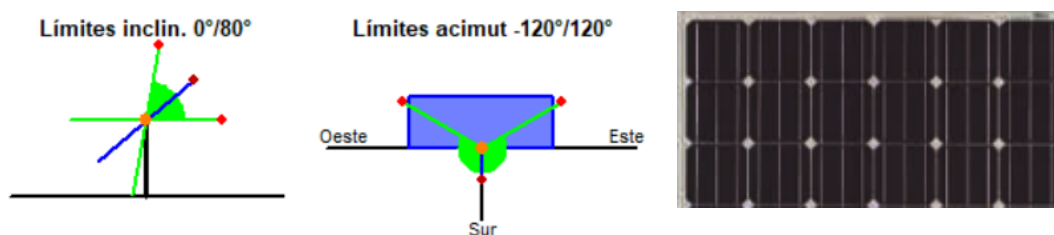


Ilustración 53. Tecnología empleada en el caso 7 en Sevilla.

1. Resultados de PVsyst con la base de datos Meteonorm:

	Irradiación Global	Irradiación Difusa	Irradiación Glob. efect.	Energía efect. en salida	Energía inyectada en la red	Índice rendim.
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	%
Ene	167,9	56,2	166,4	1.560	1.490	85,3
Feb	167,5	64,3	165,7	1.544	1.474	84,6
Mar	238,4	81,8	235,8	2.146	2.049	82,7
Abr	225,1	106,8	221,7	2.033	1.914	83,0
May	284,4	112,3	280,7	2.507	2.394	81,0
Jun	296,8	107,5	293,2	2.540	2.425	78,6
Jul	330,7	91,4	327,4	2.783	2.656	77,3
Ago	293,2	102,0	289,8	2.490	2.378	78,0
Sept	250,7	85,2	247,9	2.173	2.075	79,6
Oct	205,1	75,3	202,8	1.822	1.740	81,6
Nov	139,5	68,0	137,6	1.295	1.236	85,2
Dic	147,2	60,7	145,6	1.382	1.319	86,2
AÑO	2.746,5	1.011,6	2.714,5	24.276	23.177	81,2

Tabla 209. Resultados del PVsyst del caso 7 en Sevilla.

Las pérdidas durante todo el año son las mostradas en el gráfico 119. Las pérdidas del sistema son del 17,92%.

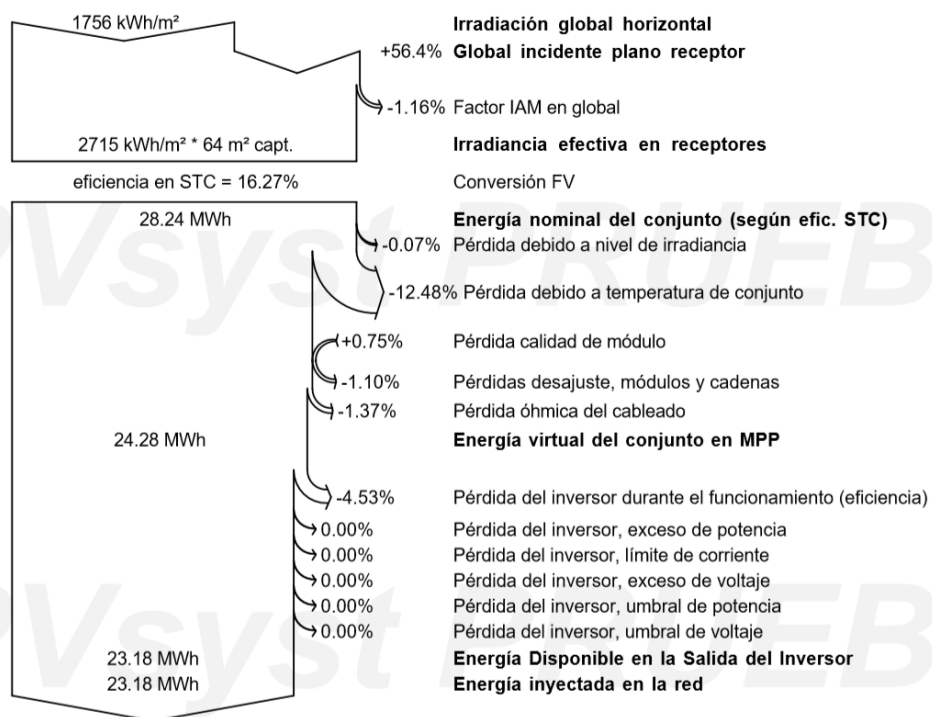


Gráfico 97. Pérdidas del caso 7 en Sevilla.

2. Resultados de Ninja.Renewables:

	SARAH		MERRA	
	[W/día]	[kWh]	[W/día]	[kWh]
Enero	2.245	1.670,3	1.804	1.342,2
Febrero	2.104	1.413,9	1.966	1.321,2
Marzo	2.402	1.787,1	2.347	1.746,2
Abril	2.626	1.890,7	2.111	1.519,9
Mayo	3.200	2.380,8	2.827	2.103,3
Junio	3.174	2.285,3	2.900	2.088,0
Julio	3.384	2.517,7	3.028	2.252,8
Agosto	2.677	1.991,7	2.513	1.869,7
Septiembre	2.623	1.888,6	2.329	1.676,9
Octubre	1.711	1.273,0	1.586	1.180,0
Noviembre	2.225	1.602,0	1.986	1.429,9
Diciembre	1.890	1.406,2	1.293	962,0
AÑO	2.522	22.107,1	2.224	19.492,0

Tabla 210. Resultados del Ninja.Renewables del caso 7 en Sevilla.

3. Resultados de PVGIS:

Base de datos solar	PVGIS-SARAH		PVGIS-CMSAF		PVGIS-ERA5		PVGIS-COSMO	
PV Instalado	10 kWp							
Pérdidas del sistema	17,92%							
	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²
Enero	1.652,6	189,2	1.415,9	161,8	1.565,8	178,7	1.133,2	128,8
Febrero	1.578,2	182,1	1.504,5	173,5	1.643,8	189,7	1.215,0	139,7
Marzo	1.976,9	232,0	2.015,1	236,3	2.055,0	241,4	1.642,0	192,7
Abril	2.110,4	254,1	2.028,9	243,9	2.197,5	263,9	1.796,6	216,2
Mayo	2.479,0	305,3	2.554,6	313,9	2.492,1	307,1	2.138,3	263,4
Junio	2.569,2	324,3	2.632,7	332,3	2.601,4	328,6	2.229,1	280,8
Julio	2.794,8	358,7	2.865,9	367,3	2.745,5	353,5	2.393,2	306,3
Agosto	2.556,5	327,7	2.592,4	332,1	2.604,5	333,8	2.180,2	278,5
Septiembre	2.099,8	261,7	2.066,5	256,9	2.076,3	258,3	1.628,5	202,1
Octubre	1.812,1	219,7	1.818,8	220,1	1.791,1	217,1	1.360,0	164,4
Noviembre	1.556,6	182,0	1.551,2	180,6	1.568,1	183,3	1.124,1	130,7
Diciembre	1.570,0	179,3	1.368,4	155,7	1.520,0	173,5	1.000,7	113,7
Irradiación anual (H) [kWh/m ²]	3.016,1		2.974,4		3.028,9		2.417,3	
Producción anual de PV (E) [kWh]	24.756,0		24.414,9		24.861,2		19.841,1	

Tabla 211. Resultados del PVGIS del caso 7 en Sevilla.

4. Recopilación de resultados anuales:

Base de datos	PVGIS	PVsyst	Ninja.Renewables
SARAH	24,756 MWh		22,107 MWh
CMSAF	24,415 MWh		
ERA5	24,861 MWh		
COSMO	19,841 MWh		
Meteonorm		23,177 MWh	
MERRA			19,492 MWh

Tabla 212. Comparativa de resultados del caso 7 en Sevilla.

A.5.8. Caso 8

Diseño de una instalación fotovoltaica en Sevilla de 10 kWp, con módulos solares con sistema de seguimiento biaxial, de CIS.

El módulo fotovoltaico empleado es el modelo CIGS-3150A1 del fabricante Hulk Energy Technology, cuya potencia nominal son 315 Wp/mod y su eficiencia del 13,47%.

El inversor empleado es el IG Plus 100 V-3 del fabricante Fronius International.

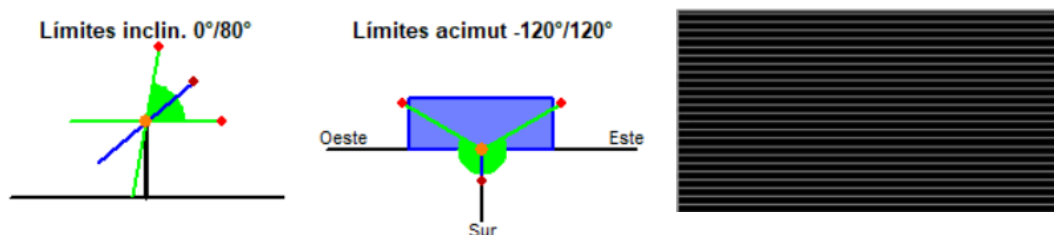


Ilustración 54. Tecnología empleada en el caso 8 en Sevilla.

1. Resultados de PVsyst con la base de datos Meteonorm:

	Irradiación Global	Irradiación Difusa	Irradiación Glob. efect.	Energía efect. en salida	Energía inyectada en la red	Índice rendim.
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	%
Ene	167,9	56,2	166,4	1.503	1.428	90,0
Feb	167,5	64,3	165,7	1.492	1.418	89,6
Mar	238,4	81,8	235,8	2.077	1.974	87,6
Abr	225,1	106,8	221,7	1.986	1.889	88,8
May	284,4	112,3	280,7	2.474	2.351	87,5
Jun	296,8	107,5	293,2	2.543	2.416	86,1
Jul	330,7	91,4	327,4	2.806	2.663	85,2
Ago	293,2	102,0	289,8	2.505	2.380	85,9
Sept	250,7	85,2	247,9	2.161	2.053	86,6
Oct	205,1	75,3	202,8	1.791	1.702	87,8
Nov	139,5	68,0	137,6	1.259	1.197	90,8
Dic	147,2	60,7	145,6	1.341	1.276	91,7
AÑO	2.746,5	1.011,6	2.714,5	23.939	22.746	87,6

Tabla 213. Resultados del PVsyst del caso 8 en Sevilla.

Las pérdidas durante todo el año son las mostradas en el gráfico 120. Las pérdidas del sistema son del 11,62%.

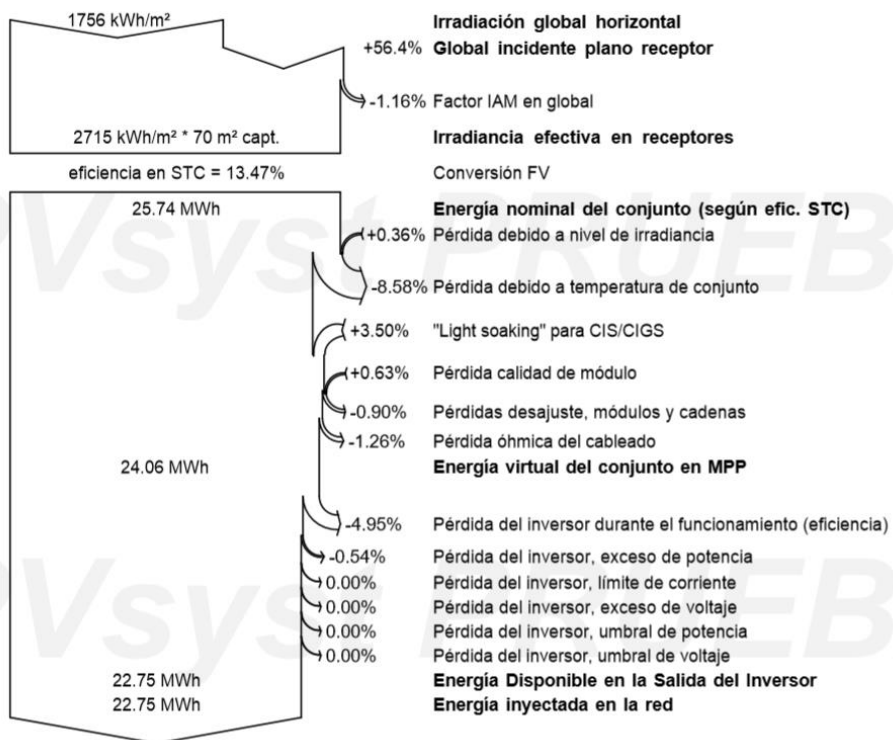


Gráfico 98. Pérdidas del caso 8 en Sevilla.

2. Resultados de Ninja.Renewables:

	SARAH		MERRA	
	[W/día]	[kWh]	[W/día]	[kWh]
Enero	2.417	1.798,5	1.942	1.445,2
Febrero	2.265	1.522,4	2.117	1.422,6
Marzo	2.586	1.924,3	2.527	1.880,2
Abril	2.828	2.035,8	2.273	1.636,6
Mayo	3.446	2.563,5	3.044	2.264,7
Junio	3.418	2.460,7	3.123	2.248,3
Julio	3.644	2.710,9	3.260	2.425,7
Agosto	2.882	2.144,6	2.706	2.013,2
Septiembre	2.824	2.033,5	2.508	1.805,6
Octubre	1.842	1.370,7	1.708	1.270,6
Noviembre	2.396	1.725,0	2.138	1.539,7
Diciembre	2.035	1.514,1	1.392	1.035,8
AÑO	2.715	23.804,0	2.395	20.988,1

Tabla 214. Resultados del Ninja.Renewables del caso 8 en Sevilla.

3. Resultados de PVGIS:

Base de datos solar	PVGIS-SARAH		PVGIS-CMSAF		PVGIS-ERA5		PVGIS-COSMO	
PV Instalado	10 kWp							
Pérdidas del sistema	11,62%							
	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²	E kWh	H kWh/m ²
Enero	1.742,6	189,2	1.493,7	161,8	1.650,2	178,7	1.194,8	128,8
Febrero	1.675,3	182,1	1.596,8	173,5	1.743,8	189,7	1.288,9	139,7
Marzo	2.104,6	232,0	2.142,9	236,3	2.186,1	241,4	1.746,9	192,7
Abril	2.274,2	254,1	2.185,1	243,9	2.366,9	263,9	1.934,5	216,2
Mayo	2.687,9	305,3	2.766,3	313,9	2.702,5	307,1	2.316,6	263,4
Junio	2.801,9	324,3	2.869,4	332,3	2.838,5	328,6	2.428,4	280,8
Julio	3.058,2	358,7	3.134,9	367,3	3.007,6	353,5	2.616,8	306,3
Agosto	2.791,9	327,7	2.829,6	332,1	2.845,2	333,8	2.379,3	278,5
Septiembre	2.268,0	261,7	2.230,9	256,9	2.243,2	258,3	1.755,7	202,1
Octubre	1.939,6	219,7	1.946,3	220,1	1.916,9	217,1	1.453,3	164,4
Noviembre	1.654,4	182,0	1.647,5	180,6	1.665,9	183,3	1.192,4	130,7
Diciembre	1.655,4	179,3	1.443,8	155,7	1.601,7	173,5	1.054,3	113,7
Irradiación anual (H) [kWh/m ²]	3.016,1		2.974,4		3.028,9		2.417,3	
Producción anual de PV (E) [kWh]	26.654,2		26.287,4		26.768,5		21.361,9	

Tabla 215. Resultados del PVGIS del caso 8 en Sevilla.

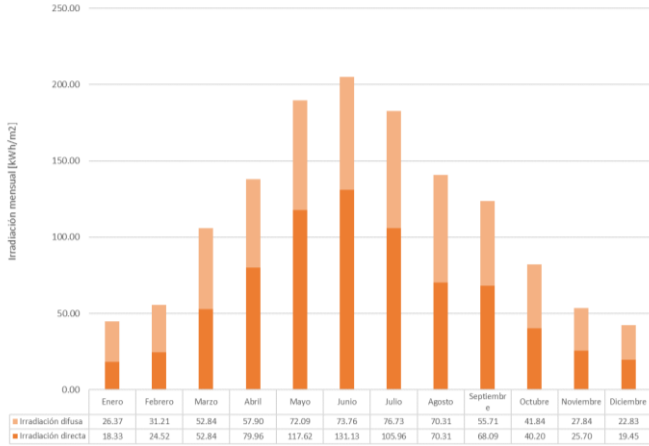
4. Recopilación de resultados anuales:

Base de datos	PVGIS	PVsyst	Ninja.Renewables
SARAH	26,654 MWh		23,804 MWh
CMSAF	26,287 MWh		
ERA5	26,769 MWh		
COSMO	21,362 MWh		
Meteonorm		22,746 MWh	
MERRA			20,988 MWh

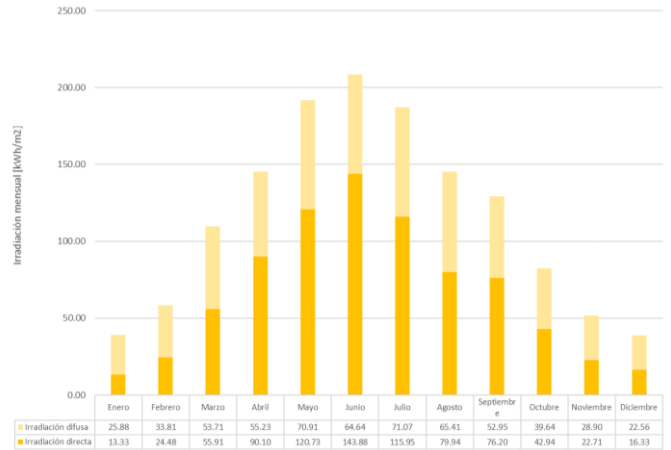
Tabla 216. Comparativa de resultados del caso 8 en Sevilla.

Anexo B

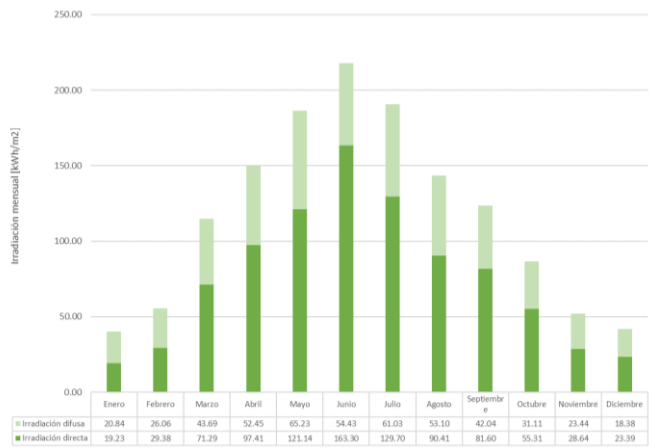
B.1. Irradiación en el plano horizontal en La Coruña



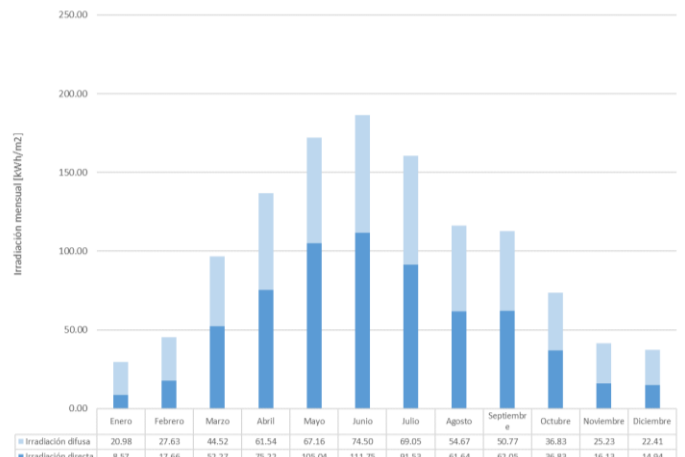
Gráfica 99. Irradiación en el plano horizontal en La Coruña según PVGIS-SARAH.



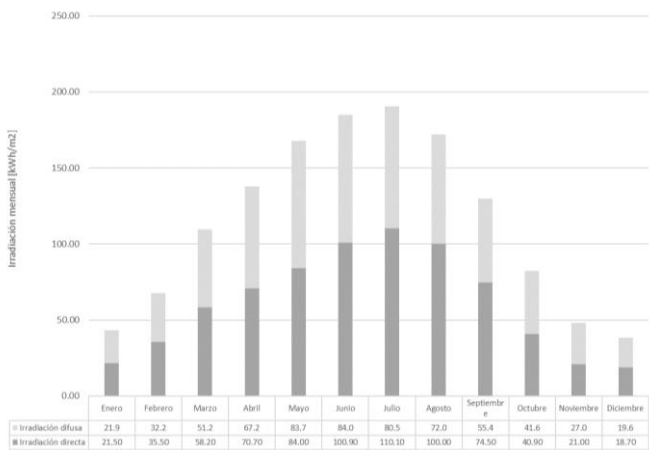
Gráfica 100. Irradiación en el plano horizontal en La Coruña según PVGIS-CMSAF



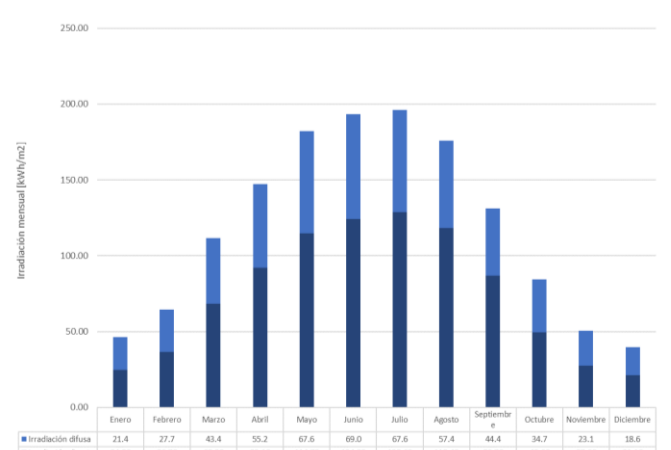
Gráfica 101. Irradiación en el plano horizontal en La Coruña según PVGIS-ERA5.



Gráfica 102. Irradiación en el plano horizontal en La Coruña según PVGIS-COSMO.

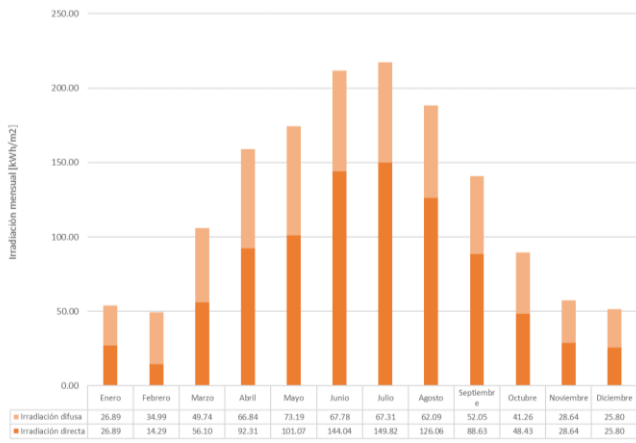


Gráfica 103. Irradiación en el plano horizontal en La Coruña según Meteornorm.

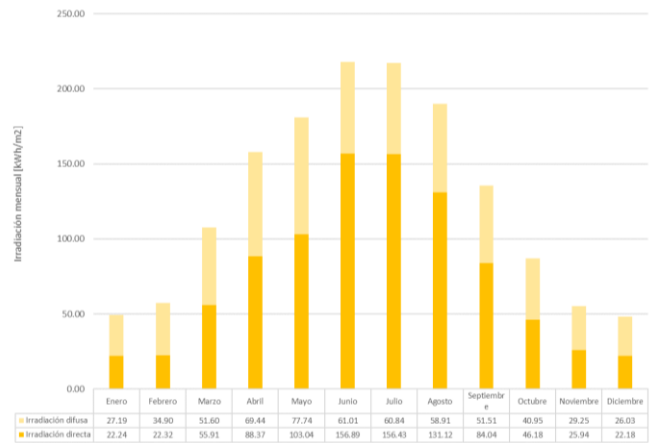


Gráfica 104. Irradiación en el plano horizontal en La Coruña según la NASA.

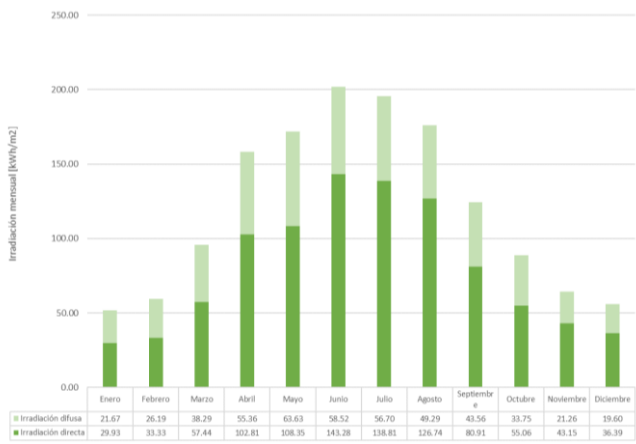
B.2. Irradiación en el plano horizontal en Pamplona



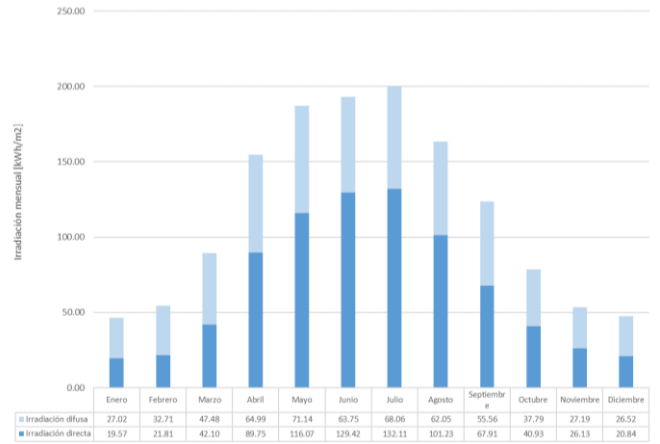
Gráfica 105. Irradiación en el plano horizontal en Pamplona según PVGIS-SARAH.



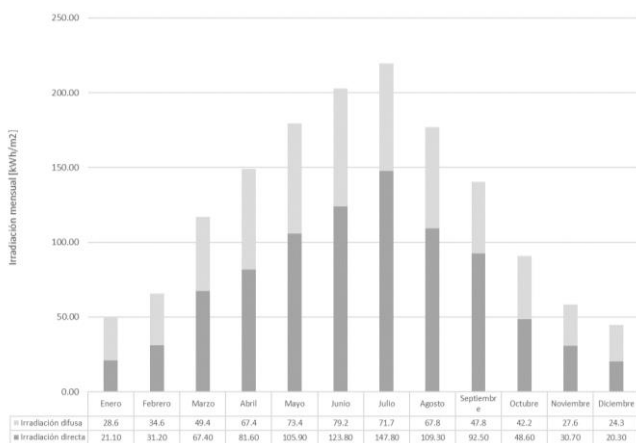
Gráfica 106. Irradiación en el plano horizontal en Pamplona según PVGIS-CMSAF.



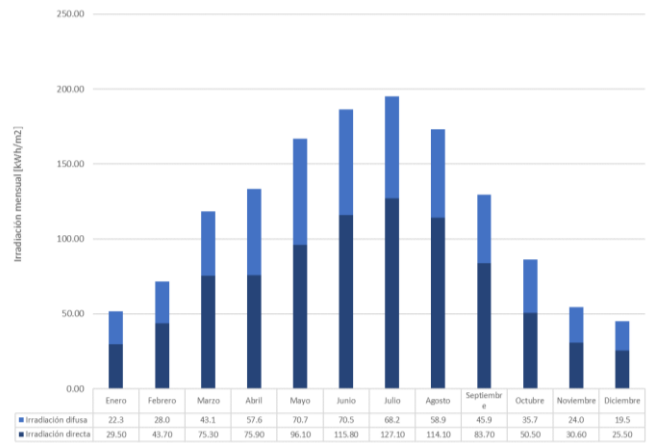
Gráfica 107. Irradiación en el plano horizontal en Pamplona según PVGIS-ERAS.



Gráfica 108. Irradiación en el plano horizontal en Pamplona según PVGIS-COSMO.

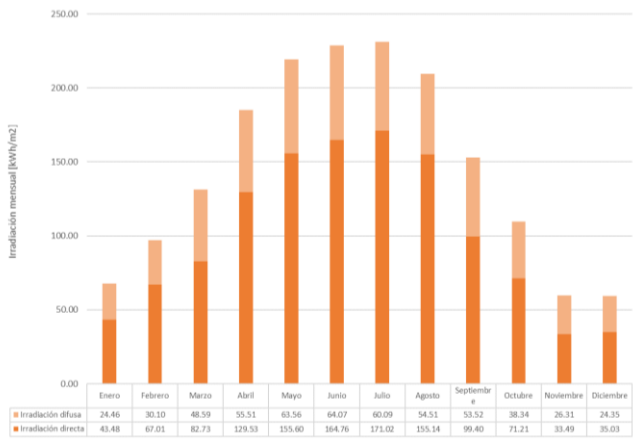


Gráfica 109. Irradiación en el plano horizontal en Pamplona según Meteonorm.

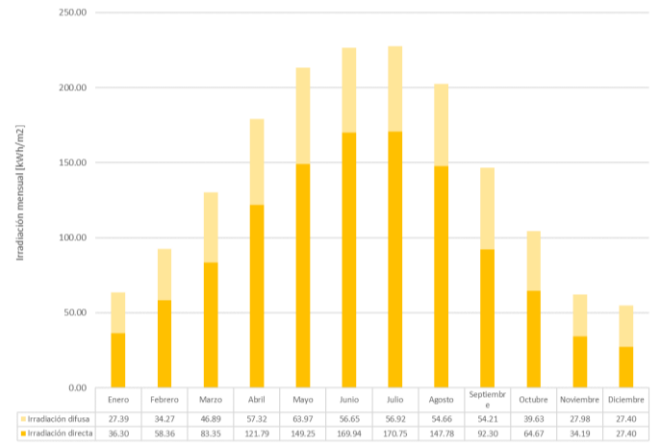


Gráfica 110. Irradiación en el plano horizontal en Pamplona según la NASA.

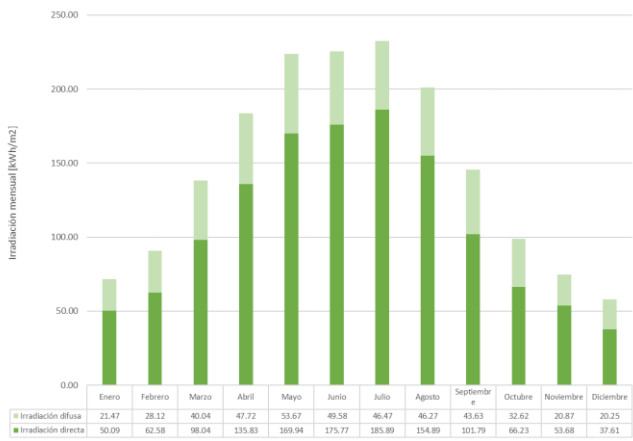
B.3. Irradiación en el plano horizontal en Huesca



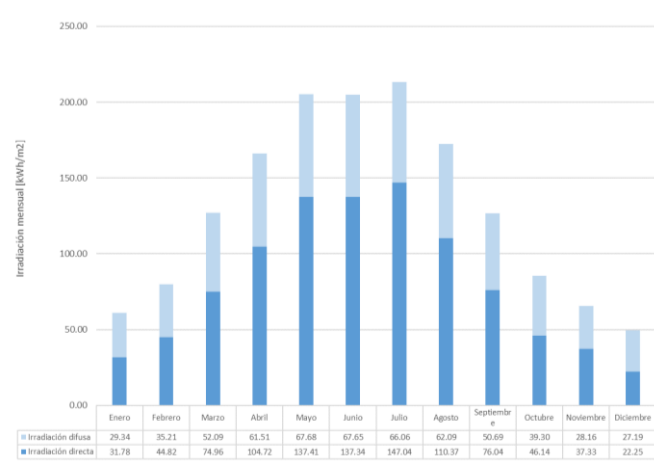
Gráfica 111. Irradiación en el plano horizontal en Huesca según PVGIS-SARAH.



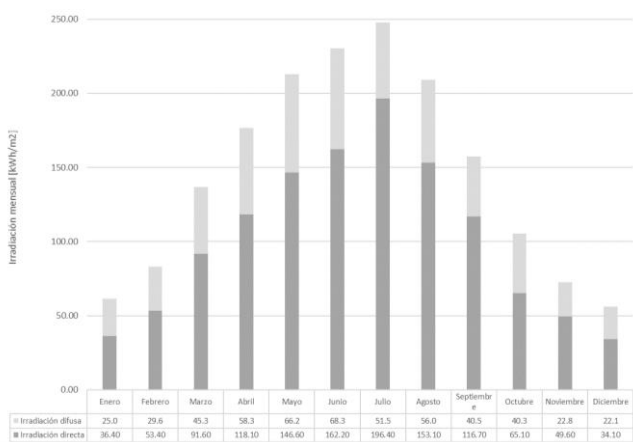
Gráfica 112. Irradiación en el plano horizontal en Huesca según PVGIS-CMSAF.



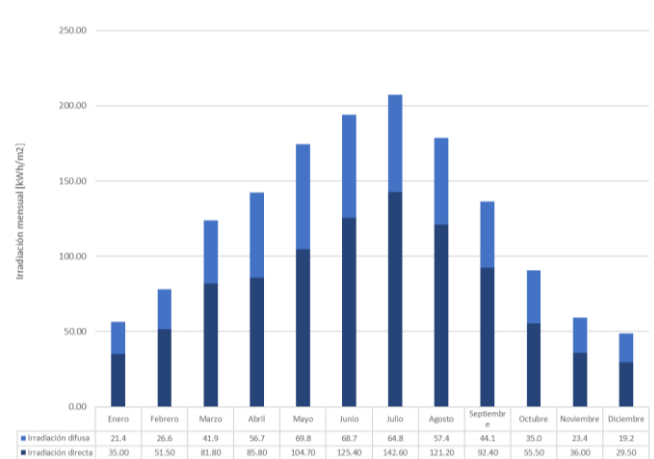
Gráfica 113. Irradiación en el plano horizontal en Huesca según PVGIS-ERAS.



Gráfica 114. Irradiación en el plano horizontal en Huesca según PVGIS-COSMO.

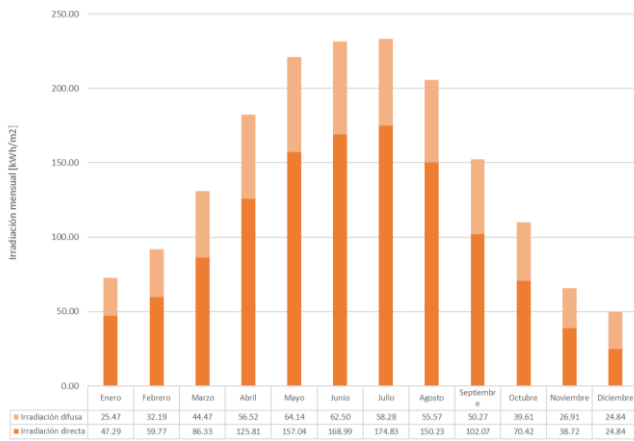


Gráfica 115. Irradiación en el plano horizontal en Huesca según Meteonorm.

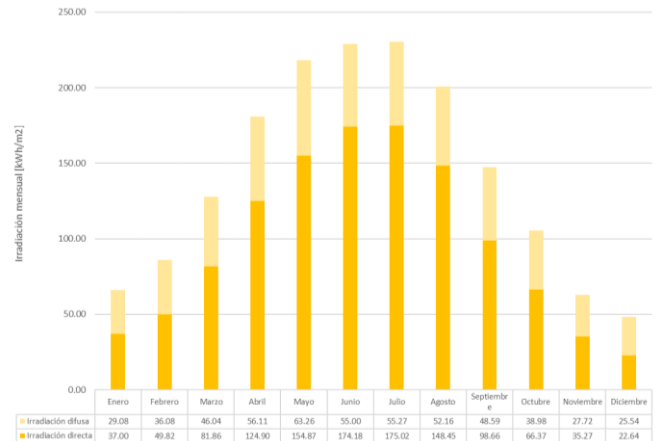


Gráfica 116. Irradiación en el plano horizontal en Huesca según la NASA.

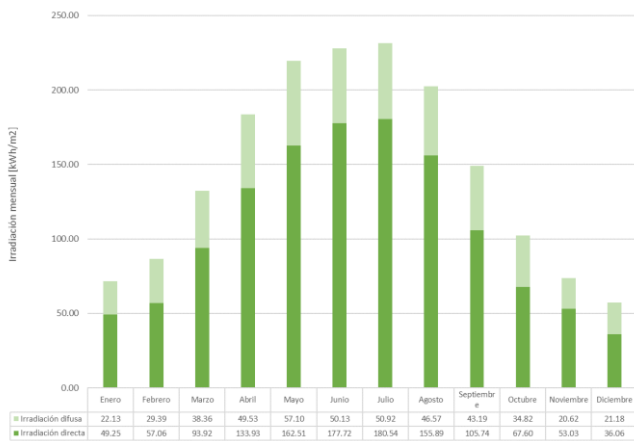
B.4. Irradiación en el plano horizontal en Zaragoza



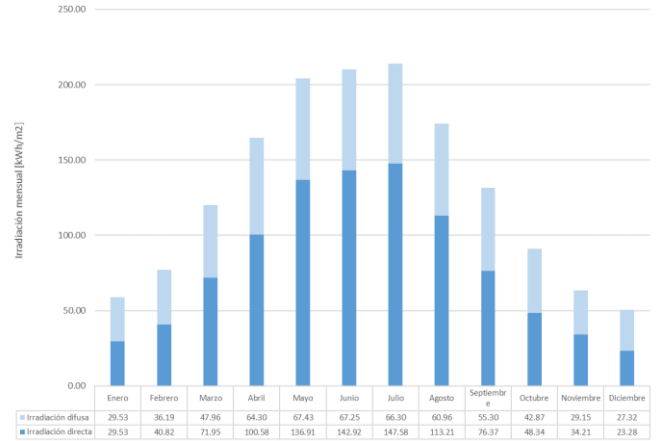
Gráfica 117. Irradiación en el plano horizontal en Zaragoza según PVGIS-SARAH.



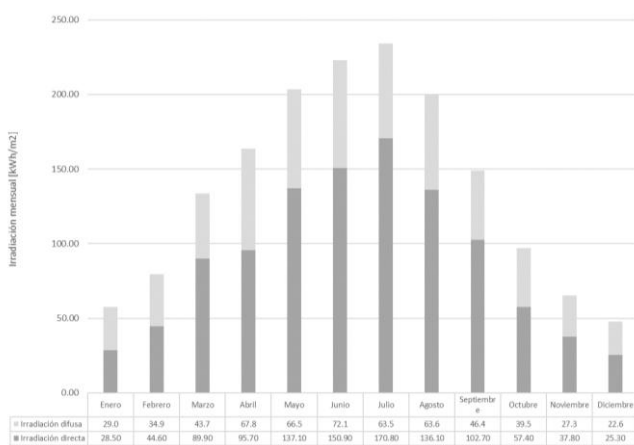
Gráfica 118. Irradiación en el plano horizontal en Zaragoza según PVGIS-CMSAF.



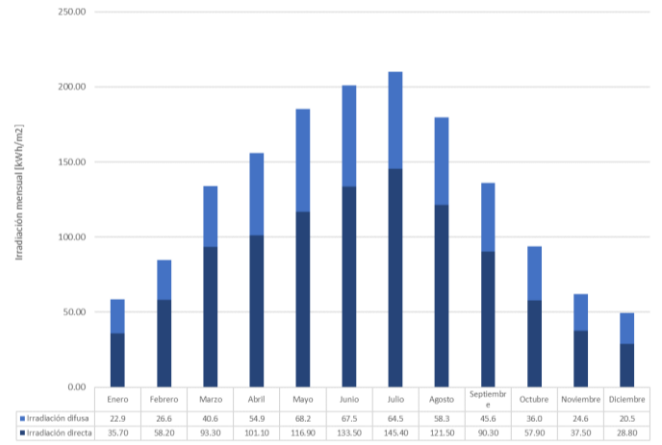
Gráfica 119. Irradiación en el plano horizontal en Zaragoza según PVGIS-ERA5.



Gráfica 120. Irradiación en el plano horizontal en Zaragoza según PVGIS-COSMO.

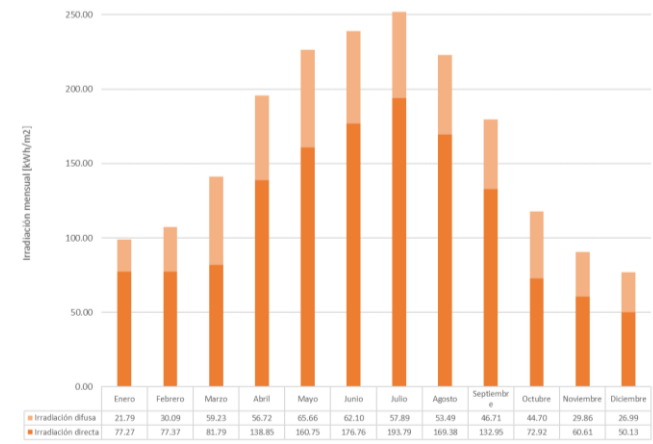


Gráfica 121. Irradiación en el plano horizontal en Zaragoza según la Meteonorm.

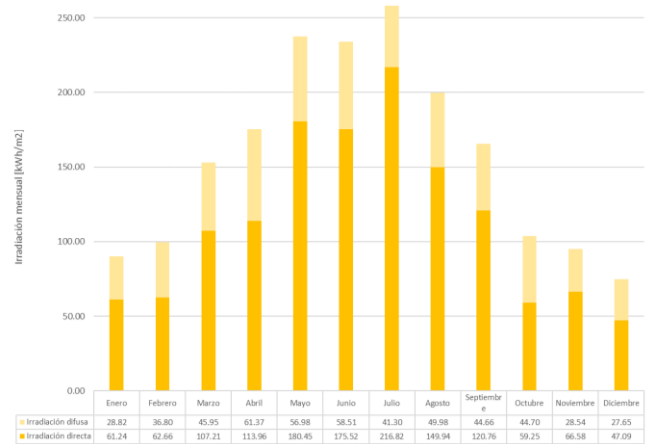


Gráfica 122. Irradiación en el plano horizontal en Zaragoza según la NASA.

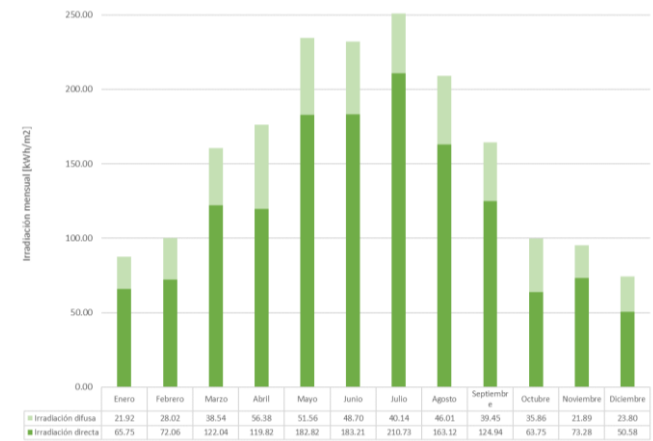
B.5. Irradiación en el plano horizontal en Sevilla



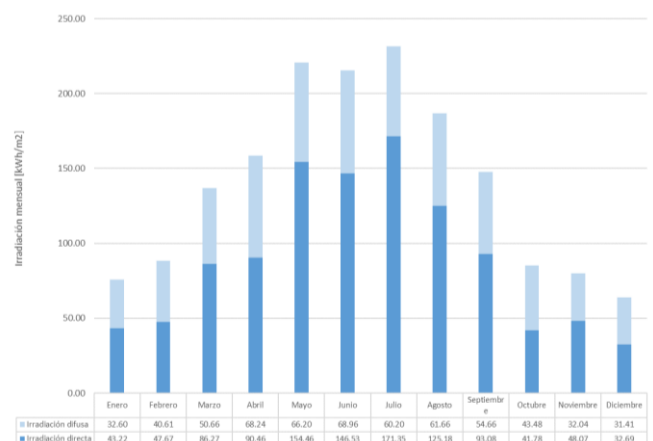
Gráfica 123. Irradiación en el plano horizontal en Sevilla según PVGIS-SARAH.



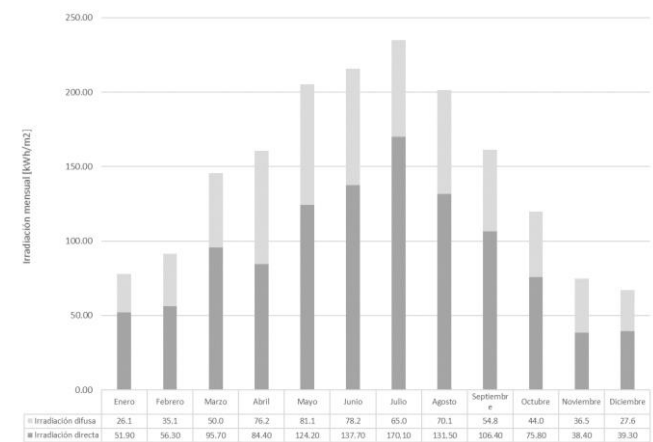
Gráfica 124. Irradiación en el plano horizontal en Sevilla según PVGIS-CMSAF.



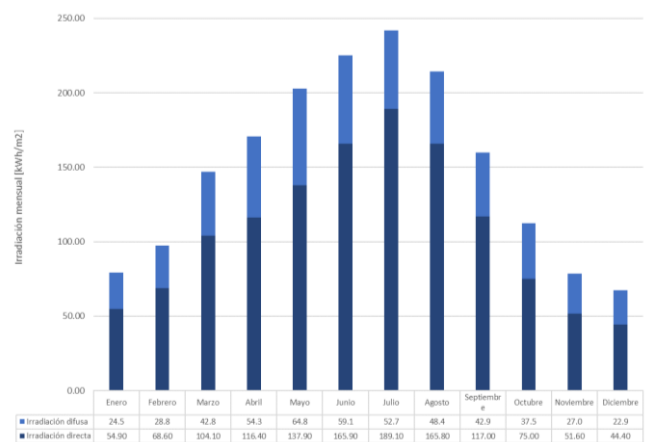
Gráfica 125. Irradiación en el plano horizontal en Sevilla según PVGIS-ERA5.



Gráfica 126. Irradiación en el plano horizontal en Sevilla según PVGIS-COSMO.



Gráfica 127. Irradiación en el plano horizontal en Sevilla según Meteonorm.



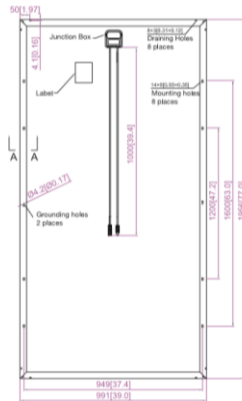
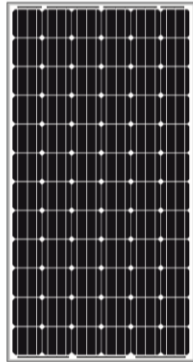
Gráfica 128. Irradiación en el plano horizontal en Sevilla según la NASA.

Anexo C

Módulo solar FV JAM6-72-315/SI del fabricante JA Solar

JAM6 72/300-320

Engineering Drawings



■ customized cable length available upon request

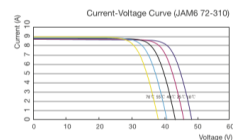
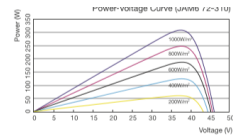
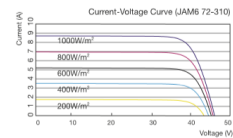
MECHANICAL PARAMETERS	
Cell (mm)	Mono 156x156
Weight (kg)	26 (approx)
Glass Thickness	4 mm
Dimensions (LxWxH) (mm)	1956x991x45
Cable Cross Section Size (mm ²)	4
No. of Cells and Connections	72 (6x12)
Junction Box	IP67, 3 diodes
Connector	MC4 Compatible
Packaging Configuration	23 Per Pallet

WORKING CONDITIONS	
Maximum System Voltage	DC 1000V (IEC)
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C
Maximum Series Fuse	15A
Maximum Static Load, Front (e.g., snow and wind)	5400Pa (112 lb/ft ²)
Maximum Static Load, Back (e.g., wind)	2400Pa (50 lb/ft ²)
NOCT	45±2°C
Application Class	Class A

TYPE	ELECTRICAL PARAMETERS				
	JAM6 72-300/SI	JAM6 72-305/SI	JAM6 72-310/SI	JAM6 72-315/SI	JAM6 72-320/SI
Rated Maximum Power at STC (W)	300	305	310	315	320
Open Circuit Voltage (Voc/V)	45.28	45.41	45.57	45.73	45.86
Maximum Power Voltage (Vmp/V)	36.77	36.93	37.04	37.15	37.35
Short Circuit Current (Isc/A)	8.71	8.78	8.85	8.92	8.99
Maximum Power Current (Imp/A)	8.16	8.26	8.37	8.48	8.57
Module Efficiency [%]	15.48	15.73	15.99	16.25	16.51
Power Tolerance (W)	-0~+5W				
Temperature Coefficient of Isc (dIsc)	+0.059%/°C				
Temperature Coefficient of Voc (βVoc)	-0.330%/°C				
Temperature Coefficient of Pmax (γPmp)	-0.410%/°C				
STC	Irradiance 1000W/m ² , Cell Temperature 25°C, Air Mass 1.5				

TYPE	NOCT				
	JAM6 72-300/SI	JAM6 72-305/SI	JAM6 72-310/SI	JAM6 72-315/SI	JAM6 72-320/SI
Max Power (Pmax) [W]	219.60	223.26	226.92	230.58	234.24
Open Circuit Voltage (Voc) [V]	42.07	42.18	42.23	42.48	42.72
Max Power Voltage (Vmp) [V]	33.94	34.03	34.07	34.16	34.25
Short Circuit Current (Isc) [A]	6.97	7.02	7.07	7.13	7.15
Max Power Current (Imp) [A]	6.47	6.56	6.66	6.75	6.84
Condition	Under Normal Operating Cell Temperature, Irradiance of 800 W/m ² , spectrum AM 1.5, ambient temperature 20°C, wind speed 1 m/s				

I-V CURVE



Electrical data in this catalog do not refer to a single module and they are not part of the offer. They only serve for comparison among different module types.

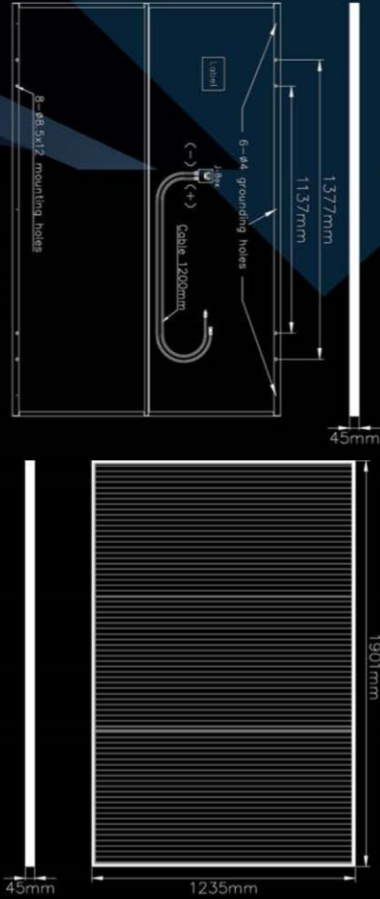
JA Solar 01 2015

Módulo solar FV CIGS-3150A1 del fabricante Hulk Energy Technology

Mechanical Specification

Dimensions	1901mm x 1235mm x 45mm (74.8inches x 48.6inches x 1.8 inches)
Weight	33.3kg (73.41lbs)
Cell type	CIGS thin film
Front cover	2.5mm tempered glass with ARC
Cell substrates	1.8mm ultra-thin soda lime glass x 3
Back cover	Al back sheet
Encapsulant	EVA
Frame	Anodized Al frame (black) with screw mounting
Junction box	IP67 rated with bypass diode
Connectors	MC4 compatible
Cable length	1200mm (47.2inches)

Module Drawing



Electrical Specification

Power performance at STC (STC: 1000W/cm², 25°C/77°F, AM1.5)*

Module models	Cigs-	3100A1	3150A1	3200A1	3250A1
Maximum power	P _{MPP} [W]	310	315	320	325
Power tolerance	[W]	+5.0/-0	+5.0/-0	+5.0/-0	+5.0/-0
Open circuit voltage	V _{OC} [V]	75.3	75.4	75.6	75.7
Short circuit current	I _{SC} [A]	6.08	6.10	6.12	6.15
Voltage at Pmax	V _{MPP} [V]	58.5	58.7	59.0	59.3
Current at Pmax	I _{MPP} [A]	5.30	5.36	5.42	5.48
Module efficiency	[%]	≥ 13.2	≥ 13.4	≥ 13.6	≥ 13.8

Power performance at NOCT (NOCT: 800W/cm², 20°C/68°F, AM1.5)*

Module models	Cigs-	3100A1	3150A1	3200A1	3250A1
Maximum power	P _{MPP} [W]	251.9	255.7	259.6	264.1
Open circuit voltage	V _{OC} [V]	74.9	75.0	75.2	75.4
Short circuit current	I _{SC} [A]	4.87	4.88	4.90	4.92
Voltage at Pmax	V _{MPP} [V]	59.2	59.5	59.7	60.2
Current at Pmax	I _{MPP} [A]	4.26	4.30	4.35	4.39

*All STC characteristics are measured after pre-treatment of 43kWh/m² light soaking.
Accuracy: (P_{MPP}: ±5%; I_{SC}, V_{OC}, I_{MPP}, V_{MPP}: ±10%)

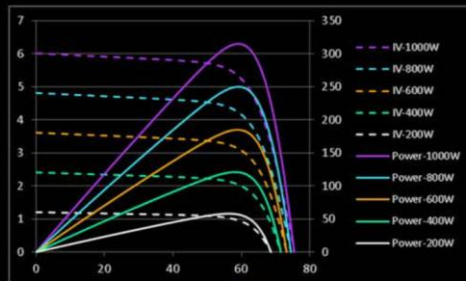
Temperature coefficients (At 1000W/m², AM1.5)

Temp. coefficient of short circuit current	Temp. coefficient of open circuit voltage	Temp. coefficient of maximum power
α	β	δ
+0.01%/°C	-0.31%/°C	-0.23%/°C

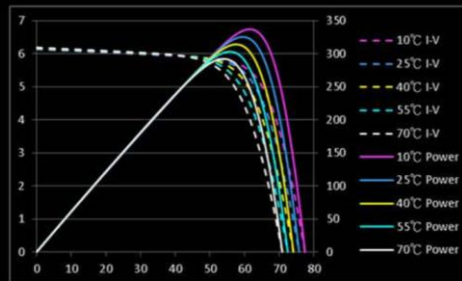
Properties for solar system construction design

Max. system voltage (V _{SYS})	Max. series overcurrent protective devices	Mechanical load	Safety class	Fire rating	Operating temperature
1000V	8A	5400Pa	II	C	-40 ~ 85°C

I-V curves at various irradiation



I-V curves at various temperature



This datasheet is for informational purposes only. No rights can be derived from the information contained herein.

TEL: +886-37-627668 E-mail: service@hulket.com No.442-1, Zhonghua Rd., Toufen Township, Miaoli County 351, Taiwan
FAX: +886-37-627778 Website: www.hulket.com

PD02-150603C HULKET

Inversores IG Plus 100 V-3 e IG Plus 120 V-3 del fabricante Fronius International

TECHNICAL DATA FRONIUS IG PLUS (60 V-3 / 80 V-3 / 100 V-3 / 120 V-3 / 150 V-3)

INPUT DATA	60 V-3	80 V-3	100 V-3	120 V-3	150 V-3
DC maximum power at $\cos \phi = 1$	6,300 W	7,360 W	8,430 W	10,590 W	12,770 W
Max. input current ($I_{dc \max}$)	27.5 A	32.0 A	36.7 A	46.2 A	55.6 A
Max. array short circuit current	41.3 A	48.0 A	55.1 A	69.3 A	83.4 A
Min. input voltage ($U_{dc \min}$)			230 V		
Feed-in start voltage ($U_{dc \text{ start}}$)			260 V		
Nominal input voltage ($U_{dc \text{ r}}$)			370 V		
Max. input voltage ($U_{dc \max}$)			600 V		
MPP voltage range ($U_{mpp \min} - U_{mpp \max}$)			230 - 500 V		
Number of DC inputs			6		
OUTPUT DATA	60 V-3	80 V-3	100 V-3	120 V-3	150 V-3
AC nominal output ($P_{ac \text{ r}}$)	6,000 W	7,000 W	8,000 W	10,000 W	12,000 W
Max. output power	6,000 VA	7,000 VA	8,000 VA	10,000 VA	12,000 VA
Max. output current ($I_{ac \max}$)	8.7 A	10.2 A	11.6 A	14.5 A	17.4 A
Grid connection ($U_{ac \text{ r}}$)			3-NPE 400 V / 230 V		
Min. output voltage ($U_{ac \min}$)			180 V		
Max. output voltage ($U_{ac \max}$)			270 V		
Frequency (f_i)			50 Hz / 60 Hz		
Frequency range ($f_{\min} - f_{\max}$)			46 - 65 Hz		
Distortion factor			< 3 %		
Power factor ($\cos \phi_{ac \text{ r}}$)			0.75 - 1 ind. / cap. ¹⁾		
GENERAL DATA	60 V-3	80 V-3	100 V-3	120 V-3	150 V-3
Dimensions (height x width x depth)			1,263 x 434 x 250 mm		
Weight			49.2 kg		
Degree of protection			IP 54 ²⁾		
Protection class			1		
Overvoltage category (DC / AC)			2 / 3		
Night-time consumption			ca. 1 W		
Inverter concept			HF transformer		
Cooling			Regulated air cooling		
Installation			Indoor and outdoor installation		
Ambient temperature range			from -20°C to +55°C		
Permitted humidity			0 % to 95 %		
DC connection technology			Screw terminal connection 1.5 mm ² - 16 mm ²		
AC connection technology			Screw terminal connection 2.5 mm ² - 35 mm ²		
Certificates and compliance with standards			DIN V VDE V 0126-1-1. ÖVE / ÖNORM E 8001-4-712. UTE C15-712-1. EN 50438. G83. G59. C 10 / 11. CER 06-190. CEI 0-21. AS 4777-1. AS 4777-2. AS 4777-3. VDE AR N 4105. Generating systems on the medium-voltage network (BDEW)		

Fronius IG Plus 60 V-3 and Fronius IG Plus 80 V-3 devices do not comply with the German medium-voltage directive.

Further information regarding the availability of the inverters in your country can be found at www.fronius.com.

¹⁾ country-specific

²⁾ Please refer to the information in the operating instructions regarding correct installation of the inverter (e.g. IG 44 applies to Australia).

TECHNICAL DATA FRONIUS IG PLUS (60 V-3 / 80 V-3 / 100 V-3 / 120 V-3 / 150 V-3)

EFFICIENCY	60 V-3	80 V-3	100 V-3	120 V-3	150 V-3
Max. efficiency	95.9 %	95.9 %	95.9 %	95.9 %	95.9 %
European efficiency (η_{EU})	95.0 %	95.1 %	95.3 %	95.4 %	95.4 %
η at 5 % $P_{ac \text{ r}}$ ¹⁾	90.7 / 91.6 / 90.1 %	90.8 / 91.8 / 90.2 %	91.7 / 91.9 / 90.3 %	91.5 / 92.2 / 90.7 %	91.8 / 92.5 / 91.1 %
η at 10 % $P_{ac \text{ r}}$ ¹⁾	91.8 / 92.5 / 91.1 %	92.1 / 92.8 / 91.5 %	93.1 / 93.1 / 92.0 %	93.4 / 93.7 / 92.6 %	94.0 / 94.3 / 93.2 %
η at 20 % $P_{ac \text{ r}}$ ¹⁾	94.1 / 94.3 / 93.2 %	94.2 / 94.5 / 93.6 %	94.3 / 94.9 / 94.2 %	94.6 / 95.2 / 94.5 %	94.7 / 95.1 / 94.6 %
η at 25 % $P_{ac \text{ r}}$ ¹⁾	94.4 / 94.7 / 93.8 %	94.6 / 94.9 / 94.3 %	94.6 / 95.2 / 94.5 %	94.7 / 95.3 / 94.7 %	95.1 / 95.3 / 94.7 %
η at 30 % $P_{ac \text{ r}}$ ¹⁾	94.5 / 95.0 / 94.4 %	94.6 / 95.2 / 94.6 %	94.7 / 95.2 / 94.5 %	95.0 / 95.4 / 94.7 %	95.1 / 95.3 / 94.9 %
η at 50 % $P_{ac \text{ r}}$ ¹⁾	95.1 / 95.4 / 94.6 %	95.1 / 95.5 / 94.9 %	95.3 / 95.8 / 95.0 %	95.3 / 95.9 / 95.1 %	95.3 / 95.9 / 95.3 %
η at 75 % $P_{ac \text{ r}}$ ¹⁾	95.3 / 95.7 / 95.0 %	95.3 / 95.9 / 95.1 %	95.3 / 95.9 / 95.3 %	95.0 / 95.5 / 95.4 %	94.7 / 95.6 / 95.4 %
η at 100 % $P_{ac \text{ r}}$ ¹⁾	95.3 / 95.9 / 95.3 %	95.1 / 95.7 / 95.4 %	94.9 / 95.7 / 95.4 %	94.6 / 95.5 / 95.3 %	94.0 / 95.2 / 95.1 %
MPP adaptation efficiency			> 99.9 %		
PROTECTIVE EQUIPMENT	60 V-3	80 V-3	100 V-3	120 V-3	150 V-3
DC insulation measurement			Warning/shutdown (depending on country setup) at $R_{ISO} < 600 \text{ k}\Omega$		
Overload behaviour			Operating point shift, power limitation		
DC circuit breaker			Integrated		
INTERFACES	60 V-3	80 V-3	100 V-3	120 V-3	150 V-3
Optional with Fronius Datamanager			WLAN, Ethernet, Modbus TCP, 6 digital inputs, 4 digital inputs/outputs, Datalogger, Webserver		

Further information regarding the availability of the inverters in your country can be found at www.fronius.com.

¹⁾ and at $U_{mpp \min} / U_{dc \text{ r}} / U_{mpp \max}$.