



Universidad de Oviedo



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE GIJÓN

GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA

ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO PARA LA INTEGRACIÓN DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA DE VIVIENDAS A TRAVÉS DEL AUTOCONSUMO COMPARTIDO

**GARCÍA LA FUENTE, Laura
TUTOR: CRISTIAN BLANCO CHARRO**

FECHA: JUNIO-2023

Resumen

El siguiente proyecto tiene por objetivo analizar los hábitos de consumo eléctrico de los vecinos de una urbanización de viviendas situada en la localidad de Siero, dimensionar, determinar la producción de energía y viabilidad económica de una instalación fotovoltaica comunitaria de autoconsumo compartido de acuerdo a la legislación vigente ubicada en sus tejados y justificar o no la rentabilidad de esta, estudiando las variaciones que sufre el precio de su factura eléctrica acogiéndose a los distintos tipos de tarifas ofertadas en el mercado eléctrico español.

Antes de realizar los cálculos pertinentes, se comentarán los métodos de generación de energía más comunes en España y la normativa europea que afecta a la generación de energía. También se explicará con detalle la legislación que afecta a los consumidores al llevar a cabo este tipo de actuaciones. A continuación, se empleará un modelo de demanda que permita realizar una estimación de su consumo eléctrico.

Una vez hecho esto, se dimensionarán varias instalaciones fotovoltaicas variando los modelos de inversores y paneles empleados. Posteriormente se utilizará el programa *SAM (System Advisor Model)* para determinar la mejor distribución y orientación de los paneles en el tejado y se estimará la producción anual de cada una de las alternativas planteadas.

Por último, empleando los datos anteriores, se analizará como se ve afectado el precio de su factura eléctrica al contratar unas u otras tarifas (mercado libre con discriminación horaria, mercado libre sin discriminación horaria, mercado regulado...) y al tener o no en cuenta la producción eléctrica de la instalación fotovoltaica, para, de este modo, precisar que tarifa es la más rentable y la viabilidad de la instalación.

Índice de contenido

1.	Introducción.....	9
2.	Motivación.....	14
3.	Marco legislativo	15
3.1.	Historia de la normativa solar	15
3.2.	Marco legislativo actual.....	16
4.	Desarrollo del proyecto	21
4.1.	Breve explicación del proyecto.....	21
4.2.	Habitantes y modelado de la demanda	21
4.2.1.	Localización.....	21
4.2.2.	Habitantes y aparatos eléctricos.....	24
4.3.	Diseño instalación fotovoltaica.....	29
4.3.1.	Agrupación 1	32
4.3.2.	Agrupación 2	41
4.3.3.	Producción y viabilidad	42
4.4.	Análisis económico tarifas sin excedentes.....	49
4.4.1.	Tarifas sin excedentes	49
4.5.	Análisis tarifas con excedentes	72
4.5.1.	Tarifas con excedentes	72
4.6.	Análisis término fijo de la factura.....	87
4.7.	Comparación de tarifas	92
5.	Conclusiones y futuras mejoras.....	97
6.	Bibliografía.....	98

Índice de Imágenes

Imagen 4.1-Localización de las viviendas.....	22
Imagen 4.2-Viviendas seleccionadas	22
Imagen 4.3-Parcela disponible para realizar otra instalación	23
Imagen 4.4-Hojas empleadas	26
Imagen 4.5-Aspecto ventana datos de entrada	26
Imagen 4.6-Ejemplo de gráficas de datos.....	27
Imagen 4.7-Datos empleados en las tablas	28
Imagen 4.8-Parámetros de las viviendas	28
Imagen 4.9-Datos de los distintos electrodomésticos.....	28
Imagen 4.10-N.º real de la vivienda	29
Imagen 4.11-Dimensiones tejados	29
Imagen 4.12-Azimut	30
Imagen 4.13-Cálculo de parámetro de un instalación PV	32
Imagen 4.14-Pantalla de inicio del programa	33
Imagen 4.15-Crear modelo de instalación fotovoltaica.....	33
Imagen 4.16-Selección de la ubicación	33
Imagen 4.17-Añadir nuevas librerías.....	34
Imagen 4.18-Selección de módulos.....	34
Imagen 4.19-Definición manual de un módulo	35
Imagen 4.20-Selección del inversor	36
Imagen 4.21-Definición manual del inversor	36
Imagen 4.22-Dimensionamiento automático de la instalación.....	37
Imagen 4.23-Configuración de los paneles	38
Imagen 4.24-Diseño manual de la instalación.....	39
Imagen 4.25-Botón para realizar las simulaciones	39
Imagen 4.26-Producción anual Agrupación 1	40
Imagen 4.27-Producción anual Agrupación 2	41
Imagen 4.28-Cálculo coste total	44
Imagen 4.29-Tabla evolución desempeño instalación.....	44
Imagen 4.30-Cálculo LCOE	45
Imagen 4.31-Cálculo inversión inicial.....	46

Imagen 4.32- Tabla evolución desempeño instalación y flujo de caja	46
Imagen 4.33-Cálculo VAN y TIR	47
Imagen 4.34-Distribución de los distintos periodos horarios	51
Imagen 4.35-Secciones Hoja de cálculo	52
Imagen 4.36-Párametros vivienda n.º8	52
Imagen 4.37-Datos visibles en Perfil	52
Imagen 4.38-Términos de potencia de cada tarifa.....	53
Imagen 4.39-Cálculo coste de la energía	53
Imagen 4.40-Ejemplo variación precio MWh	58
Imagen 4.41- Ejemplo curvas de compra y venta de energía eléctrica.....	59
Imagen 4.42-Precios OMIE	60
Imagen 4.43-Horarios en la Península Ibérica.....	62
Imagen 4.44-Temporada que afecta a cada mes	63
Imagen 4.45- Pestañas Hoja de cálculo	64
Imagen 4.46-Temporada que afecta a cada mes y su potencia máxima	64
Imagen 4.47-Coste total e individual de cada tarifa trifásica	65
Imagen 4.48-Gráfica evolución de factura por persona.....	65
Imagen 4.49- Cálculo término de energía.....	66
Imagen 4.50-Datos de producción de la Agrupación 2.....	73
Imagen 4.51-Resumen Tarifas Trifásicas.....	74
Imagen 4.52-Resumen Tarifas Monofásicas.....	74
Imagen 4.53-Cálculo término de potencia de las tarifas monofásicas.....	74
Imagen 4.54-Cálculo energía consumida.....	75
Imagen 4.55-Coste diario tarifas monofásicas del mercado libre.....	75
Imagen 4.56-Coste diario tarifa mercado libre	76
Imagen 4.57-Cálculo coste diario tarifas trifásicas.....	76
Imagen 4.58-Resumen término de energía mensual	77
Imagen 4.59-Ejemplo variación precio excedentes en MWh	81
Imagen 4.60-Precios E·SIOS	82

Índice de Tablas

Tabla 1.1-Producción Neta en MWh en España en el 2022	11
Tabla 1.2-Producción Neta en MWh en Asturias en el 2022.....	12
Tabla 4.1-Habitantes de cada casa	24
Tabla 4.2-Electrodomésticos de cada propiedad.....	25
Tabla 4.3-Resumen costes de cada agrupación.....	43
Tabla 4.4-Resumen LCOE.....	45
Tabla 4.5- Resumen inversión inicial de cada agrupación.....	46
Tabla 4.6-Resumen VAN y TIR.....	47
Tabla 4.7-Resumen diseños realizados	48
Tabla 4.8-Tarifa One Endesa	51
Tabla 4.9-Resumen precio de la factura según tarifa One Endesa.....	55
Tabla 4.10-Tarifa Total Energy	56
Tabla 4.11-Resumen precio de la factura según tarifa Total Energy	57
Tabla 4.12-Tarifa PVPC.....	59
Tabla 4.13- Resumen precio de la factura según tarifa PVPC.....	61
Tabla 4.14-Tarifa 3.0 GESTERNOVA.....	63
Tabla 4.15-Términos de potencia mensuales 3.0 GESTERNOVA.....	64
Tabla 4.16-Resumen precio de la factura según tarifa GESTERNOVA.....	68
Tabla 4.17-Tarifa 3.0 Endesa	69
Tabla 4.18-Términos de potencia mensuales 3.0 Endesa	69
Tabla 4.19- Resumen precio de la factura según tarifa 3.0 Endesa	71
Tabla 4.20-Tarifa Solar Naturgy	77
Tabla 4.21-Resumen precio de la factura según tarifa Solar NATURGY	78
Tabla 4.22-Tarifa Solar Simply.....	79
Tabla 4.23- Resumen precio de la factura según tarifa Solar Simply ENDESA	80
Tabla 4.24-Resumen precio de la factura según PVPC	83
Tabla 4.25-Tarifa Energética.Coop.....	84
Tabla 4.26-Tarifa SOLABRIA.....	84
Tabla 4.27-Resumen precio de la factura acogiendo tarifas trifásicas.....	86
Tabla 4.28-Término de Potencia anual tarifas sin excedentes	88
Tabla 4.29-Término de Potencia anual tarifas con excedentes.....	89

Tabla 4.30-Ahorro Solar Naturgy frente a One Endesa.....	93
Tabla 4.31-Ahorro Solar Simply frente a Total Energy.....	94
Tabla 4.32-Ahorro tarifas con excedentes frente a tarifas sin excedentes en el mercado regulado	95
Tabla 4.33-Ahorro Energetica.Coop frente GESTERNOVA	96
Tabla 4.34- Ahorro Solabria frente GESTERNOVA	96
Tabla 4.35- Ahorro GESTERNOVA frente Endesa	96

Índice de Figuras

Fig. 1.1-Producción de Energía en España en el 2022	11
Fig. 1.2-Producción de Energía en España en el 2022	12
Fig. 4.1-Diagramas costes totales Agrupación 1 con y sin ayuda	43
Fig. 4.2-Diagramas costes totales Agrupación 2 con y sin ayuda	43
Fig. 4.3-Término de Potencia anual tarifas sin excedentes	88
Fig. 4.4- Término de Potencia anual tarifas con excedentes	89
Fig. 4.5-Coste Término de Potencia tarifas trifásicas.....	91

Índice de Fórmulas

Ecuación 4.1-Potencia estimada de la instalación PV	30
Ecuación 4.2-Potencia mínima del inversor	31
Ecuación 4.3-N.º máximo de paneles por string.....	31
Ecuación 4.4-N.º mínimo de paneles por string	31
Ecuación 4.5-Calculo LCOE	42
Ecuación 4.6-Estimación de la producción anual	44
Ecuación 4.7-Fórmula VAN.....	45
Ecuación 4.8-Cálculo Término de Potencia anual.....	49
Ecuación 4.9-Cáculo del Término de energía.....	50
Ecuación 4.10-Cálculo Factura Mensual	50
Ecuación 4.11-Paso de Wmin a kWh	53

Ecuación 4.12-Cálculo término de potencia mensual con discriminación horaria	54
Ecuación 4.13-Cálculo término de potencia mensual sin discriminación horaria	56
Ecuación 4.14-Cálculo término de fijo mensual en el Mercado Regulado	60
Ecuación 4.15-Paso de W_{min} a MWh.....	60
Ecuación 4.16-Cálculo término de energía tarifa trifásica	66
Ecuación 4.17-Cálculo Término de Potencia Tarifas Trifásicas	67
Ecuación 4.18-Cálculo de la energía consumida realmente	73

Glosario

En esta sección se definen los diferentes conceptos y siglas utilizados a lo largo del proyecto.

- **SAM:** Acrónimo de *System Advisor Model*, un programa que permite estimar, entre otras cosas, el rendimiento de una instalación fotovoltaica [1].
- **DESWH:** Acrónimo del inglés *Domestic Electric Storage Water Heater*, es un dispositivo de almacenamiento aislado, por lo general de forma cilíndrica, que calienta el agua del mismo modo que una tetera eléctrica, pero, a diferencia de esta, manteniéndola caliente.
- **E-INST:** Acrónimo del inglés *Electric Instant Water Heater*, es un dispositivo utilizado para calentar agua de forma directa sin necesidad de almacenarla, en este caso emplea energía eléctrica y una serie de resistencias.
- **Azimut:** Es el ángulo que forma la proyección horizontal de la línea que une el centro del Sol con el meridiano del lugar (dirección Norte-Sur) con origen en el Sur.
Array: Conjunto de paneles conectados en serie.
- **VAN:** Acrónimo de *Valor Actual Neto*, es un indicador financiero que permite determinar la rentabilidad de un proyecto empleando los flujos efectivos netos y una tasa de descuento, el resultado se expresa en unidades monetarias [2], [3].
- **TIR:** Acrónimo de *Tasa Interna de Retorno*, es un indicador financiero que permite determinar la tasa de descuento que consigue que el VAN del proyecto se nulo, es decir, los ingresos sean iguales que los gastos [2].
- **LCOE:** Acrónimo del inglés *Levelized Cost of Energy*, es un parámetro que permite determinar el coste de producción de energía de una instalación a lo largo de su vida útil [4][5].

1. Introducción

La electricidad puede obtenerse empleando distintas fuentes de energía, tanto renovables como no renovables. En función de la potencia y la localización de los generadores se puede distinguir entre los métodos de generación tradicionales y los de generación distribuida.

La generación tradicional es el modelo convencional por el que centrales eléctricas de gran tamaño generan energía en una ubicación centralizada para distribuirla luego hasta los consumidores empleando las redes de transporte y distribución. Este método de generación está generalmente ligado a fuentes de energía no renovables, está basado en plantas de energía de combustibles fósiles como centrales de carbón, gas natural o plantas nucleares.

Se entiende por métodos de generación distribuida a aquellos que implican la producción de energía en ubicaciones más pequeñas y cercanas a los puntos de consumo. Están generalmente relacionados con fuentes de energía renovables ya que emplea tecnologías como paneles solares fotovoltaicos instalados en viviendas, turbinas eólicas de pequeño tamaño, sistemas de cogeneración...

Una vez explicados ambos métodos pueden comentarse sus características para determinar las ventajas y desventajas que presentan cada uno de ellos [6]–[9]. En lo que respecta a la *localización* el primer método se basa en grandes plantas de energía ubicadas en lugares estratégicos, normalmente alejados de los consumidores. Por el contrario, en la generación distribuida los puntos de generación están ubicados cerca de los de consumo reduciendo de esta manera las pérdidas de transmisión y distribución.

Otro punto clave es el *impacto ambiental*. En la generación tradicional se emplean a menudo combustibles fósiles que provocan emisiones de gases de efecto invernadero y generan impactos ambientales negativos. En cambio, en el segundo método, las fuentes utilizadas son renovables y limpias lo que se reduce su huella ambiental.

Es importante hablar de la *escala a la que opera* cada uno de los métodos. El primero opera a gran escala para generar grandes cantidades de energía de manera centralizada; el segundo se caracteriza por operar a más pequeña escala, esto le permite ser más flexible y adaptable a las necesidades locales.

Respecto a la resiliencia de cada uno de los métodos de generación, la generación distribuida es más resiliente que la generación tradicional. Si fallase una central de generación centralizada se podría ver comprometida la estabilidad de toda la red. Por el contrario, si hubiese un fallo en uno de los puntos de generación distribuida, la estabilidad de red no se vería tan comprometida, generalmente porque su potencia es inferior.

Aunque parezca que el segundo método únicamente presenta ventajas respecto al tradicional, esto no es así. En el segundo se emplean gran variedad de fuentes de energía dispersas tales como paneles solares, turbinas eólicas de pequeño tamaño, sistemas de cogeneración... Coordinar y gestionarlos de forma eficiente es difícil, y se vuelve más complicado si se tratan de integrar en la red eléctrica existente. Además, sus fuentes de energía son intermitentes y variables, por lo que la producción de electricidad fluctúa con facilidad y gestionar su variabilidad para equilibrarla a la oferta y la demanda en tiempo real es muy complejo si se quiere mantener la estabilidad de la red eléctrica. Una forma de mitigar su variabilidad y garantizar el suministro continuo de energía sería el empleo de sistemas de almacenamiento, pero los disponibles en la actualidad no son lo suficientemente eficientes. Otra de las técnicas que se pueden emplear para mitigar este efecto es la de incrementar la capacidad de las conexiones internacionales para aportar robustez a la red. A todo lo anterior debería sumarse la dificultad del control y la operación descentralizados, ya que se necesitarían sistemas de control avanzados y tecnologías efectivas para coordinar regular esta generación en tiempo real, y la necesidad de actualizar la infraestructura de la red, ya que sería necesario utilizar medidores inteligentes y sistemas de gestión de la energía, para facilitar su gestión y monitoreo, lo que supondría un gran desembolso económico.

Los métodos de generación en España son diversos, y en la actualidad se emplean tanto fuentes de energía renovables como no renovables. Como se puede ver en la *Tabla 1.1* y la *Fig. 1.1*, el 59% de la energía total que se generó en el año 2022 en España se obtuvo de fuentes no renovables, concretamente de combustibles fósiles y centrales nucleares [10]. Aunque estas últimas sean las de mayor peso, España se caracteriza por ser uno de los países líderes en generación de energía eólica y tener gran cantidad de parques distribuidos a lo largo de todo su territorio como se recoge la Asociación Empresarial Eólica [11]. También se considera referente en la generación de energía solar debido a diversos factores como son: su ubicación geográfica privilegiada con abundante

radiación solar o su desarrollo temprano de políticas para incentivar el uso de este tipo de energía entre otros [12].

DESCRIPCION	PRODUCCION NETA (MWH)	COLOR
Hidráulica	21.611.339,95	■
Nuclear	56.028.906,00	■
Combustibles	108.533.978,83	■
Eólica	61.119.600,32	■
Solar fotovoltaica	27.753.219,24	■
Solar térmica	4.123.305,15	■

Tabla 1.1-Producción Neta en MWh en España en el 2022

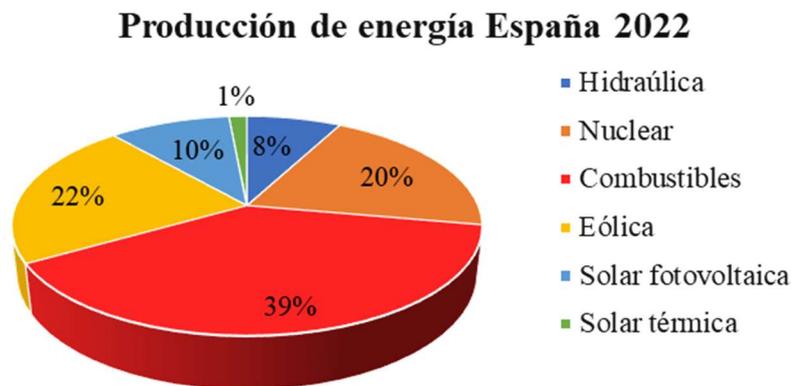


Fig. 1.1-Producción de Energía en España en el 2022

En la *Tabla 1.2* y la *Fig. 1.2* se muestra la producción anual de energía en Asturias en el año 2022 [10]. En este caso se observa también que predomina el uso de combustibles fósiles para generar energía eléctrica, lo que es lógico debido a las importantes reservas de carbón con las que cuenta la comunidad y la larga tradición de uso de este combustible en la generación de energía térmica. Aún así, debido a la presión de Europa para disminuir la emisión de CO₂, se redujo su uso y se fomentó el empleo de fuentes de energía renovables como la eólica que es la segunda fuente de energía de mayor producción en la región [13].

DESCRIPCION	PRODUCCION NETA (MWh)	COLOR
Hidráulica	919.685,76	■
Nuclear	0,00	■
Combustibles	9.961.080,04	■
Eólica	1.421.837,62	■
Solar fotovoltaica	583,42	■
Solar térmica	0,00	■

Tabla 1.2-Producción Neta en MWh en Asturias en el 2022

Producción de energía Asturias 2022

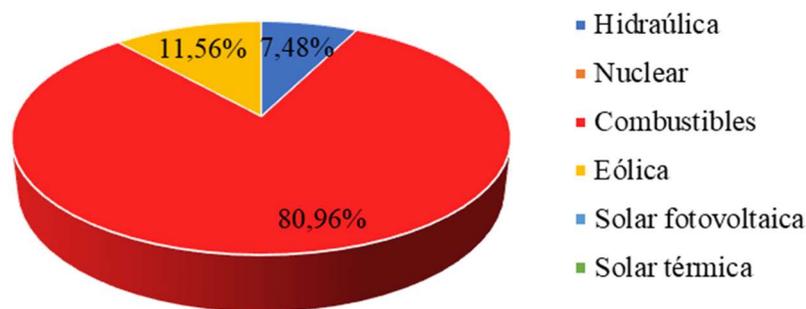


Fig. 1.2-Producción de Energía en España en el 2022

Como se mencionó a lo largo del apartado, la Unión Europea ha adoptado una serie de directivas con las que busca reducir las emisiones de CO₂ que afectan a todos los países miembros. Su objetivo principal es reducir las emisiones en un 55% como mínimo para el año 2030 y lograr ser climáticamente neutros en el 2050 [14]. Las principales medidas que se han adoptado son:

- *EU ETS o Directiva de Comercio de Derechos de Emisión:*
Esta afecta a los sectores industriales con mayor número de emisiones y las plantas de generación de energía, establece las máximas emisiones permitidas y promueve su reducción gradual [15].
- *Paquete de medidas Objetivo 55:*
Conjunto de propuestas que tienen por objetivo reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, fomentar el uso de fuentes renovables y aumento de la eficiencia energética, entendiéndose por esto la maximización del rendimiento y minimización del consumo de la energía disponible para optimizar el uso de los recursos disponibles y reducir el impacto ambiental asociado a la producción y consumo de energía [14].

- *EED o Directiva de Eficiencia Energética:*
Busca promover la eficiencia energética entre todos los países miembros estableciendo una serie de objetivos de ahorro energético y requisitos de eficiencia en edificios, empresas y servicios públicos [16].
- *Reglamento de Emisiones de CO₂ para automóviles y Vehículos Comerciales Ligeros:*
En este se recogen los límites permitidos de emisiones de CO₂ para los fabricantes de este tipo de vehículos y objetivos progresivos para reducirlas. También busca promover el empleo de vehículo eléctricos y de bajas emisiones [17].
- *RED II o Directiva de Renovables:*
En esta se establecen objetivos y marcos para promover el uso de fuentes de energía renovable con el fin de fomentar la transición hacia un futuro más sostenible y limpio [18].

Para fomentar el empleo de fuentes de energía verdes en los países miembros, la UE proporciona una serie de subvenciones que pueden aprovechar tanto particulares como empresas. Debido a que la energía solar es la más ampliamente extendida entre los ciudadanos se han creado los fondos Next Generation EU de 660 millones de euros, ampliables a 1320 millones, en ayudas a particulares y empresas que lleven a cabo una instalación solar. Estas ayudas se reparten en función de los kW pico de la instalación, por cada kWp de una de menos de 10kW que no posea una batería se recibiría 600€, además, si se ubicase en un localidad de menos de 5000 habitantes recibiría un ayuda adicional de 55€ por kWp. A estas subvenciones puede sumarse la reducción en el *IRPF*, el *Impuesto de Bienes de Inmuebles o IBI* y el *Impuesto sobre Construcciones, Instalaciones, y Obras o ICIO* y otras ayudas propias que ofrecen algunas comunidades autónomas [19].

2. Motivación

Sin duda alguna, las fuentes de energía renovables están a la orden del día. La más conocida de estas es la solar debido a su accesibilidad, visibilidad y potencial para la generación distribuida. Cada vez es más común ver instalaciones de paneles solares en todo tipo de edificaciones, desde viviendas unifamiliares hasta bloques de edificios y distintas empresas que ofrecen la posibilidad de realizar este tipo de instalaciones y tarifas adaptadas .

Otro tema que no pasa desapercibido en la actualidad es el aumento del precio mensual de la factura eléctrica independientemente del tipo de tarifa contratada. Esto se debe a un gran número de factores estrechamente relacionados entre sí, como son el aumento del coste de emisión de CO₂, el aumento del coste del gas, la gran variabilidad de la demanda de los usuarios debidos a cambios bruscos de temperatura provocados por el cambio climático... . Para reducirlo, los usuarios pueden adaptar sus hábitos de consumo para minimizarlo al máximo, para consumir cuando el coste de la electricidad sea lo más barato posible o emplear sistemas de generación distribuida.

Por estos dos motivos mencionados, el hincapié que hace la normativa europea en alcanzar un futuro sostenible desde el punto de vista medioambiental, la importancia que tiene para mí el medio ambiente y lo fascinantes que me resultan las fuentes de energía renovables, ha despertado mi interés el tema de este Trabajo de Fin de Grado.

Considero también que estudiar los posibles hábitos de consumo de los vecinos de una urbanización, dimensionar y determinar la producción de una serie de instalaciones fotovoltaicas que pudiesen ser implementadas en los tejados de sus viviendas y justificar su viabilidad estudiando la variación del precio de la factura eléctrica teniendo en cuenta o no la producción de los paneles solares, es una forma de presentar alternativas accesibles permitan reducir el impacto ambiental de las personas y contribuir a la transición a un futuro más sostenible en todos los aspectos.

3. Marco legislativo

El objetivo de este capítulo es comentar la evolución de la normativa solar en España, así como explicar la legislación vigente en la actualidad que afecte a instalaciones solares de este tipo.

3.1. HISTORIA DE LA NORMATIVA SOLAR

La producción de electricidad a través de energía solar comenzó a fomentarse gracias a la Ley 54/1997 de 27 de noviembre del Sector Eléctrico. En esta se autoriza la producción de energía eléctrica en régimen especial, así como los derechos y obligaciones de los productores entre otras cosas. También es la primera ley en la que se define el concepto de autoproducción de energía eléctrica que aquel que genera electricidad para su propio uso siempre que cumpla una de las dos condiciones siguientes: *consume al menos el 30% de la energía que genera si su potencia instalada no supera los 25MW o el 50% si esta es igual o supera los 25MW*; estos tenían la obligación de verter los excedentes de producción a la red recibiendo por ello una remuneración. Es importante destacar que por régimen especial se entiende a la generación de energía en instalaciones cuya potencia no supere los 50MW, empleen fuentes renovables y utilicen la cogeneración [20]–[23].

En el Real Decreto 2818/1998 de 23 de diciembre recogía los requisitos necesarios para acogerse al régimen especial, como se debían inscribir estos en los registros correspondientes, sus condiciones de entrega y su régimen económico [24], [25].

Para regular la conexión de este tipo de conexiones a la red de baja tensión y establecer el marco normativo en el que se deben desarrollar las actividades recogidas en la Ley 54/1997 de 27 de noviembre se publicaron el Real Decreto 1663/2000 de 29 de septiembre y el Real Decreto 1955/2000 de 1 de diciembre respectivamente [26]–[28].

En el año 2004 se publicaron dos reales decretos que afectaban a la producción de electricidad a partir de energía solar. Fueron el Real Decreto 436/2004 de 12 de marzo, que establecía la metodología para actualizar y sistematizar el régimen jurídico y económico de la producción de energía eléctrica en régimen especial [29]; y el Real Decreto 2351/2004 de 23 de diciembre, que modificaba el procedimiento de resolución de restricciones técnicas y otras normas reglamentarias del mercado eléctrico [30].

Para fomentar la generación eléctrica mediante fuentes renovables se publicó el Real Decreto 647/2011 del 9 de mayo [31], pero por diversos motivos, el autoconsumo no creció a la velocidad esperada. Ese mismo año se publicó también el Real Decreto 1699/2011 de 18 de noviembre [32], que regulaba la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia, con este se derogaba el Real Decreto 1663/2000 de 29 de septiembre. Su objetivo también era desarrollar la generación distribuida para minimizar el impacto de las instalaciones eléctricas en su entorno.

En el año 2012 se publicó el Real Decreto 1/2012 de 27 de enero, en este se eliminaba la retribución económica que recibían los productores por verter los excedentes a la red eléctrica [33].

El famoso impuesto al sol fue un peaje de respaldo que se aplicaba a la energía generada por instalaciones fotovoltaicas por el que el productor estaba obligado a pagar los impuestos correspondientes por la electricidad que generase la instalación excepto si se daba alguno de las siguientes situaciones: las instalaciones no estaban conectadas a la red, su potencia en BT era inferior a 10kW, estaban localizadas en Canarias, Ceuta o Melilla o eran instalaciones de cogeneración, entendiéndose por esta al proceso de producción combinada de energía eléctrica y energía térmica en el que la energía eléctrica se destina al consumo propio o de terceros [34], y frenado de trenes. Fue aprobado en el Real Decreto 900/2015 publicado el 9 de octubre en el que también se regulaban las condiciones administrativas, técnicas y económicas de este tipo de instalaciones. Por este motivo se frenó el desarrollo del autoconsumo en España.

No fue hasta el año 2018 cuando se derogó este mediante el Real Decreto-ley 15/2018 de 5 de octubre. En esta también se establecían medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores [35], [36].

Para regular las condiciones administrativas, técnicas y económicas del Real Decreto ya mencionado, se publicó en el 2019 el Real Decreto 244/2019 de 5 de abril que se mantiene en vigor en la actualidad [37], [38]

3.2. MARCO LEGISLATIVO ACTUAL

En esta sección se explicará con algo más de detalle la normativa vigente en la actualidad que afecta las instalaciones solares, centrándose en el Real Decreto 244/2019 de 5 de abril y todo aquello que afecten a instalaciones de autoconsumo compartido de este tipo [37]–[41].

Como ya se mencionó el Real Decreto 244/2019 de 5 de abril se publicó con el fin de regular el Real Decreto-ley 15/2018 de 5 de octubre. Las modificaciones más importantes que se recogen son la derogación del impuesto al sol, se permite el autoconsumo colectivo, se simplifican los trámites necesarios para llevar a cabo instalaciones de baja potencia, se suprime el límite de potencia (antes debía ser igual o inferior a la contratada) y se permite el alquiler de tejados y cubiertas para que terceros puedan producir electricidad.

Cabe destacar también que en también se redefine el termino de autoconsumo, en el Real Decreto se entiende por esto *“el consumo por parte de uno o varios consumidores de energía eléctrica proveniente de instalaciones de generación próximas a las de consumo y asociadas a las mismas”*, y se definen las siguientes modalidades de autoconsumo:

- *Sin excedentes*: No está autorizado a realizar vertidos de energía a la red.
- *Con excedentes*: Esta permitido verter los excedentes de producción en las redes de distribución y transporte.

Dentro del autoconsumo con excedentes se distingue a su vez entre los acogidos a compensación y los no acogidos a compensación. De definen estos en el artículo 4 como se muestra a continuación:

a) *Modalidad con excedentes acogida a compensación*: *Pertenecerán a esta modalidad, aquellos casos de suministro con autoconsumo con excedentes en los que voluntariamente el consumidor y el productor opten por acogerse a un mecanismo de compensación de excedentes. Esta opción solo será posible en aquellos casos en los que se cumpla con todas las condiciones que seguidamente se recogen:*

- i. *La fuente de energía primaria sea de origen renovable.*
- ii. *La potencia total de las instalaciones de producción asociadas no sea superior a 100 kW.*
- iii. *Si resultase necesario realizar un contrato de suministro para servicios auxiliares de producción, el consumidor haya suscrito un único contrato de suministro para el consumo asociado y para los consumos auxiliares de producción con una empresa comercializadora, según lo dispuesto en el artículo 9.2 del presente real decreto.*

- iv. *El consumidor y productor asociado hayan suscrito un contrato de compensación de excedentes de autoconsumo definido en el artículo 14 del presente real decreto.*
 - v. *La instalación de producción no tenga otorgado un régimen retributivo adicional o específico.*
- b) *Modalidad con excedentes no acogida a compensación: Pertenerán a esta modalidad, todos aquellos casos de autoconsumo con excedentes que no cumplan con alguno de los requisitos para pertenecer a la modalidad con excedentes acogida a compensación o que voluntariamente opten por no acogerse a dicha modalidad.*

Los excedentes que se produzcan en cada caso se gestionan de forma diferente en función de la modalidad:

- Acogido a compensación:

La comercializadora compensará los excedentes inyectados en la red al final de cada periodo de facturación. El valor de la compensación recibida varía en función del tipo de contrato de suministro. Si está en el mercado regulado, cambiará cada día y hora; por el contrario, si se halla en el mercado libre, se compensará de acuerdo a lo establecido por esta.

- No acogido a compensación:

Los excedentes se venderán al mercado eléctrico sin que el productor reciba ningún tipo de beneficio.

En este mismo artículo se definen también las modalidades de autoconsumo individual, un único consumidor, o colectivo, varios consumidores que comparten una misma planta de producción.

Es importante en el segundo caso que los consumidores pertenezcan a la misma modalidad de autoconsumo y comuniquen individualmente a la empresa distribuidora encargada de la lectura, directamente o a través de la empresa comercializadora, un mismo acuerdo firmado por todos los participantes en el que se recojan los criterios de reparto según lo que se explica en el anexo I.

En este Real Decreto también se establecen las condiciones en las que puede darse el autoconsumo colectivo o compartido, son las siguientes:

- Los consumidores asociados han de estar conectados al mismo centro de transformación y la energía debe distribuirse en baja tensión
- En un principio la distancia máxima entre los consumidores y la instalación no debía superar los 500m. Este aspecto fue revisado en el Real Decreto-ley 18/2022 de 18 de octubre [42], por lo que en la actualidad la máxima distancia permitida es de 1000m.
- La ubicación de la instalación y los puntos donde se va a consumir debe ser la misma referencia catastral según sus primeros 14 dígitos.

La Orden TED/1247/2021 de 15 de noviembre [43] es importante ya que modifica el anexo I del Real Decreto 244/2019 de 5 de abril añadiendo coeficientes de reparto variables en autoconsumo colectivo. Los coeficientes de reparto son coeficientes que permiten averiguar la energía horaria neta que le corresponde a cada participante de ese autoconsumo compartido. Se denotan por β_i , tendrán unos valores que se incluyen en el acuerdo firmado por los consumidores participantes que debe notificarse a la empresa distribuidora. Se determinan en función de:

- Potencia contratada por cada consumidor
- Aportación de cada consumidor a la instalación fotovoltaica
- Otros elementos acordados

La suma total debe ser igual a 1, pudiendo ser estos fijos o variables con la hora. Son flexibles, hasta el punto de poder variar todas las horas del año, y pueden modificarse cada 4 meses. Se crearon con la finalidad de generar un impacto económico positivo en los usuarios ya que pueden adaptarse a aquellos periodos en los que no se encuentran en la vivienda [44], [45].

Antes de continuar es necesario explicar el concepto de comunidades energéticas, se entiende por estas a aquellas comunidades de vecinos que deseen beneficiarse colectivamente de las mismas instalaciones situadas en su entorno con el fin de ahorrar, evitar la dependencia sobre las compañías eléctricas y mejorar su eficiencia energética [46].

Dado que se pretende analizar una serie de tarifas trifásicas en las que se realizará un agrupamiento de los consumos de las viviendas actuando sus habitantes como una

comunidad energética, es necesario explicar las particularidades que este tipo de instalaciones colectivas presentan frente a las individuales.

La obra solo se llevará a cabo si un tercio de la comunidad está de acuerdo, pero, si se trata de una instalación para consumos comunes, es necesario que haya una mayoría simple.

Es importante que todos los vecinos compartan la misma comercializadora eléctrica.

Los coeficientes de consumo o porcentajes deben permanecer fijos durante 20 años pudiendo revisarse anualmente si se considera necesario

Los permisos necesarios para la obra son idénticos a los de las instalaciones individuales repartiéndose los trámites entre el instalador y el usuario. El primero se encarga de obtener el permiso de construcción en el Ayuntamiento correspondiente, lo que se conoce como declaración responsable o licencia de obras; de emitir certificado de la instalación y registrarla en el órgano autonómico correspondiente. Además, si se trata de una instalación con excedentes y más de 15 kW de producción se encargará también de obtener los permisos de acceso y conexión a la red. El usuario ayudado por el instalador será el encargado de firmar un acuerdo de reparto, en este se incluirá la repartición de la instalación para cada miembro de la comunidad de vecinos. Tras esto debe de ser entregado a la empresa distribuidora contratada. En muchos casos será imprescindible que la instalación sea aprobada por la Junta antes de iniciar la obra [47].

4. Desarrollo del proyecto

4.1. BREVE EXPLICACIÓN DEL PROYECTO

Como se ha mencionado al inicio del documento, para realizar el proyecto se seleccionaron 11 viviendas distintas de una misma urbanización.

La primera parte del proyecto ha consistido en la simulación de su consumo mediante un modelo de demanda que, de acuerdo a una serie de parámetros como son el número de habitantes y los electrodomésticos que poseen, proporcionaban el perfil de demanda de la vivienda en W/min consumidos por sus ocupantes a lo largo del día.

A continuación, mediante el uso del programa SAM se han diseñado dos pequeñas instalaciones fotovoltaicas de las que se ha determinado cuál es su producción anual. Estas se instalarían en los tejados de cada una de las casas con el objetivo de reducir la energía eléctrica procedente de la red que consumen.

Por último, empleando los datos de consumo de sus habitantes y la producción de energía solar de cada planta, se ha estimado en cada caso el coste de su factura eléctrica teniendo en consideración y despreciando la generación de su instalación y contratando la tarifa del mercado regulado, dos tarifas del mercado libre, una con y otra sin discriminación horaria, y dos tarifas trifásicas.

4.2. HABITANTES Y MODELADO DE LA DEMANDA

4.2.1. Localización

Las viviendas ya mencionadas se encuentran situadas en la Urbanización Palacio de Meres, en la localidad de Siero (*Imagen 4.1*).

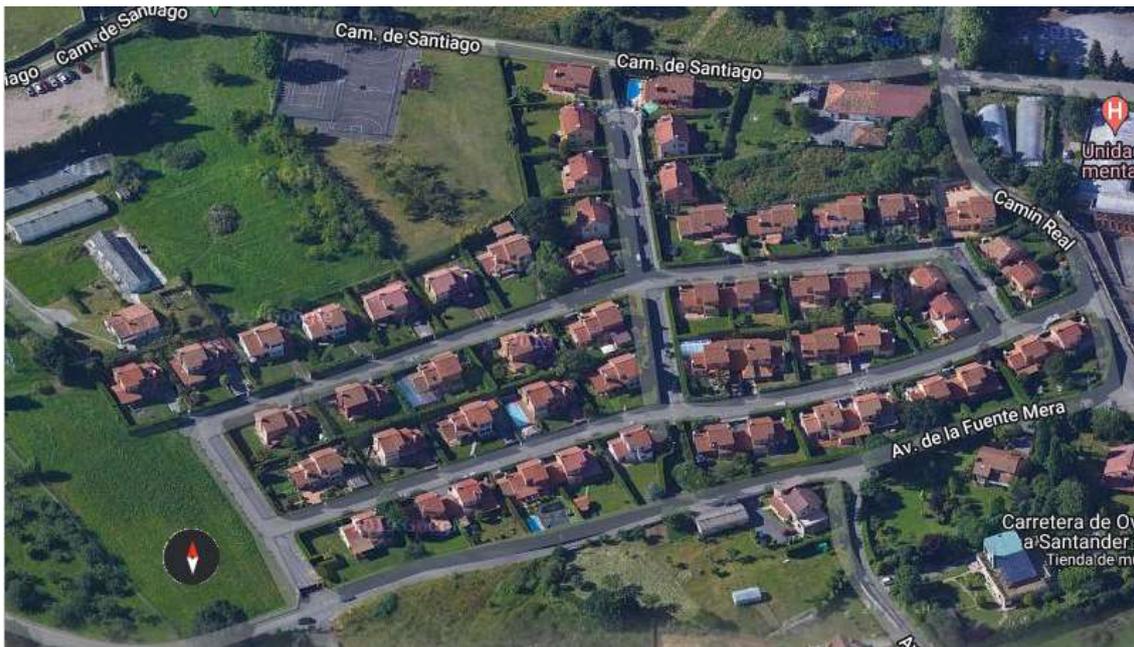


Imagen 4.1-Localización de las viviendas

Fuente: Google Maps



Imagen 4.2-Viviendas seleccionadas

Dado a que la urbanización está formada por cerca de 60 viviendas diferentes, para realizar este estudio se ha seleccionado una muestra de 11 de ellas. En la *Imagen 4.2* se muestran las empleadas para llevarlo a cabo:

- De izquierda a derecha, las 5 casas marcadas en rojo se corresponden con los números del 5 al 1.
- De izquierda a derecha, las 3 casas superiores marcadas en amarillo se corresponden con los números del 8 al 10.
- De izquierda a derecha, las 3 casas inferiores marcadas en amarillo se corresponden con los números del 13 al 11.

En esta se observa que las casas n.º 5, 4, 3 y 2 difieren ligeramente del resto, esto se debe a que son adosados. A la hora de realizar las distintas simulaciones, se ha trabajado con ellos como si fuesen chalés ya que, el tamaño del tejado, principal parámetro a tener en cuenta para diseñar la instalación fotovoltaica, no varía de un modelo a otro. Por el contrario, sí lo hace el tamaño del jardín, pero no resulta crítico, ya que, en caso de instalarse los paneles a nivel de suelo, se instalarían en una parcela de gran tamaño en desuso que pertenece a la urbanización (*Imagen 4.3*).



Imagen 4.3-Parcela disponible para realizar otra instalación

Fuente: Google Maps

4.2.2. Habitantes y aparatos eléctricos

Al inicio de este capítulo se explicó brevemente como los modelos de demanda empleados para estimar el consumo eléctrico tomaban como datos el n.º de ocupantes y los electrodomésticos de cada vivienda. Por eso, en este apartado se recogen estos datos de cada una de ellas y se describe como se obtienen los W_{min} consumidos del modelo de demanda.

Para generar perfiles de consumo diversos que permitiesen alcanzar conclusiones más fiables, se han seleccionado aparatos eléctricos distintos en cada caso y se ha variado el n.º de inquilinos de cada propiedad. Todo esto se recoge en la *Tabla 4.1* y la *Tabla 4.2*; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** mostradas a continuación:

<i>N.º vivienda</i>	1	2	3	4	5	8	9	10	11	12	13
<i>N.º ocupantes</i>	2	2	4	3	3	4	3	2	5	3	4

Tabla 4.1-Habitantes de cada casa

N.º de vivienda	Electrodoméstico																															
	Arcón	Nevera	Refrigerador	Congelador	Contestador automático	Casete / Reproductor CD	Reloj	Teléfono fijo	Hi-Fi (Equipo de música)	Plancha	Aspiradora	Fax	Ordenador de sobremesa	Impresora	TV 1	TV 2	TV 3	VCR / DVD	Decodificador de TV	Placa vitrocerámica	Horno	Microondas	Tetera	Pequeñas máquinas de	Friegaplatos	Secadora	Lavadora	Lavadora/Secadora	DESWH	E-INST	Ducha eléctrica	Iluminación
1		✓	✓				✓	✓		✓	✓		✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓					✓	✓	
2		✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
3	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
4		✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
5		✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
8		✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
9	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
10		✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
11	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
12		✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
13		✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Tabla 4.2-Electrodomésticos de cada propiedad

El modelo de consumo utilizado ha sido diseñado en la Universidad de Loughborough [48]. Este emplea distintos parámetros (fecha, localización, n.º de inquilinos...) para calcular el gasto de energía eléctrica, gas o agua de una vivienda o conjunto de viviendas a lo largo del día que se desea simular. A continuación, se explica el funcionamiento del mismo y como localizar los datos necesarios.

1. CREST Demand Model v2.3.3

Este modelo se ha utilizado para simular el consumo eléctrico de las viviendas.

Este posee distintas hojas, pero las que se han utilizado han sido *Main Sheet*, *Resultados separados* y *Dwellings*, se ha añadido la segunda hoja mencionada para facilitar la toma de datos (*Imagen 4.4*).

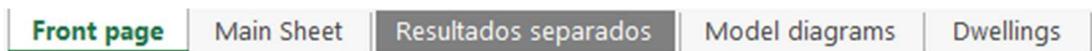


Imagen 4.4-Hojas empleadas

La hoja *Main Sheet* está dividida en distintas secciones, una donde se definen las entradas para realizar la simulación (la fecha, si se corresponde con un día del fin de semana o no, localización que se quiere simular, el año en el que se simula, si se encuentra o no en Reino Unido, si se encuentra en una zona urbana o aislada y el número de viviendas a simular) y el botón que permite iniciar la simulación, *Run simulation*, (*Imagen 4.5*) y otras dos donde se muestran las salidas obtenidas gráficamente (la primera casa que se encuentra definida en la hoja *Dwellings* y el conjunto de todas las recogidas en la hoja).

CREST Demand Model v2.3.3									
Simulation inputs									
1. Specify the date:	Enter day of month:	31	Enter month of year:	12	(Specify a number for the month e.g. for January enter '1')				
2. Specify if this is a weekday (wd) or weekend (we):		we			(Specify 'wd' or 'we')				
3. Specify the location for solar:	Latitude (°):	43,75	Longitude (°):	-5,73	Local standard time meridian (°):	0	(0 for England 82.5 for India)		
4. Specify the location for temperature:		England	(Specify 'England' or a city e.g. 'N Delhi'. List, plus latitude & longitude in ClimateData)						
5. Specify country and year for appliance ownership:		UK	2022	(2006 to 2031)	Urban	(Urban or Rural)			
6. Country uses daylight saving time (summer time)?		<input checked="" type="checkbox"/>	(Yes in UK, not in India)						
7. Specify the number of dwellings to simulate in this run:		10							
8. Stochastically assign dwelling parameters?		<input type="checkbox"/>	If not, then specify the dwelling parameters manually in the "Dwellings" worksheet						
9. Include high-resolution dynamic output?		<input checked="" type="checkbox"/>							
10. Include daily demand totals for each dwelling?		<input checked="" type="checkbox"/>							
11. Overwrite existing data?		<input checked="" type="checkbox"/>							
12. PV included as an option?		<input type="checkbox"/>							
13. Run or stop the model by clicking the buttons to the right:									
			Run simulation	Stop simulation	Stopped				

Imagen 4.5-Aspecto ventana datos de entrada

El aspecto de las gráficas mencionadas es el mostrado en la *Imagen 4.6*. Los datos que se recogen son *Occupancy model*, *Appliance and lighting models* y *PV*

model (realmente no sería necesaria, pero se usa porque muestra el consumo total de energía eléctrica, la anterior muestra por separado el de los electrodomésticos y la iluminación).

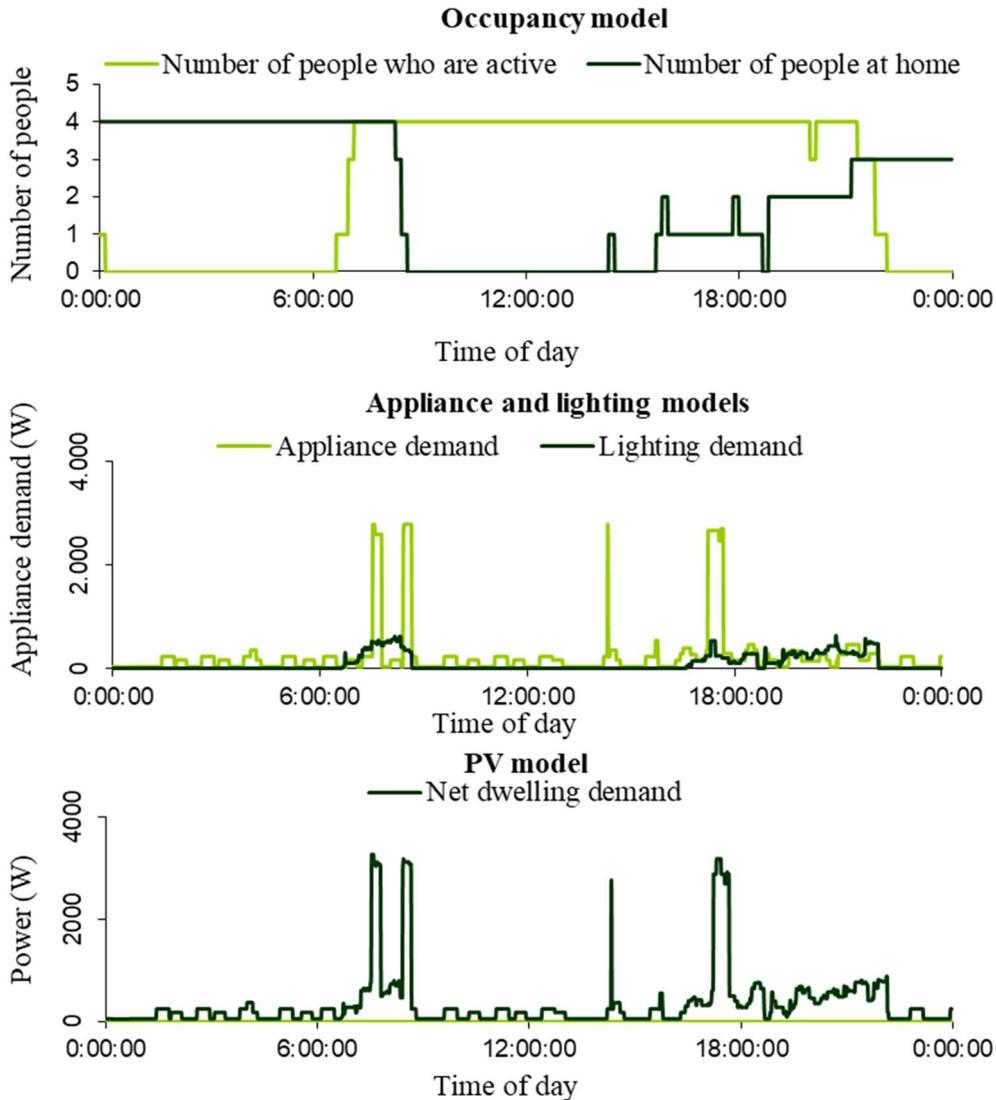


Imagen 4.6-Ejemplo de gráficas de datos

La hoja *Resultados separados* es la que recoge los Wmin consumidos a lo largo del día y la actividad de los ocupantes de la vivienda; en este caso, se han utilizado los datos recogidos en las columnas *Time*, *Occupancy*, *Activity*, *Lighting demand* y *Appliance demand* de la hoja *Results – disaggregated*; se ha añadido también una columna adicional que suma las dos últimas mencionadas, la energía consumida por los electrodomésticos y la iluminación (*Imagen 4.7*).

CASA N°1					
0:00:00	1	2	0	56	56
0:01:00	1	2	0	56	56
0:02:00	1	2	0	56	56
0:03:00	1	2	0	56	56
0:04:00	1	2	20	56	76
0:05:00	1	2	20	56	76
0:06:00	1	2	20	56	76
0:07:00	1	2	20	56	76
0:08:00	1	2	20	56	76
0:09:00	1	2	20	56	76
0:10:00	2	2	120	56	176
0:11:00	2	2	120	56	176
0:12:00	2	2	120	56	176
0:13:00	2	2	120	56	176

Imagen 4.7-Datos empleados en las tablas

En la hoja *Dwellings* se definen los parámetros de las todas las viviendas y los electrodomésticos que poseen cada una de ellas (se indica con un 1 que sí lo posee y con un 0 que carece de este) (*Imagen 4.9*). Es importante indicar su n.º de residentes (*Number of residents*), su índice que permite identificar a que vivienda se corresponden los datos observados (*Dwelling index*) y, por último, la instalación fotovoltaica que emplea (*PV system index*), en todos los casos debe de ser 0 (*Imagen 4.8*).

Se ha añadido una columna adicional que indica el n.º real de cada casa (*Imagen 4.10*) .

Dwelling parameters					
Dwelling index	Number of residents	Building index	Primary heating system index	PV system index	
1	2	1		1	0
2	2	5		2	0
3	4	7		3	0
4	3	6		4	0
5	3	4		1	0

Imagen 4.8-Parámetros de las viviendas

Appliance and water fixtures owned						
Chest freezer	Fridge freezer	Refrigerator	Upright freezer	Answer machine	Cassette / CD Player	
0	1	0	0	0	0	1
0	1	0	0	1	1	1
0	1	0	0	0	1	1
1	0	0	0	0	1	1

Imagen 4.9-Datos de los distintos electrodomésticos

Número de vivienda	
	1
	2
	3
	4

Imagen 4.10-N.º real de la vivienda

4.3. DISEÑO INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

Al diseñar una instalación fotovoltaica instalada en el tejado de un edificio es necesario tener en cuenta su tamaño e inclinación, así como la orientación de este y la presencia de objetos que puedan producir sombras en algún punto si se desea obtener el mejor rendimiento posible.

Para los casos estudiados, el tamaño de los tejados es de 7,3m de ancho (marcado en naranja en la *Imagen 4.11*) y 5,5m de largo (marcado en rojo en la *Imagen 4.11*) por faldón, con una inclinación de unos 25° y están orientados al noreste. En la *Imagen 4.11* se aprecia también que los aleros no son iguales, este detalle será importante a la hora de asignar una solución para alguna de las casas.



Imagen 4.11-Dimensiones tejados

Para determinar la mejor instalación posible para cada casa, se han realizado varios diseños en los que se empleaban distintos modelos de paneles e inversores; empleando el programa *SAM (System Advisor Model)* se simularon éstas para poder determinar su producción; con estos datos y el coste de cada elemento, el mantenimiento,

posibles ayudas... se estudió la viabilidad de cada uno para seleccionar dos de ellos que se desarrollarán a lo largo de esta sección.

Antes de comentar en detalle lo mencionado en el párrafo anterior, se explicarán brevemente una serie de conceptos que hubo que tener cuenta a la hora de realizar las simulaciones.

El primero de ellos es el azimut, o acimut, que es el ángulo que forma la proyección horizontal de la línea que une el centro del Sol con el meridiano del lugar (dirección Norte-Sur) con origen en el Norte, de acuerdo al programa SAM (Imagen 4.12).

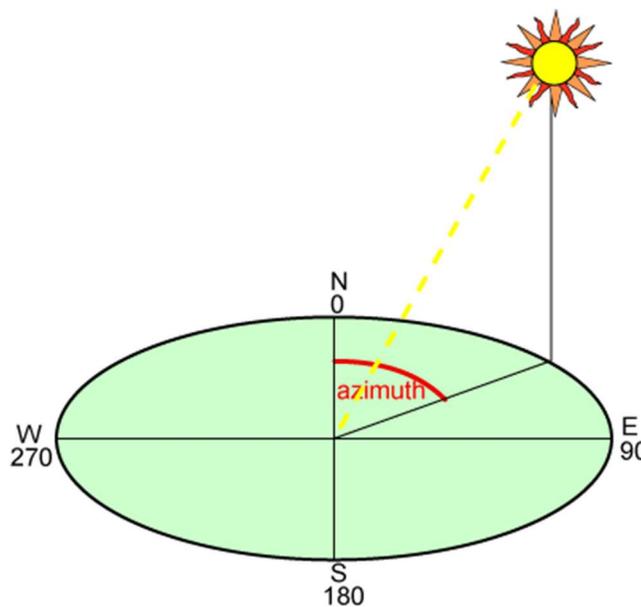


Imagen 4.12-Azimut

Fuente: PVEducation

A la hora de diseñar una instalación fotovoltaica, es necesario seguir una serie de pasos para cometer el menor número de errores posibles, estos se describen a continuación:

1. Se selecciona el modelo de panel que se va a utilizar (interesa conocer su potencia y rendimiento).
2. Se selecciona el n.º de paneles que se van a emplear
3. Se estima la potencia de la instalación fotovoltaica (Ecuación 5).

Ecuación 4.1-Potencia estimada de la instalación PV

$$P_{inst} = n.^{\circ} \text{modulos} \times P_{modulo}$$

4. Se selecciona el ratio DC/AC que es la relación entre la potencia continua de los paneles y la potencia en alterna de los inversores. Por lo general suele ser de 1,2.
5. Se estima la potencia mínima del inversor (Ecuación 6).

Ecuación 4.2-Potencia mínima del inversor

$$P_{\min_inv} = \frac{P_{inst}}{ratio\ DC/AC}$$

6. Se selecciona el modelo de inversor que cumpla esta característica.
7. Se determina el n.º máximo de paneles por string, se trunca el número obtenido si no es un entero (*Ecuación 7*).

Ecuación 4.3-N.º máximo de paneles por string

$$N_{\max_string} = \frac{V_{inv_max}}{V_{mod_out}}$$

8. Se determina el n.º mínimo de paneles por string, se redondea el número obtenido si no es un entero (*Ecuación 8*).

Ecuación 4.4-N.º mínimo de paneles por string

$$N_{\min_string} = \frac{V_{inv_min}}{V_{mod_out}}$$

9. Se determinan los módulos por string, el n.º de strings y se comprueba:
 - a. Si se cumplen los límites máximos y mínimos de paneles por string.
 - b. Si hay varios strings conectados en paralelo, la suma total de la corriente que circula por cada uno de ellos no supera la permitida por el inversor.
 - c. Si hay un string por canal, la corriente que circula por este no supera la permitida por el inversor.
 - d. El n.º total de módulos coincide con el establecido en el inicio, si no es así, puede darse el caso de que la instalación diseñada no pueda simularse.

Para facilitar los cálculos, se recogieron estos pasos en una hoja de cálculo. Su aspecto se recoge en la *Imagen 4.13*. Los parámetros de entrada son los recogidos en una celda azul, los resultados se encuentran en una celda amarilla y los modelos reales de paneles e inversor se encuentran en una celda naranja. Se empieza indicando el rendimiento, la potencia, la tensión en circuito abierto y la corriente que circula a la salida de los paneles. Tras esto, se indica el número de paneles que tendrá la instalación, el ratio DC/AC y la superficie de tejado en la que se instalará, con estos datos y como se indicó al inicio se obtiene su potencia y la mínima que debe tener el inversor. A continuación, se introducen la tensión mínima y máxima entre las que tiene que hallarse la entrada del inversor y si como la corriente máxima que soporta por canal MPPT. Por último, con todos estos datos y según se explicó se obtienen las dimensiones mínimas y máximas de los strings.

Área del tejado (m ²)	31,7025	Número de módulos	10,00	Potencia instalación (W)	3700,00	Tamaño máximo de string	11,76	11	Número de strings	0	Corriente total (A)	11,5
Ratio AD/AC	1,2					Tamaño mínimo de string	2,45	3	Número deseado de strings	1		
Modelo de panel	CanadianSolar CS3L 370MS		Modelo del inversor	ABB: PVI-3.0-OUTD-S-US-A [208V] 1.462,50 €								
Eficiencia del módulo (η)	20		Potencia inversor (W)	3083,33	https://www.solaris-shop.com/abb-pvi-3-0-outd-s-us-a-3kw-2-mppt-inverter/							
Potencia del módulo / STC(W)	370		V _{max_inv} (V)	480								
V _{oc} (V)	40,8		V _{min_inv} (V)	100								
I _{ms} (A)	11,5		I _{max_dc} (A)	10,13								

Imagen 4.13-Cálculo de parámetro de un instalación PV

Como se mencionó al inicio del apartado, la apariencia de los aleros no es la misma. Si se toma como alero delantero a aquel que está orientado hacia la puerta de entrada de la casa vemos que es algo menor que el trasero debido a un recorte en una de sus esquinas inferiores. Para obtener el mayor rendimiento posible, se decidió instalar módulos de tamaño 2mx1m en el alero en el que el azimut tuviese un valor de 155,3°; para la mayor parte de las viviendas este coincidía con el alero trasero, el de mayor tamaño, pero, para las n.º 8, 9 y 10, coincidía con el delantero, por ello se simularon dos agrupaciones por modelo de panel, una para cada alero.

4.3.1. Agrupación 1

Esta es la asociada al alero trasero. Se ha instalado en todas las viviendas excepto la n.º 8, 9 y 10.

Se escogió esta agrupación frente al resto de diseños ya que su producción anual es la mayor y los valores de los estimadores financieros empleados son los más beneficiosos. Los estimadores empleados se explican en detalle en el apartado 4.3.3 .

Esta agrupación emplea 9 paneles JKM480N-60HL4 de la marca Jinko Solar y un inversor PIKO MP Plus 2.5 de la marca Kostal. Los paneles se caracterizan por tener un tamaño de 1903×1134×30mm, una potencia de 480W y un rendimiento del 22,24%. El inversor posee dos entradas MPPT ,tiene una potencia de 3,75kW y soporta como máximo 13A por canal.

Como se mencionó al principio del apartado, para estimar su desempeño anual se empleó el programa SAM, a lo largo de esta sección se explicará cómo se introducen los datos y como obtener los resultados.

Lo primero es crear un nuevo proyecto seleccionando en la pantalla de inicio la opción *Start a new Project (Imagen 4.14)*; tras esto basta con seleccionar *Photovoltaic>Detailed PV Model> No Financial Model (Imagen 4.15)*.

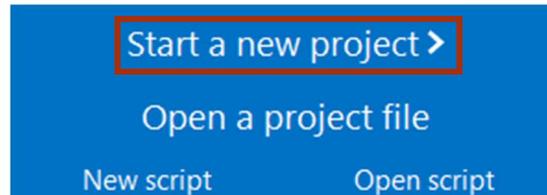


Imagen 4.14-Pantalla de inicio del programa

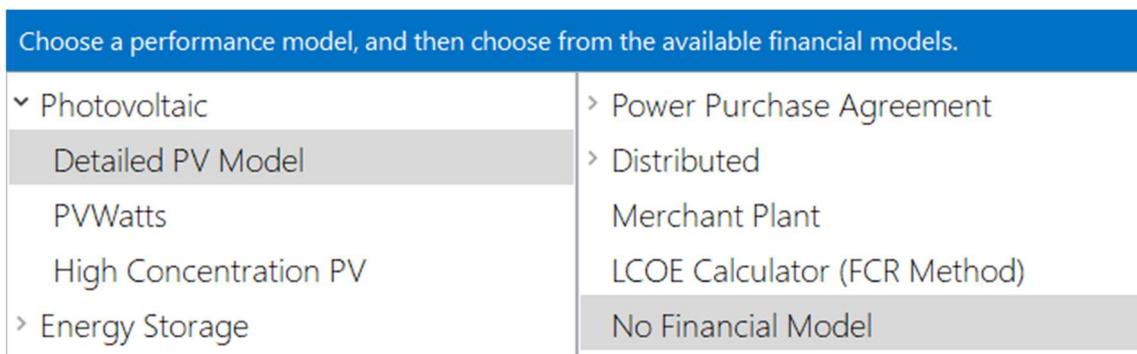


Imagen 4.15-Crear modelo de instalación fotovoltaica

Una vez creado el proyecto, se puede comenzar a diseñar la instalación. Se debe seleccionar la ubicación donde se situará en el apartado *Solar Resource Library* de la pestaña *Location and Resource (Imagen 4.16)*. Si la localización deseada no aparece entre las opciones mostradas, se puede añadir en el apartado *Download Weather Files>Download and add to library...*, introduciendo su latitud y longitud (*Imagen 4.17*).

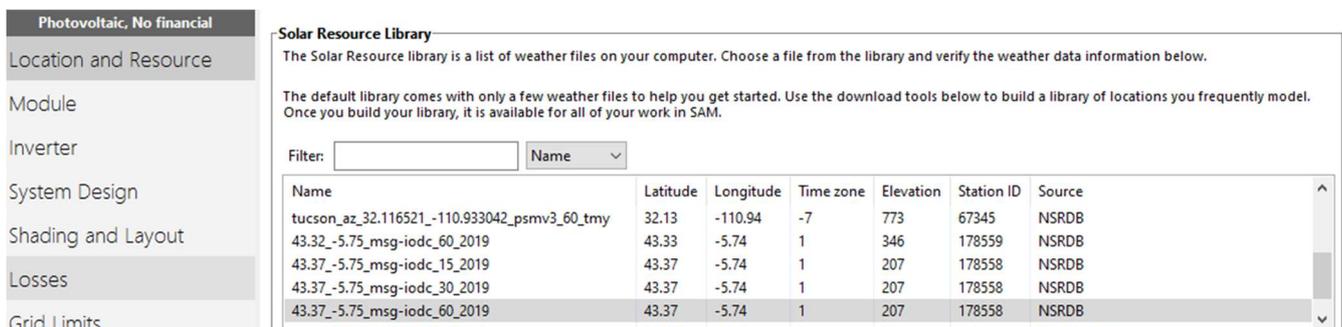


Imagen 4.16-Selección de la ubicación

Download Weather Files

The NSRDB is a database of thousands of weather files that you can download and add to your solar resource library: Download a default typical-year (TMY) file for most long-term cash flow analyses, or choose files to download for single-year or P50/P90 analyses. See Help for details.

One location Multiple locations

Advanced download

Type a location name, street address, or lat,lon in decimal degrees

Default TMY file

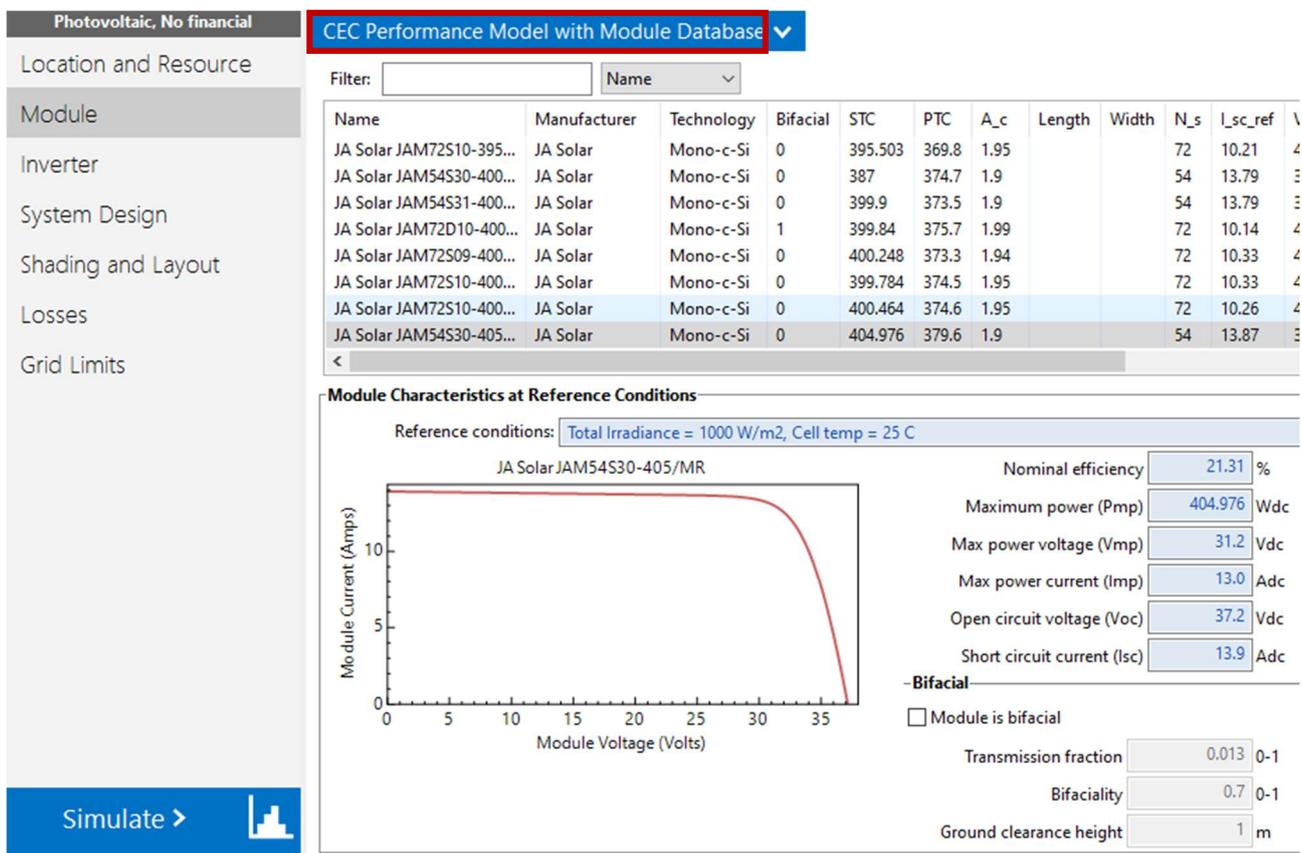
Download and add to library...

[For locations not covered by the NSRDB, visit the SAM website Weather Page for links to other data sources.](#)

Imagen 4.17-Añadir nuevas librerías

Tras esto, se debe seleccionar el módulo que se va a emplear en la pestaña *Module*. En esta se recogen los datos de todos los modelos que incluye el programa (nombre, fabricante, potencia, tensión a la salida...), su curva intensidad-voltaje y un apartado que permite realizar las simulaciones a una temperatura distinta a la nominal (Imagen 4.18).

Si el modelo empleado no se encuentra recogido en la base de datos se puede introducir este manualmente seleccionando la opción *CEC Performance Model with User Entered Specifications* en vez de *CEC Performance Model with Module Database* (marcado en rojo en las imágenes Imagen 4.18 e Imagen 4.19 respectivamente) e incluyendo los valores pedidos de su datasheet (Imagen 4.19).



Name	Manufacturer	Technology	Bifacial	STC	PTC	A_c	Length	Width	N_s	I_sc_ref
JA Solar JAM72S10-395...	JA Solar	Mono-c-Si	0	395.503	369.8	1.95			72	10.21
JA Solar JAM54S30-400...	JA Solar	Mono-c-Si	0	387	374.7	1.9			54	13.79
JA Solar JAM54S31-400...	JA Solar	Mono-c-Si	0	399.9	373.5	1.9			54	13.79
JA Solar JAM72D10-400...	JA Solar	Mono-c-Si	1	399.84	375.7	1.99			72	10.14
JA Solar JAM72S09-400...	JA Solar	Mono-c-Si	0	400.248	373.3	1.94			72	10.33
JA Solar JAM72S10-400...	JA Solar	Mono-c-Si	0	399.784	374.5	1.95			72	10.33
JA Solar JAM72S10-400...	JA Solar	Mono-c-Si	0	400.464	374.6	1.95			72	10.26
JA Solar JAM54S30-405...	JA Solar	Mono-c-Si	0	404.976	379.6	1.9			54	13.87

Reference conditions: Total Irradiance = 1000 W/m², Cell temp = 25 C

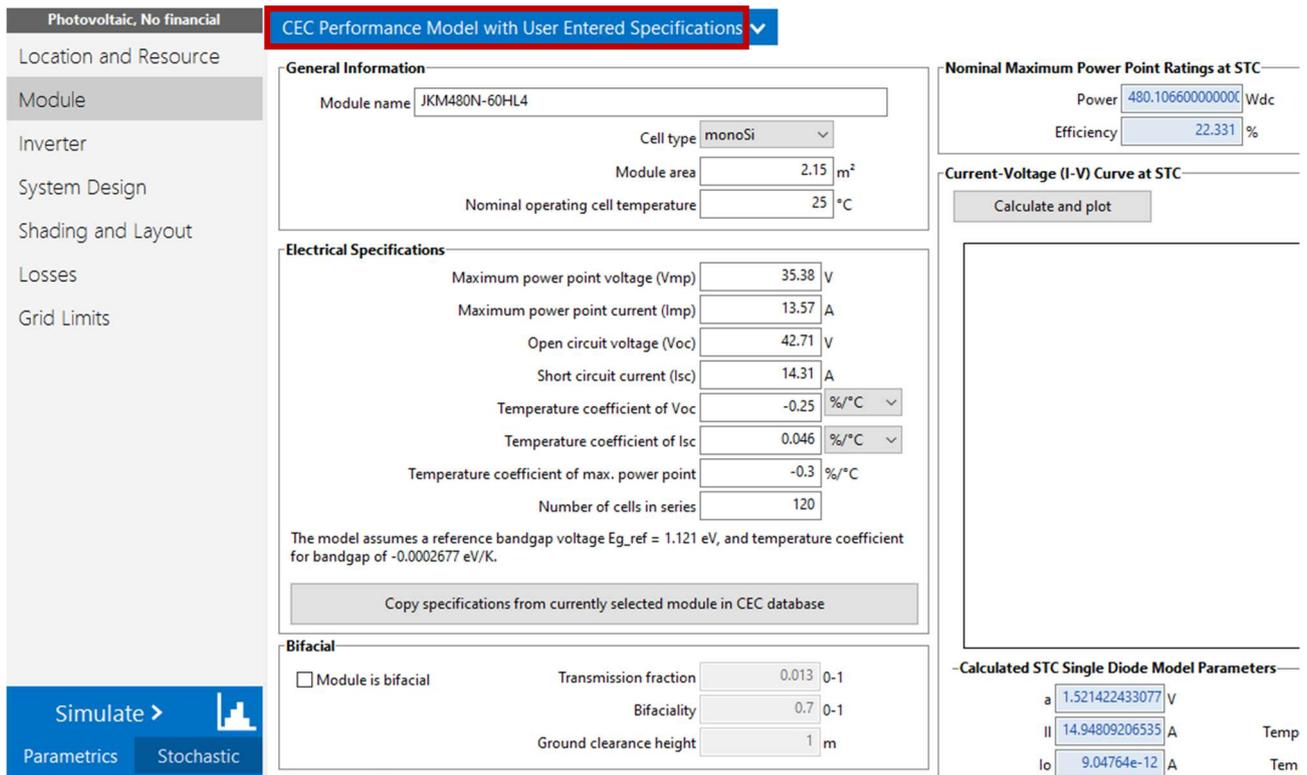
JA Solar JAM54S30-405/MR

Nominal efficiency	21.31 %
Maximum power (Pmp)	404.976 Wdc
Max power voltage (Vmp)	31.2 Vdc
Max power current (Imp)	13.0 Adc
Open circuit voltage (Voc)	37.2 Vdc
Short circuit current (Isc)	13.9 Adc

Module is bifacial

Transmission fraction	0.013	0-1
Bifaciality	0.7	0-1
Ground clearance height	1	m

Imagen 4.18-Selección de módulos



Photovoltaic, No financial | **CEC Performance Model with User Entered Specifications**

Location and Resource

Module

Inverter

System Design

Shading and Layout

Losses

Grid Limits

Simulate > | Parametrics | Stochastic

General Information

Module name: JKM480N-60HL4

Cell type: monoSi

Module area: 2.15 m²

Nominal operating cell temperature: 25 °C

Electrical Specifications

Maximum power point voltage (Vmp): 35.38 V

Maximum power point current (Imp): 13.57 A

Open circuit voltage (Voc): 42.71 V

Short circuit current (Isc): 14.31 A

Temperature coefficient of Voc: -0.25 %/°C

Temperature coefficient of Isc: 0.046 %/°C

Temperature coefficient of max. power point: -0.3 %/°C

Number of cells in series: 120

The model assumes a reference bandgap voltage Eg_ref = 1.121 eV, and temperature coefficient for bandgap of -0.0002677 eV/K.

Copy specifications from currently selected module in CEC database

Bifacial

Module is bifacial

Transmission fraction: 0.013 0-1

Bifaciality: 0.7 0-1

Ground clearance height: 1 m

Nominal Maximum Power Point Ratings at STC

Power: 480.106600000000 Wdc

Efficiency: 22.331 %

Current-Voltage (I-V) Curve at STC

Calculate and plot

Calculated STC Single Diode Model Parameters

a: 1.521422433077 V

II: 14.94809206535 A

Io: 9.04764e-12 A

Imagen 4.19-Definición manual de un módulo

A continuación, se selecciona el modelo del inversor en la pestaña *Inverter*. Como en el caso anterior, esta recoge los parámetros de cada modelo (nombre, potencia AC, potencia DC...), su curva característica y la curva de reducción de la temperatura del inversor (pueden modificarse sus puntos), esta última representa como disminuye la corriente que circula por este al aumentar la temperatura ambiente (*Imagen 4.20*).

De nuevo, al igual que en el caso anterior, si no se encuentra el modelo deseado en la base de datos, puede introducirse este manualmente seleccionando la opción *Inverter Datasheet* en vez de *Inverter CEC Database* (marcado en rojo en las imágenes *Imagen 4.20* e *Imagen 4.21* respectivamente) e incluyendo los valores pedidos de su datasheet (*Imagen 4.19*). Por lo general, en todos los diseños en los que hubo que definir manualmente el inversor, al introducir su rendimiento, el calculado por el programa, denominado *Maximum DC Input Power* (marcado en azul en *Imagen 4.21*), no coincidía exactamente con el recogido en su datasheet, por ello se modificó este ligeramente en hasta que fuesen iguales.

Photovoltaic, No financial

Inverter CEC Database ▼

Location and Resource

Module

Inverter

System Design

Shading and Layout

Losses

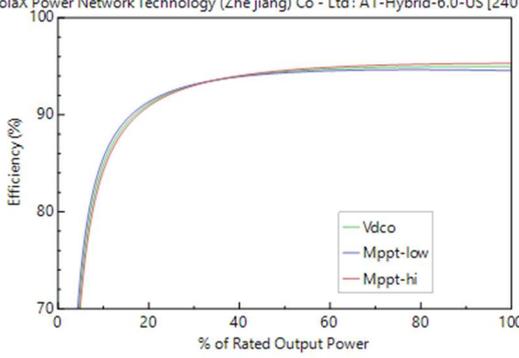
Grid Limits

Filter: Name ▼

Name	Paco	Pdco	Pso	Pnt	Vac	Vdcmx	Vdco	Mppt_high	Mppt_low	C0	C1
SolaX Power Network Technology ...	5003	5138.33	17.7094	1....	240	499.9	363.7	499.9	229.9	-1.73316e-06	-2.94408e-
SolaX Power Network Technology ...	6017	6177.57	20.099	1....	240	498.7	388.3	498.7	277	-1.77531e-06	-2.62162e-
SolaX Power Network Technology ...	7593	7806	20.2157	2....	240	498.4	365.5	498.4	234.1	-1.71961e-06	-3.5814e-0
SolaX Power Network Technology ...	5570	5867.43	76.4939	1....	240	425	335	425	240	-2.70981e-06	-4.25927e-
SolaX Power Network Technology ...	6666	7018.43	76.9232	1....	240	425	360	425	290	-2.61451e-06	-4.12138e-

Efficiency Curve and Characteristics

SolaX Power Network Technology (Zhe jiang) Co - Ltd: A1-Hybrid-6.0-US (240)



Number of MPPT inputs:

CEC weighted efficiency: %

European weighted efficiency: %

- Datasheet Parameters

Maximum AC power: Wac

Maximum DC power: Wdc

Power use during operation: Wdc

Power use at night: Wac

Nominal AC voltage: Vac

Maximum DC voltage: Vdc

Maximum DC current: Adc

Minimum MPPT DC voltage: Vdc

Nominal DC voltage: Vdc

Maximum MPPT DC voltage: Vdc

Simulate > 

Parameters Stochastic

If you are modeling a system with microinverters or DC power optimizers, see the Losses page to adjust the system losses accordingly.

Imagen 4.20-Selección del inversor

Photovoltaic, No financial

Inverter Datasheet ▼

Location and Resource

Module

Inverter

System Design

Shading and Layout

Losses

Grid Limits

Power Ratings

Maximum AC output power: Wac

Weighted efficiency: %

Manufacturer efficiency: %

Maximum DC input power: Wdc

You can specify either a weighted or nominal efficiency. The weighted efficiency can be either CEC or European. The manufacturer efficiency can be either peak or nominal. See Help for details.

Operating Ranges

Nominal AC voltage: Vac

Maximum DC voltage: Vdc

Maximum DC current: Adc

Minimum MPPT DC voltage: Vdc

Nominal DC voltage: Vdc

Maximum MPPT DC voltage: Vdc

Number of MPPT inputs:

Losses

Power consumption during operation: Wdc Suggested value

Power consumption at night: Wac Suggested value

If the datasheet does not specify loss values, you can use the suggested values to approximate the losses. See Help for details.

If you are modeling a system with microinverters or DC power optimizers, see the Losses page to adjust the system losses accordingly.

Imagen 4.21-Definición manual del inversor

En ambos casos, se puede modificar el n.º de canales MPPT del modelo, de 1 a 4. El programa no recoge este dato, por lo que permite simular todos ellos con

cualquier valor, es necesario comprobarlo en la hoja de características antes de realizar la simulación.

Por último, se indicará la distribución de la instalación en la pestaña *System Design*. Puede realizarse de dos formas:

- a. Seleccionando la opción *Estimate Subarray 1 configuration* en la sección *AC Sizing*

De esta manera el programa dimensionará automáticamente la instalación (n.º de inversores, n.º de módulos por string y strings en paralelo conectados al inversor) en función de la potencia deseada en la instalación y el ratio DC/AC, esto último se indica en la sección *AC Sizing* (*Imagen 4.22*).

También es necesario indicar la inclinación, azimut, tipo de panel (fijo, de un eje, de ejes...) y la distancia entre filas(GCR) (*Imagen 4.23*).

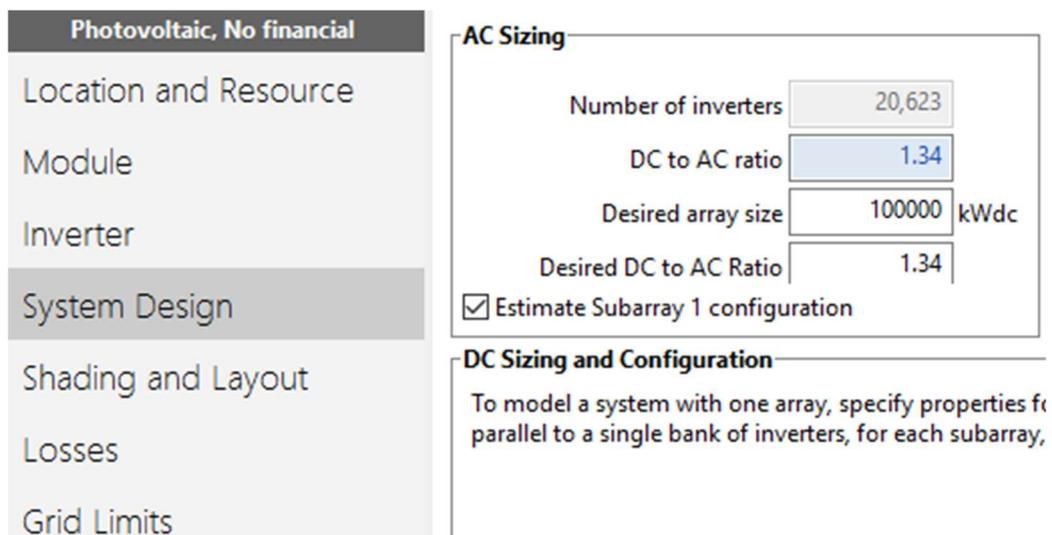


Imagen 4.22-Dimensionamiento automático de la instalación

DC Sizing and Configuration

To model a system with one array, specify properties for Subarray 1 and disable Subarrays 2, 3, and 4. To model a system with up to four subarrays connected in parallel to a single bank of inverters, for each subarray, check Enable and specify a number of strings and other properties.

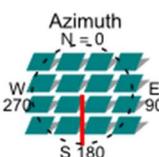
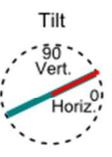
	Subarray 1	Subarray 2	Subarray 3	Subarray 4
-Electrical Configuration-				
	(always enabled)	<input type="checkbox"/> Enable	<input type="checkbox"/> Enable	<input type="checkbox"/> Enable
Modules per string in subarray	<input type="text" value="6"/>			
Strings in parallel in subarray	<input type="text" value="34,715"/>			
Number of modules in subarray	<input type="text" value="208,290"/>			
String Voc at reference conditions (V)	<input type="text" value="256.3"/>			
String Vmp at reference conditions (V)	<input type="text" value="212.3"/>			
-Tracking & Orientation-				
			<input checked="" type="radio"/> Fixed <input type="radio"/> 1 Axis <input type="radio"/> 2 Axis <input type="radio"/> Azimuth Axis <input type="radio"/> Seasonal Tilt	
			<input type="checkbox"/> Tilt=latitude	
		Tilt (deg)	<input type="text" value="25"/>	
		Azimuth (deg)	<input type="text" value="155.3"/>	
		Ground coverage ratio (GCR)	<input type="text" value="0.3"/>	
		Tracker rotation limit (deg)	<input type="text" value="45"/>	
		Backtracking	<input type="checkbox"/> Enable	

Imagen 4.23-Configuración de los paneles

b. Liberando la opción *Estimate Subarray 1 configuration* en la sección *AC Sizing*

Es el usuario el que dimensiona la instalación (n.º de inversores, n.º de módulos por string, strings en paralelo conectados al inversor y el n.º de canales que se van a emplear) según los cálculos que haya realizado (*Imagen 4.24*).

De nuevo, es necesario indicar la inclinación, azimut, tipo de panel(fijo, de un eje, de ejes...) y la distancia entre filas(GCR) (*Imagen 4.23*).

Photovoltaic, No financial

Location and Resource

Module

Inverter

System Design

Shading and Layout

Losses

Grid Limits

AC Sizing

Number of inverters

DC to AC ratio

Size the system using modules per string and strings in parallel inputs below.

Estimate Subarray 1 configuration

Sizing Summary

Namepla

Tot

Total invert

DC Sizing and Configuration

To model a system with one array, specify properties for Subarray 1 and dis parallel to a single bank of inverters, for each subarray, check Enable and sp

Subarray 1

-Electrical Configuration-

(always enabled)

Modules per string in subarray

Strings in parallel in subarray

Number of modules in subarray

String Voc at reference conditions (V)

String Vmp at reference conditions (V)

-Tracking & Orientation-

Imagen 4.24-Diseño manual de la instalación

También puede incluirse el efecto de las sombras en la instalación la pestaña *Shading and Layout*, aunque no se ha utilizado en este proyecto.

Para realizar la simulación basta con pulsar el botón *Simulate* (marcado en rojo en la *Imagen 4.25*). De este modo mostrará una gráfica resumen de la producción anual, así como otra serie de datos como pérdidas, los valores recogidos por meses, horas... para este proyecto basta con emplear los recogidos en la pestaña *Summary*.

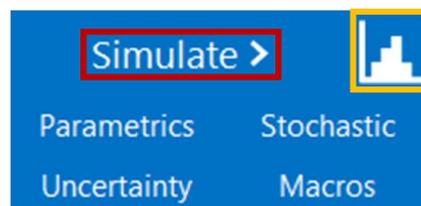


Imagen 4.25-Botón para realizar las simulaciones

Una vez realizada, si el usuario accede a otra pestaña y desea visualizarlos de nuevo, basta con que pulse el botón con el icono de la gráfica (marcado en amarillo en la *Imagen 4.25*).

Una vez explicado esto, se mostrarán y resumirán los resultados obtenidos para esta agrupación. El modelo de panel e inversor empleados para este caso no se encontraban recogidos en la base de datos del programa, por lo que se incluyeron manualmente los parámetros pedidos de sus respectivos datasheet.

Se utilizó un único *array* (*conjunto de paneles conectados en serie*) con los 9 paneles empleados en el diseño que se conectó a una de las entradas MPPT del inversor; la inclinación de los paneles es de 25°, coincide con la del tejado porque se instalan fijos en su superficie.

Los resultados que proporciona el programa se muestran en la *Imagen 4.26*.

Metric	Value
Annual AC energy in Year 1	4,783 kWh
DC capacity factor in Year 1	12.6%
Energy yield in Year 1	1,107 kWh/kW
Performance ratio in Year 1	0.85

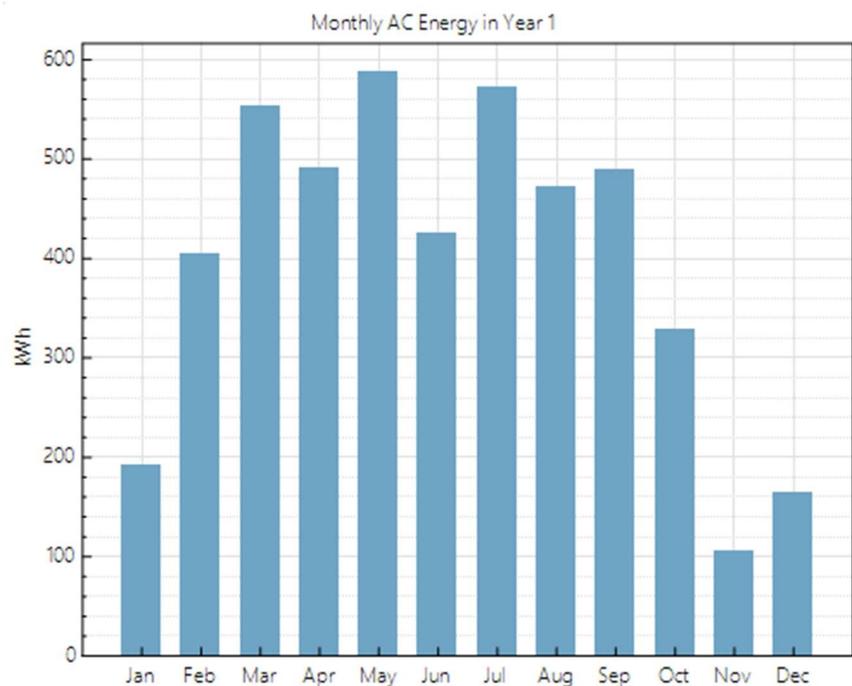


Imagen 4.26-Producción anual Agrupación 1

Se observa que la producción anual es de 4783 kWh. Los meses de mayor generación son mayo y julio y el mes de menor rendimiento es noviembre. Parece lógico pensar que los meses de verano y primavera serán los meses de mayor producción y que esta tendría forma de campana, pero esto no es así, en junio, comparado con mayo y julio, esta baja drásticamente y marzo es el tercer mes de mayor generación. Los datos empleados por el programa son los recogidos a lo largo de 2019. Si se revisan los

históricos meteorológicos de estos 2 meses [49] se observa que marzo se describe como “*muy seco, cálido y muy soleado*” con la mitad de las precipitaciones que en un mes normal [50]; por otro lado, junio fue “*ligeramente húmedo y frío*” con más lluvias de las esperadas para ese periodo que se repartieron a lo largo del mes [51]; visto esto, quedan justificados los resultados obtenidos.

4.3.2. Agrupación 2

Esta es la asociada al alero delantero, ha sido la empleada para las viviendas n.º 8, 9 y 10.

Como en el caso anterior, se escogió esta de entre todas las opciones debido a su producción y viabilidad.

Esta agrupación, al igual que la anterior, emplea 7 paneles JKM480N-60HL4 de la marca Jinko Solar y un inversor PIKO MP Plus 2.0 también de la marca Kostal. En este caso, el inversor difiere del anterior únicamente en la potencia que es de 3kW.

Para realizar las simulaciones, se tomó como base el archivo del apartado 4.3.1 del que se modificaron algunos parámetros del inversor y la distribución. Se ajustó el rendimiento del inversor para que su potencia de entrada fuese de 3kW y el tamaño del array para que fuese de 7 paneles en vez de 9.

En la Imagen 4.27 se recogen los resultados calculados por el programa.

Metric	Value
Annual AC energy in Year 1	3,728 kWh
DC capacity factor in Year 1	12.7%
Energy yield in Year 1	1,109 kWh/kW
Performance ratio in Year 1	0.86

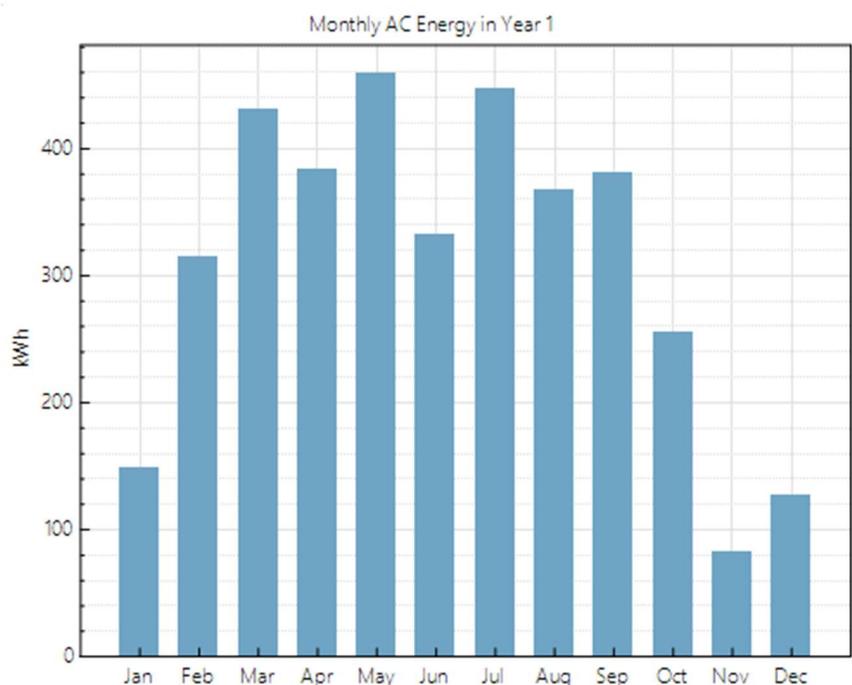


Imagen 4.27-Producción anual Agrupación 2

La producción anual de este caso es menor que la anterior, es lógico ya que el n.º de paneles empleado es menor. La producción de energía se distribuye a lo largo del año de forma prácticamente idéntica a la agrupación asociada al alero trasero, siendo los meses de mayo y julio, seguidos de marzo, los de mayor rendimiento y el de noviembre el de menor generación de energía; también hay un descenso drástico en la producción en el mes de junio. Los resultados obtenidos en el mes de marzo y junio se justifican de igual modo que para la instalación descrita en el apartado 4.3.1.

4.3.3. Producción y viabilidad

Para seleccionar las que se consideran las mejores distribuciones se tuvieron en cuenta varios estimadores financieros, no únicamente su producción y coste de instalación. Los criterios empleados fueron el LCOE (*Levelized Cost of Energy*), VAN (*Valor Actual Neto*) y TIR (*Tasa Interna de Recuperación*) que se explicarán a lo largo del apartado.

Para facilitar los cálculos se recogieron estos en dos hojas de cálculo donde se modificaban una serie de parámetros en función del caso estudiado, en una de ellas se calculaban el LCOE y la otra el VAN y el TIR.

El LCOE se usa para determinar el coste de producción de la energía eléctrica de una instalación a lo largo de su vida útil, para realizar los cálculos se ha decidido que su vida útil sea de 31 años porque así lo recoge el datasheet de los paneles (*Ecuación 4.5*).

$$LCOE = \frac{\text{Coste a lo largo de toda la vida de la instalación}}{\text{Producción a lo largo de toda la vida de la instalación}}$$

Ecuación 4.5-Cálculo LCOE

El coste de la total recoge la inversión inicial (el de los paneles, el inversor, realizar la instalación), el mantenimiento... debe sustraerse de este las posibles ayudas o subvenciones que se hayan recibido. Los costes de cada agrupación, así como el coste total se recogen en *Tabla 4.3*:

	<i>Coste paneles</i>	<i>Coste inversor</i>	<i>Mantenimiento anual</i>	<i>Coste instalación</i>	<i>Ayudas recibidas</i>	<i>Coste total con ayudas</i>	<i>Coste total sin ayudas</i>
<i>Agrupación 1</i>	144,00€	917,37€	100,00€	1200,00€	600€/kW	4113,37€	6513,37€
<i>Agrupación 2</i>	144,00€	840,93€	100,00€	1200,00€	600€/kW	4348,93€	6148,93€

Tabla 4.3-Resumen costes de cada agrupación

Para poder visualizar más fácilmente como afecta el valor de cada coste parcial a los costes totales de cada agrupación se han representado estos en los diagramas Fig. 4.1 y Fig. 4.2, al igual que en la Tabla 4.3, teniendo en cuenta o no las ayudas que pueden recibirse.

Coste total CA de la Agrupación 1

- Coste total paneles
- Coste inversor
- Mantenimiento anual total
- Coste instalación
- Ayudas recibidas



Coste total SA de la Agrupación 1

- Coste total paneles
- Coste inversor
- Mantenimiento anual total
- Coste instalación

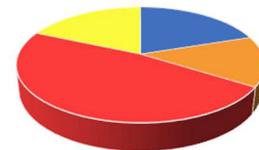
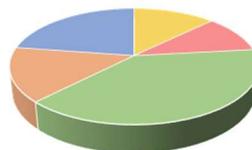


Fig. 4.1-Diagramas costes totales Agrupación 1 con y sin ayuda

Coste total CA de la Agrupación 2

- Coste total paneles
- Coste inversor
- Mantenimiento anual total
- Coste instalación
- Ayudas recibidas



Coste total SA de la Agrupación 2

- Coste total paneles
- Coste inversor
- Mantenimiento anual total
- Coste instalación

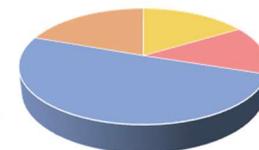


Fig. 4.2-Diagramas costes totales Agrupación 2 con y sin ayuda

Todos estos datos se recogen en la parte superior de la hoja de cálculo correspondiente como se aprecia en la Imagen 4.28:

Nº paneles	7		Inversión inicial(€)	3.048,93 €				
Coste panel(€)	144,00 €		Coste mantenimiento o anual(€)	100 €		Realizada por IMSOLAR ENERGY		
Degradación anual panel	Primer año	1	Ayudas recibidas(€)	600€/kW	1.800,00 €		Coste total (sin ayudas)	6148,93 €
	Resto de años	0,4	Mano de obra, permisos, cables...	1.200,00 €			Coste total (con ayudas)	4348,93 €
Coste inversor(€)	840,93 €							

Imagen 4.28-Cálculo coste total

A continuación, se debe calcular la producción a lo largo de la vida útil de la instalación, se obtiene de la suma de las anuales. Es necesario tener en cuenta la degradación de los paneles con el tiempo. Los modelos empleados sufren una degradación mayor el primer año (de hasta un 1%), pero esta no superará el 0,4% el resto del tiempo. La producción anual se ha calculado empleando la inicial y la máxima degradación estimada cada año (Ecuación 4.6), esto se recoge en una pequeña tabla mostrada en la Imagen 4.29:

$$Producción\ anual = \frac{Rendimiento\ anual}{100\%} \times Producción\ primer\ año$$

Ecuación 4.6-Estimación de la producción anual

Año	Rendimiento	Producción(kWh)
1	100	3728
2	99	3690,720
3	98,6	3675,808
4	98,2	3660,896
5	97,8	3645,984
6	97,4	3631,072
29	88,2	3288,096
30	87,8	3273,184
31	87,4	3258,272
Produccion total(kWh)		107962,880

Imagen 4.29-Tabla evolución desempeño instalación

Finalmente, una vez se conocen ambos valores, basta con aplicar la fórmula Ecuación 4.5. Este valor se recoge en la Imagen 4.30:

$$LCOE = \frac{\text{Coste a lo largo de toda la vida de la instalación}}{\text{Producción a lo largo de toda la vida de la instalación}}$$

LCOE(S.A.)	0,057 €/kWh	56,95 €/Wh
LCOE(C.A.)	0,040 €/kWh	40,28 €/Wh

Imagen 4.30-Cálculo LCOE

Los valores obtenidos para ambas distribuciones se recogen en la *Tabla 4.4*:

	<i>LCOE con ayudas</i>	<i>LCOE sin ayudas</i>
<i>Agrupación 1</i>	29,70 €/MWh	47,02 €/MWh
<i>Agrupación 2</i>	40,28 €/MWh	56,95 €/MWh

Tabla 4.4-Resumen LCOE

Como se mencionó al principio de la sección, también se ha comprobado la viabilidad de cada distribución mediante estos los indicadores financieros VAN y TIR.

El primero permite determinar la rentabilidad de este en unidades monetarias, lo será siempre que sea superior que 0. Para calcularlo es necesario conocer los ingresos y los gastos netos a lo largo del proyecto, además, se debe escoger una tasa de descuento (este valor suele tomarse idéntico al del tipo de interés aplicado, en este caso, se ha supuesto que ha sido de un 5% para realizar los cálculos) (*Ecuación 4.7*).

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{\text{Ingresos} - \text{Gastos}}{(1 + t_d)^t}$$

Ecuación 4.7-Fórmula VAN

El *segundo* permite determinar la tasa de retorno que iguala los ingresos a los gastos, el proyecto será rentable si su valor es superior a 0. Se obtiene igualando la *Ecuación 4.7* a 0 y despejando t_d de esta.

Como gastos se ha considerado el mantenimiento de los paneles, se ha supuesto que es de unos 100€ anuales. Para calcular los ingresos se ha buscado el coste medio del kWh en el año 2021, de unos 0,182€, y se ha multiplicado este por la producción anual de la instalación. A la hora de determinar la inversión inicial, no se han tenido en cuenta las posibles ayudas recibidas. El valor de esta se recoge en la *Tabla 4.5*:

	Coste paneles	Coste inversor	Coste instalación	Inversión inicial
Agrupación 1	144,00€	917,37€	1200,00€	3413,37€
Agrupación 2	144,00€	840,93€	1200,00€	3048,93€

Tabla 4.5- Resumen inversión inicial de cada agrupación

Estos datos, al igual que para el estimador anterior, se recogen en la parte superior de la hoja de cálculo correspondiente como se aprecia en la *Imagen 4.31*:

Nº paneles	7			
Coste panel(€)	144,00 €			
Degradación anual panel	Primer año	1		
	Resto de años	0,4		
Coste inversor(€)	840,93 €			
			Inversión inicial(€)	3.048,93 €
			Coste mantenimiento anual(€)	100 €
			Mano de obra, permisos, cables...	1.200,00 €

Realizada por IMSOLAR ENERGY

Imagen 4.31-Cálculo inversión inicial

Para estimarlos se han empleado las fórmulas que proporcionaba la herramienta Excel. Antes de indicar los parámetros que emplean cada una de ellas se muestra en la *Imagen 4.32* una tabla en la que se recoge la producción anual, de acuerdo a la *Ecuación 4.6*, así como el flujo de caja y flujo de caja acumulado, necesarios para poder realizar los cálculos

Año	Rendimiento	Producción(kWh)	Flujo	Flujo acumulado
0		0	-3.048,930 €	-3.048,93 €
1	100	3728	578,496 €	-2.570,434 €
2	99	3690,720	571,711 €	-2.098,723 €
3	98,6	3675,808	568,997 €	-1.629,726 €
4	98,2	3660,896	566,283 €	-1.163,443 €
5	97,8	3645,984	563,569 €	-699,874 €
6	97,4	3631,072	560,855 €	-239,019 €
7	97	3616,160	558,141 €	219,122 €
31	87,4	3258,272	493,006 €	10.400,314 €
Produccion total(kWh)		107962,880		

Imagen 4.32- Tabla evolución desempeño instalación y flujo de caja

Las fórmulas empleadas han sido la *VAN* y la *TIR*. Para calcular el *VAN* se debe restar a la primera de ellas la inversión inicial, los parámetros que esta emplea son la tasa

de descuento escogida y el flujo. Para llevar a cabo el cálculo del TIR se emplea la segunda fórmula, el único parámetro que emplea es el flujo. En la hoja de cálculo pueden visualizarse como se aprecia en la *Imagen 4.33*:

Cálculo del VAN			
Precio medio kWh 2021	0,182 €	Tasa de descuento(%)	5%
VAN		5.436,27 €	

Cálculo del TIR	
Precio medio kWh 2021	0,182 €
TIR	18%

Imagen 4.33-Cálculo VAN y TIR

Los resultados obtenidos se recogen en la *Tabla 4.6*:

	<i>VAN</i>	<i>TIR</i>
<i>Agrupación 1</i>	7914,35€	22%
<i>Agrupación 2</i>	5436,27€	18%

Tabla 4.6-Resumen VAN y TIR

Como se han realizado varios diseños además de los explicados, se ha decidido realizar una tabla resumen que recoja el modelo, número y precio de los paneles empleados, el modelo y precio del inversor, su LCOE con y sin ayudas, el VAN, el TIR y la producción anual estimada; se han resultado en **negrita** las distribuciones más rentables para cada una de las marcas de panel empleadas (*Tabla 4.7*).

Marca panel	Modelo panel	N.º de paneles	Precio panel	Marca inversor	Modelo inversor	Precio inversor	LCOE(C.A.) [€/Wh]	LCOE(S.A.) [€/Wh]	TIR	VAN	Producción anual(kWh)
CSI Solar	CS3L 370MS	10	125,06 €	ABB	PVI-3.0-OUTD-S-US-A [208V]	1.462,50 €	49,84	69,28	14%	4.116,93 €	3881
CSI Solar	CS3L 370MS	8	125,06 €	Ginlong Technologies Co - Ltd	Solis-1P2.5K-4G-US [240V]	448,98 €	45,03	69,22	16%	3.521,70 €	3119
CSI Solar	CS3N 400MS	10	116,00 €	Kostal	PIKO MP Plus 2.5	917,37 €	33,23	56,85	19%	5.679,66 €	4261
CSI Solar	CS3N 400MS	8	116,00 €	Kostal	PIKO MP Plus 2.0	840,93 €	44,98	67,05	16%	3.936,51 €	3420
CSI Solar	CS6W 530MS	8	156,35 €	Kostal	PIKO MP Plus 2.5	917,37 €	32,04	54,21	20%	6.267,03 €	4539
CSI Solar	CS6W 530MS	6	156,35 €	Kostal	PIKO MP Plus 2.0	840,93 €	45,29	67,45	16%	3.892,26 €	3406
JA Solar	JAM60S10-340/MR	10	161,78 €	Kostal	PIKO MP Plus 2.0	840,93 €	51,12	72,24	14%	3.646,49 €	3628
JA Solar	JAM60S10-340/MR	8	161,78 €	Ginlong Technologies Co - Ltd	Solis-1P2.5K-4G-US [240V]	448,98 €	62,85	80,62	13%	2.542,61 €	2873
JA Solar	JAM54S30-405/MR	10	209,00 €	Kostal	PIKO MP Plus 2.5	917,37 €	41,65	64,86	15%	4.932,62 €	4336
JA Solar	JAM54S30-405/MR	8	209,00 €	Kostal	PIKO MP Plus 2.0	840,93 €	53,35	75,12	13%	3.309,60 €	3468
JA Solar	JAM66S30-500/MR	8	151,37 €	Kostal	PIKO MP Plus 2.5	917,37 €	32,65	55,51	20%	5.972,66 €	4402
JA Solar	JAM66S30-500/MR	6	151,37 €	Ginlong Technologies Co - Ltd	Solis-1P2.5K-4G-US [240V]	448,98 €	41,98	65,18	18%	3.940,85 €	3253
Jinko Solar	JKM300M-60	10	155,00 €	Ginlong Technologies Co - Ltd	Solis-1P2.5K-4G-US [240V]	448,98 €	52,59	76,87	13%	2.985,90 €	3186
Jinko Solar	JKM300M-60	8	155,00 €	Ginlong Technologies Co - Ltd	Solis-1P2.5K-4G-US [240V]	448,98 €	70,90	91,21	11%	1.747,97 €	2539
Jinko Solar	JKM400M-54HL4	10	120,00 €	Kostal	PIKO MP Plus 2.5	917,37 €	32,21	54,84	20%	6.095,83 €	4448
Jinko Solar	JKM400M-54HL4	8	120,00 €	Kostal	PIKO MP Plus 2.0	840,93 €	43,61	64,82	17%	4.241,15 €	3558
Jinko Solar	JKM480N-60HL4	9	144,00 €	Kostal	PIKO MP Plus 2.5	917,37 €	29,70	47,02	22%	7.914,35 €	4783
Jinko Solar	JKM480N-60HL4	7	144,00 €	Kostal	PIKO MP Plus 2.0	840,93 €	40,28	56,95	18%	5.436,27 €	3728

Tabla 4.7-Resumen diseños realizados

4.4. ANÁLISIS ECONÓMICO TARIFAS SIN EXCEDENTES

En esta sección se analizará el coste de la factura eléctrica de las viviendas en función de la tarifa seleccionada, sin considerar la generación de las instalaciones fotovoltaicas dimensionadas, para determinar cuál es la más beneficiosa.

Para ello, se han escogido 5 tarifas diferentes, una de acuerdo con el mercado regulado y cuatro ofertadas en el mercado libre, dos para instalaciones monofásicas y las otras dos para instalaciones trifásicas.

A partir de los datos de consumo ya mencionados en el *apartado 4.2.2*, se estimó el coste real de la factura eléctrica de cada vivienda acogiendo las distintas tarifas. Para realizar los cálculos más rápidamente se emplearon tres hojas de cálculo distintas. En dos de ellas se recoge el cálculo de las tarifas del mercado libre y el regulado para instalaciones monofásicas, una de ellas contenía los datos de la vivienda n.º 8 y la otra la del resto de casas; en la tercera se estimaba el coste de la factura agrupando el consumo de todas ellas para acogerse a las dos tarifas trifásicas distintas. Se explicará el funcionamiento de cada una de ellas en el apartado correspondiente.

4.4.1. Tarifas sin excedentes

Como se mencionó previamente, en cada uno de estos apartados, se indicarán las características de cada una de las tarifas, así como el coste de la factura de cada una de las viviendas al acogerse a estas y como se ha calculado este. Tras esto se determinará cual es la más rentable de todas.

Antes de comenzar, es importante explicar los términos que componen la factura eléctrica, estos son el término de potencia y el término de energía [52], [53].

El primero de ellos es un término fijo cuyo coste depende únicamente de la potencia contratada para la instalación. Los valores de esta están normalizados, y cada usuario deberá escoger el que mejor se ajuste a su caso, teniendo en cuenta que cuanto menor sea esta, más se abaratará el término, pero que, en caso de superarla, será penalizado económicamente. Se calcula de acuerdo a la *Ecuación 4.8*:

$$\text{Término potencia} = \text{Potencia contratada}(kW) \times \text{Coste fijo anual} \left(\frac{\text{€} \cdot \text{año}}{kW} \right)$$

Ecuación 4.8-Cálculo Término de Potencia anual

El precio del mismo que proporcionan las distribuidoras puede ser anual o mensual, pero el cálculo sería idéntico. Para las tarifas monofásicas se ha contratado una potencia de 5,75kW y para las trifásicas es de 27,783kW.

El segundo de estos es un término variable que hace referencia a la electricidad consumida por los electrodomésticos de la vivienda. Su coste puede permanecer fijo, tomar unos u otros valores en función de una serie de periodos horarios o variar a lo largo del día sin cambiar entre unos valores determinados. Es necesario conocer la energía consumida cada hora y el coste del kWh para calcularlo como se muestra en la *Ecuación 4.9*:

$$\text{Término energía} = \text{Energía consumida}(kWh) \times \text{Coste} \left(\frac{\text{€}}{kWh} \right)$$

Ecuación 4.9-Cálculo del Término de energía

Se obtiene el término de energía mensual sumando todos los términos de energía diarios del mes correspondiente.

El precio de la factura eléctrica de un mes se obtiene por lo tanto como se muestra en la *Ecuación 4.10*:

$$\text{Factura mensual} = \text{T. Energía Total} + \text{T. Potencia Mensual}$$

Ecuación 4.10-Cálculo Factura Mensual

Tras esto, ya se pueden describir con más detalle el resto de los apartados.

4.4.1.1. Mercado libre con discriminación horaria

En el mercado libre, el precio de las tarifas ofertadas es establecido por las distintas empresas distribuidoras según sus intereses.

En este apartado se determinará el precio de las tarifas de este tipo con discriminación horaria. Se entiende por discriminación horaria a aquellas en las que el precio del término de potencia y el de energía toman unos u otros valores en función del periodo horario del día, este se divide en tres, el *valle* (de 00:00 h a 8:00 h), el *llano* (de 8:00 h a 10:00 h, de 14:00 h a 18:00 h y de 22:00 h a 00:00 h) y la *punta* (de 10:00 h a 14:00 h y de 18:00 h a 22:00 h). Por lo general, los fines de semana y días festivos se aplicará el precio establecido para el periodo valle durante todo el día (*Imagen 4.34*).



Imagen 4.34-Distribución de los distintos periodos horarios

Fuente: cnmc.gob.es

Para el proyecto se ha seleccionado la tarifa One Endesa, cuyas características se recogen en la *Tabla 4.8* mostrada a continuación:

	Término de energía			Término de potencia	
	Valle	Llano	Punta	Valle	Llano
	00h - 08h	08h - 10h 14h - 18h 22h - 00h	10h - 14h 18h - 22h	$\frac{\text{€} \times \text{día}}{\text{kWh}}$	$\frac{\text{€} \times \text{día}}{\text{kWh}}$
One Endesa (€/kWh)	0,2634	0,2461	0,2194	0,0966	0,0225

Tabla 4.8-Tarifa One Endesa

Para calcularlo, como se mencionó al inicio de la sección, se empleó una hoja de cálculo en la que también se recogen los cálculos de la tarifa del mercado libre sin discriminación horaria y la tarifa del mercado regulado

Al comienzo del apartado se explicó que para calcular el coste de la factura es necesario conocer el precio del término de energía y el de potencia. Cada uno de estos se

calcula en secciones diferentes. Se ha dividido el libro de cálculo como se aprecia en la *Imagen 4.35*.



Imagen 4.35-Secciones Hoja de cálculo

La pestaña *Perfil* contiene información acerca de los electrodomésticos que posee (1 indica que es así y 0 lo contrario) (*Imagen 4.36*), la potencia máxima consumida cada mes, datos del coste mensual de la factura según la tarifa (*Imagen 4.37*), el término de potencia de las distintas tarifas (*Imagen 4.38*) e información sobre estas.

Electrodomésticos			Probabilidad de viviedans que los posean
Cold	Chest freezer	Arcón	0
	Fridge freezer	Nevera	1
	Refrigerator	Refrigerador	1
	Upright freezer	Congelador	0
Consumer Electronics + ICT	Answer machine	Contestador automático	0
	Cassette / CD Player	Cassette / Reproductor CD	0
	Clock	Reloj	1
	Cordless telephone	Teléfono fijo	1
	Hi-Fi	Hi-Fi (Equipo de música)	0
	Iron	Plancha	1
	Vacuum	Aspiradora	1
Water heating	Washer dryer	Lavadora/Secadora	0
	DESWH	DESWH	0
	E-INST	E-INST	0
Lighting	Electric shower	Ducha eléctrica	0
	Lighting	Iluminación	

Imagen 4.36-Parámetros vivienda n.º8

PRECIO FACTURA				
	Enero	Febrero	Marzo	Diciembre
M. Regulado	103,38 €	91,15 €	121,96 €	119,86 €
One Endesa	128,24 €	115,50 €	113,22 €	127,79 €
Total Energy	120,98 €	109,18 €	106,59 €	120,51 €

POTENCIA MÁXIMA CONSUMIDA				
	Enero	Febrero	Marzo	Diciembre
Pmax(kW)	5,75	5,75	5,75	5,75

Imagen 4.37-Datos visibles en Perfil

Nº días mes	T. Potencia (€)		
	TotalEnergy	One Endesa	M. Regulado
28	23,18 €	19,18 €	12,26 €
30	24,84 €	20,54 €	13,03 €
31	25,67 €	21,23 €	13,42 €

Imagen 4.38-Términos de potencia de cada tarifa

El resto de las pestañas tienen nombres de meses. En estas se recoge el consumo eléctrico medido en Wmin de todos los días de ese mes y el coste diario del mismo según cada una de las tarifas seleccionadas, en este caso, solo se hablará de la tarifa que da nombre al apartado, se corresponde con la columna *One Endesa* (Imagen 4.39).

El salto horario que se ve entre las horas 00:00 y las 23:59 se debe a que se ocultaron parte de las celdas empleadas para mostrar el aspecto de la hoja.

martes, 1 de febrero de 2022									
Time	Occupancy (normalised)	Activity (normalised)	Lighting demand	Appliance demand	Total electricity demand	M. regulado	One Endesa	Total Energy	
			W	W	Pe W	W/h			
CASA Nº 1									
0:00:00	2	1	0	51	63	202,3	0,00 €	0,00 €	0,00 €
23:59:00	2	0	0	321	442		0,00 €	0,00 €	0,00 €
	Consumo total(KW)		134,455	706,158	305,836		1,04 €	1,20 €	1,17 €
CASA Nº2									
0:00:00	2	2	0	63	157	202,3	0,00 €	0,00 €	0,00 €
23:59:00	2	0	0	65	3885		0,01 €	0,02 €	0,01 €
	Consumo total(KW)		107,628	1335,421	1086,187836		3,38 €	4,26 €	4,16 €
CASA Nº 3									
0:00:00	4	0	0	57	51	202,3	0,00 €	0,00 €	0,00 €
23:59:00	4	0	0	67	148		0,00 €	0,00 €	0,00 €
	Consumo total(KW)		185,793	508,628	784,7861878		2,75 €	3,06 €	3,00 €
CASA Nº13									
0:00:00	3	1	0	51	63	202,3	0,00 €	0,00 €	0,00 €
23:59:00	2	1	222	187	547		0,00 €	0,00 €	0,00 €
	Consumo total(KW)		177,469	419,674	955,49625		3,21 €	3,79 €	3,66 €

Imagen 4.39-Cálculo coste de la energía

Para calcular el primero de los términos, fue necesario convertir los Wmin a kWh antes de aplicar la Ecuación 4.9, para ello se emplearon factores de conversión según se muestra en la Ecuación 4.11:

$$W_{min} \times \frac{1kW}{1000W} \times \frac{1 h}{60 min} = W_{min} \times \frac{1kWh}{60000 Wmin} = kWh$$

Ecuación 4.11-Paso de Wmin a kWh

Una vez hecho esto solo era necesario multiplicar este valor por el coste correspondiente al periodo horario en el que se encontrase, el importe diario total se recoge al final de esa misma columna.

Cuando se conocen estos datos, se suman todos los correspondientes al mes en la pestaña *Perfil* y se les añade el término de potencia correspondiente en función de la tarifa contratada. En este caso, este se calcularía como se muestra en la *Ecuación 4.12*.

$$T.potencia = P.contratada(kW) \times \sum Coste\ fijo\ diario\left(\frac{\text{€} \cdot \text{día}}{kW}\right) \times N.^{\circ}\ \text{días}$$

Ecuación 4.12-Cálculo término de potencia mensual con discriminación horaria

De este modo se obtendría el precio mensual de la factura acogiéndose a una tarifa del mercado libre con discriminación horaria. Los resultados obtenidos para las viviendas se recogen en la *Tabla 4.9* la mostrada a continuación. En esta se muestra el precio mensual y anual de la factura por vivienda y el coste anual del conjunto de facturas:

One Endesa (Discriminación horaria)													
Nº vivienda	Mes												ANUAL
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
1	101,41 €	84,24 €	97,70 €	87,63 €	89,40 €	94,99 €	93,03 €	85,22 €	104,03 €	103,42 €	93,28 €	112,04 €	1.146,38 €
2	94,83 €	85,04 €	95,26 €	94,90 €	84,67 €	89,58 €	83,50 €	89,63 €	89,79 €	96,37 €	92,02 €	95,67 €	1.091,26 €
3	126,27 €	112,86 €	110,28 €	126,78 €	118,54 €	113,78 €	115,69 €	108,71 €	119,50 €	117,12 €	134,82 €	139,86 €	1.444,20 €
4	112,73 €	112,96 €	119,43 €	98,63 €	110,42 €	103,22 €	109,93 €	102,50 €	102,66 €	116,47 €	118,72 €	118,30 €	1.325,96 €
5	132,13 €	99,77 €	106,17 €	116,52 €	100,87 €	103,35 €	101,56 €	112,16 €	107,20 €	112,73 €	114,46 €	109,09 €	1.316,01 €
8	123,81 €	111,49 €	108,79 €	115,21 €	112,28 €	107,74 €	117,35 €	118,71 €	111,08 €	132,29 €	120,17 €	123,35 €	1.402,28 €
9	125,04 €	88,17 €	109,93 €	118,19 €	95,88 €	83,94 €	111,34 €	96,95 €	107,77 €	121,78 €	106,81 €	125,39 €	1.291,19 €
10	106,75 €	92,32 €	106,34 €	96,28 €	96,83 €	96,34 €	95,37 €	86,49 €	96,95 €	103,60 €	107,80 €	108,41 €	1.193,49 €
11	142,89 €	116,70 €	135,58 €	113,62 €	118,87 €	111,96 €	121,10 €	118,69 €	132,52 €	126,53 €	126,62 €	137,68 €	1.502,76 €
12	116,94 €	114,56 €	113,74 €	98,06 €	111,78 €	99,78 €	115,05 €	110,66 €	119,92 €	129,61 €	113,65 €	104,95 €	1.348,70 €
13	126,88 €	109,91 €	129,90 €	103,32 €	111,32 €	105,42 €	118,73 €	113,54 €	110,54 €	121,84 €	111,01 €	134,31 €	1.396,70 €
													14.458,94 €

Tabla 4.9-Resumen precio de la factura según tarifa One Endesa

4.4.1.2. Mercado libre sin discriminación horaria

Como en el apartado 4.4.1.1, son las distribuidoras quienes establecen el precio del kWh según les resulte conveniente.

La diferencia de este caso con el anterior es que el precio de los kWh y el término de potencia se mantienen constantes a lo largo de todo el día. Las empresas están autorizadas a revisar y modificar este una vez ha finalizado la fecha establecida en el contrato.

La tarifa seleccionada en este caso es la ofertada por Total Energy.

	Término de energía			Término de potencia	
	Valle	Llano	Punta	Valle	Llano
	00h - 08h	08h - 10h 14h - 18h 22h - 00h	10h - 14h 18h - 22h	$\frac{\text{€} \times \text{día}}{\text{kWh}}$	
Total Energy (€/kWh)	0,23	0,23	0,23	0,144	

Tabla 4.10-Tarifa Total Energy

Los pasos a seguir para calcular el precio de la factura en este caso son idénticos al anterior, la única diferencia que presenta respecto al ya mencionado es la obtención del término de potencia. Este se calcularía como se muestra en la *Ecuación 4.13*.

$$T. \text{potencia} = P. \text{contratada} (kW) \times \text{Coste fijo diario} \left(\frac{\text{€} \cdot \text{día}}{\text{kWh}} \right) \times N.^\circ \text{ días}$$

Ecuación 4.13-Cálculo término de potencia mensual sin discriminación horaria

Los resultados obtenidos se recogen en la *Tabla 4.11*. Nuevamente, en esta se recogen los costes mensuales y anuales de las viviendas, así como el conjunto del coste anual.

Total Energy (Sin discriminación horaria)													
Nº vivienda	Mes												ANUAL
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
1	103,85 €	86,63 €	99,87 €	90,00 €	91,62 €	97,20 €	95,35 €	87,92 €	106,41 €	105,94 €	95,96 €	113,69 €	1.174,45 €
2	97,30 €	87,39 €	97,72 €	97,29 €	87,80 €	91,80 €	86,20 €	92,32 €	91,93 €	98,85 €	94,40 €	98,08 €	1.121,08 €
3	127,87 €	114,17 €	112,04 €	127,95 €	120,48 €	115,46 €	117,25 €	110,43 €	120,87 €	118,56 €	136,42 €	139,98 €	1.461,48 €
4	114,29 €	114,45 €	120,98 €	100,66 €	111,88 €	105,03 €	111,75 €	104,37 €	104,75 €	118,34 €	120,63 €	120,06 €	1.347,18 €
5	132,73 €	101,29 €	108,16 €	118,12 €	102,40 €	105,51 €	103,69 €	113,99 €	108,99 €	114,69 €	116,01 €	110,90 €	1.336,48 €
8	125,42 €	113,19 €	111,03 €	119,17 €	114,53 €	109,65 €	119,48 €	116,32 €	112,77 €	133,89 €	121,83 €	124,95 €	1.422,23 €
9	125,81 €	90,42 €	110,67 €	119,80 €	97,94 €	86,32 €	113,20 €	99,06 €	109,33 €	123,33 €	108,26 €	126,71 €	1.310,87 €
10	108,74 €	93,97 €	108,70 €	98,26 €	99,22 €	98,45 €	97,75 €	89,25 €	98,95 €	105,96 €	109,72 €	110,42 €	1.219,40 €
11	144,21 €	117,62 €	137,05 €	115,16 €	120,99 €	113,33 €	122,68 €	120,66 €	133,74 €	128,06 €	128,20 €	137,89 €	1.519,59 €
12	118,14 €	115,69 €	115,45 €	100,14 €	113,01 €	101,75 €	116,91 €	112,85 €	121,60 €	131,42 €	114,62 €	106,52 €	1.368,11 €
13	127,97 €	111,04 €	131,39 €	105,09 €	112,76 €	107,04 €	120,40 €	115,60 €	112,13 €	123,58 €	112,92 €	135,66 €	1.415,59 €
													14.696,46 €

Tabla 4.11-Resumen precio de la factura según tarifa Total Energy

4.4.1.3. Mercado regulado

También se conoce como PVPC, acrónimo de *Precio Voluntario al Pequeño Consumidor*. Para poder acogerse a esta tarifa, es necesario que la potencia eléctrica contratada para la instalación no supere los 10kW.

En el mercado regulado el precio de la electricidad varía a lo largo de todas las horas del día (*Imagen 4.40*). Este valor es facilitado por la OMIE (*Operador del Mercado Ibérico de Energía*) diariamente.[54]

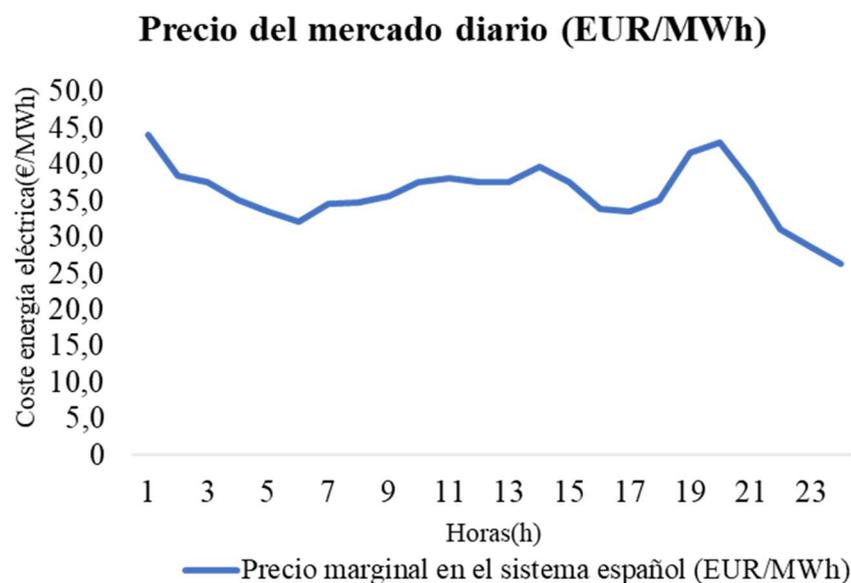


Imagen 4.40-Ejemplo variación precio MWh

El precio del MWh, termino de energía, se establece en función de la oferta y la demanda entre los productores de energía y las comercializadoras. Para calcularlo se emplean dos tipos de curvas distintas:

- *Curva de venta:*

Recoge las ofertas de venta que ofrecen los productores de energía. Se ordenan estas de menos a mayor precio para obtener una curva creciente, siendo el precio mínimo de 0€/MWh. Es necesario especificar la cantidad de energía y precio al que se va a vender la energía.

- *Curva de compra:*

Recoge las ofertas de compra de mayor a menor precio, siendo el máximo de 3000€/MWh. En este caso es necesario especificar al cantidad de energía necesaria y el precio que se está dispuesto a pagar por ella.

Una vez se han obtenido las dos, basta con representar ambas en un mismo sistema de coordenadas para determinar el punto en el que se cortan. Este será el coste del MWh para ese instante determinado, esto se conoce como precio de casación de la energía eléctrica (*Imagen 4.41*) [55], [56].

Curvas Compra y Venta de energía eléctrica

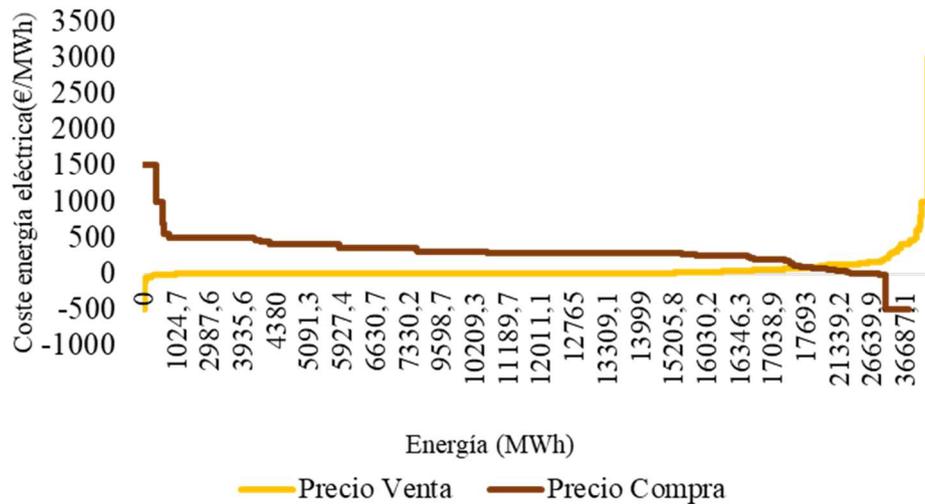


Imagen 4.41- Ejemplo curvas de compra y venta de energía eléctrica

Al igual que para el resto de las tarifas, es necesario obtener el término fijo de la factura eléctrica para completar su cálculo. En este caso, estará compuesto por el término de potencia, formado por dos periodos, y el margen de comercialización que es una cantidad que reciben las comercializadoras por desarrollar su actividad [57]. En la *Tabla 4.12* se recogen los valores empleados:

Mercado Regulado	
<i>T.Potencia Hora Punta(€/kW×día)</i>	0,0643
<i>T.Potencia Hora Valle(€/kW×día)</i>	0,0026
<i>Margen comercialización fijo(€/kW×año)</i>	3,113

Tabla 4.12-Tarifa PVPC

El termino fijo de la factura se calcularía como se muestra en la *Ecuación 4.14*:

$$T.Fijo = P.contratada(kW) \times \left(\frac{M.C.F(\frac{€ \cdot \text{año}}{kW})}{12} + \sum T.P(\frac{€ \cdot \text{día}}{kW}) \times N.^{\circ} \text{ días} \right)$$

Ecuación 4.14-Cálculo término de fijo mensual en el Mercado Regulado

El cálculo del precio de la factura difiere ligeramente de los anteriores en dos puntos, en el cálculo del término fijo y en el del cálculo del término de energía. Para obtener este último es necesario convertir los Wmin a MWh aplicando la Ecuación 4.15:

$$Wmin \times \frac{1MW}{10^6W} \times \frac{1 h}{60 min} = Wmin \times \frac{1MWh}{60 \cdot 10^6 Wmin} = MWh$$

Ecuación 4.15-Paso de Wmin a MWh

Una vez se han obtenido, se multiplican estos valores por el precio del MWh que corresponda. Para facilitar el cálculo del término de energía y evitar errores al seleccionar el coste correspondiente, se guardaron los datos proporcionados por la OMIE en una hoja cálculo a la que se hacía referencia desde el archivo mencionado al inicio de la sección. Su aspecto se muestra a continuación en la Imagen 4.42:

Precio marginal en el sistema español (EUR/MWh)			
	jueves, 1 de diciembre de 2022	viernes, 2 de diciembre de 2022	sábado, 3 de diciembre de 2022
0:00	289,1	231,1	243
1:00	259,05	200,01	213,58
2:00	246,25	192,79	198,57
3:00	232,97	190,28	195
4:00	200,3	172,29	194,06
5:00	200	186,69	198,57
6:00	244	192,81	208
7:00	273,73	239,63	235
8:00	280,1	250,98	250,02
9:00	260	250,1	248,35
10:00	248	232,25	224,82
22:00	241,1	256,1	238,69
23:00	192,81	250	216,68

Imagen 4.42-Precios OMIE

Una vez obtenidos estos valores, se siguen los pasos ya mencionados.

En la Tabla 4.13 se muestran los resultados obtenidos para esta tarifa del mismo modo que para el resto de los casos.

Mercado Regulado													
Nº vivienda	Mes												ANUAL
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
1	80,69 €	65,37 €	101,97 €	61,45 €	63,49 €	63,15 €	53,40 €	52,78 €	59,75 €	55,75 €	69,48 €	104,55 €	831,83 €
2	76,25 €	65,31 €	99,89 €	70,62 €	60,33 €	58,77 €	49,43 €	55,46 €	51,34 €	50,76 €	67,59 €	86,57 €	792,33 €
3	98,95 €	90,17 €	116,22 €	94,23 €	85,41 €	76,34 €	66,76 €	67,77 €	68,42 €	64,15 €	96,93 €	129,46 €	1.054,81 €
4	89,80 €	89,32 €	126,79 €	72,97 €	80,73 €	66,06 €	63,21 €	62,41 €	60,06 €	63,13 €	86,08 €	111,25 €	971,81 €
5	104,79 €	79,23 €	111,91 €	87,50 €	72,20 €	69,20 €	58,49 €	70,73 €	63,04 €	60,90 €	83,58 €	99,92 €	961,48 €
8	103,38 €	91,15 €	121,96 €	85,42 €	83,49 €	74,63 €	71,00 €	77,10 €	65,94 €	74,40 €	92,49 €	119,86 €	1.060,82 €
9	100,44 €	70,07 €	115,79 €	85,76 €	69,91 €	56,48 €	65,43 €	60,17 €	62,15 €	65,54 €	75,65 €	122,17 €	949,55 €
10	83,61 €	72,84 €	114,29 €	72,52 €	68,44 €	61,94 €	56,23 €	53,49 €	56,34 €	56,66 €	80,55 €	102,47 €	879,37 €
11	113,53 €	92,12 €	152,52 €	82,04 €	85,73 €	76,23 €	69,19 €	72,62 €	74,84 €	68,25 €	92,99 €	129,29 €	1.109,34 €
12	94,13 €	91,51 €	119,51 €	73,10 €	81,85 €	65,50 €	66,96 €	68,26 €	67,29 €	70,79 €	81,47 €	97,01 €	977,38 €
13	101,15 €	87,36 €	140,23 €	76,96 €	82,77 €	70,04 €	69,25 €	70,92 €	64,15 €	70,29 €	83,72 €	124,27 €	1.041,11 €
													10.629,82 €

Tabla 4.13- Resumen precio de la factura según tarifa PVPC

4.4.1.4. Agrupación trifásica con discriminación horaria

Al principio del apartado 4.4 se explicó que también se estudiaría el coste de la factura eléctrica de las viviendas si estas se agrupasen trifásicamente. En este caso se analizará una tarifa con discriminación horaria ofertada en el mercado libre. El fin de esto es determinar si resulta más rentable agrupar el consumo de estas viviendas para ahorrar en la factura que contratar tarifas individuales.

Es similar a las tarifas de este tipo para instalaciones monofásicas. El día también se divide en tres periodos horarios, valle, llano y punta, en los que se aplica un cierto precio del kWh. También se emplea el coste asociado al periodo valle los días festivos y fines de semana. Su principal diferencia radica en que hay 6 posibles términos de energía y se utilizan unos u otros en función del periodo horario y el mes en el que se consuma la energía eléctrica. Esto último se recoge en la Imagen 4.43 y la Imagen 4.44 mostradas a continuación:

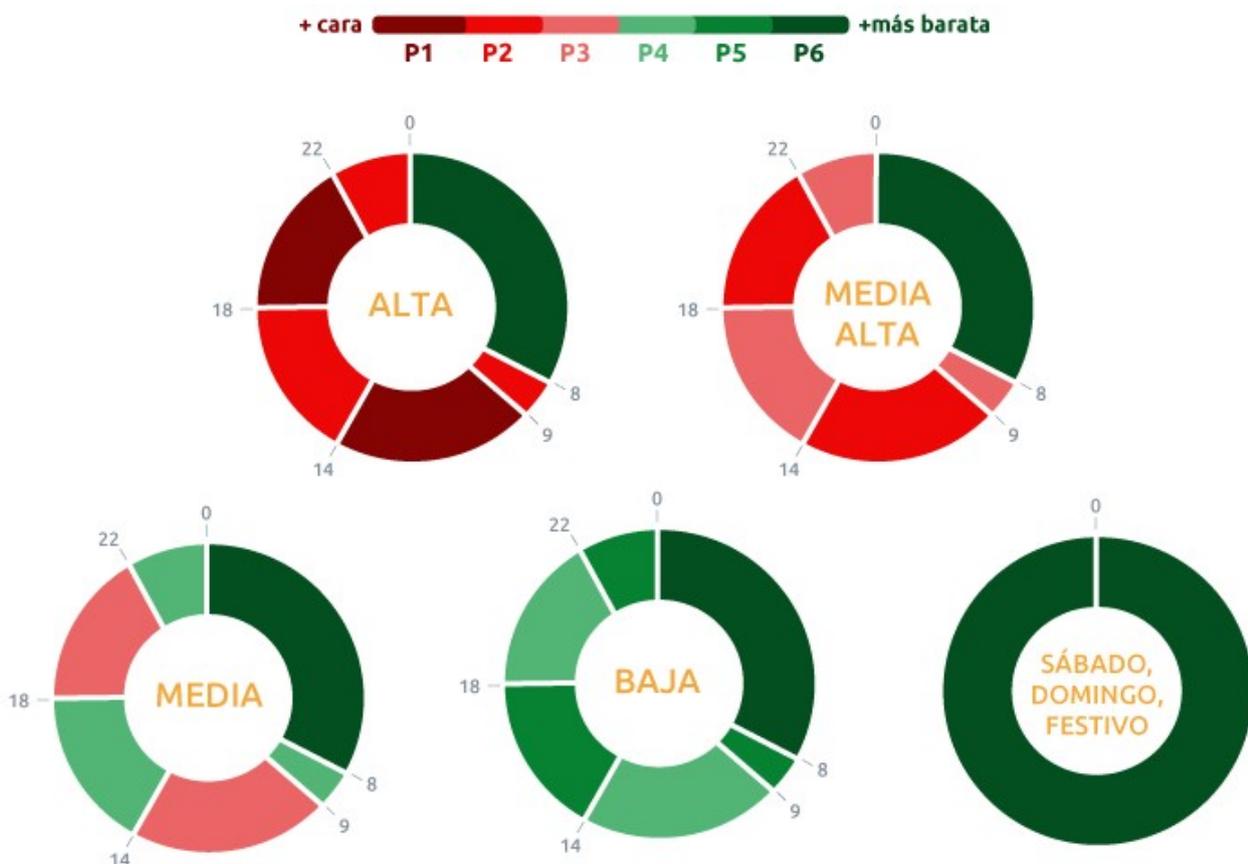


Imagen 4.43-Horarios en la Península Ibérica

Fuente: comparadorluz.com



Imagen 4.44-Temporada que afecta a cada mes

Fuente: comparadorluz.com

Se analizará este caso empleando la tarifa ofertada por GESTERNOVA, sus datos se muestran a continuación en la *Tabla 4.14* y la *Tabla 4.15*:

Periodo	GESTORVA		
	Energía(€/kWh)	Potencia(€/kW día)	Potencia(€/kWh)
P1	0,3069	0,0396	0,00165
P2	0,3047	0,0305	0,00127
P3	0,3167	0,014	0,00058
P4	0,295	0,0116	0,00048
P5	0,2556	0,007	0,00029
P6	0,2536	0,0049	0,00020

Tabla 4.14-Tarifa 3.0 GESTERNOVA

Días mes	Tarifa			
	Alta	Media alta	Media	Baja
28	58,20 €			
30	62,35 €	41,07 €	25,36 €	19,54 €
31	64,43 €	42,44 €	26,20 €	20,19 €

Tabla 4.15-Términos de potencia mensuales 3.0 GESTERNOVA

Para llevar a cabo los cálculos se empleó una hoja de cálculo independiente a la explicada en los apartados previos. Pese a esto, el aspecto y funcionamiento de esta es muy similar.

Está dividida en varias pestañas (*Imagen 4.45*). La *Resumen* contiene información acerca de la potencia máxima agrupada consumida cada mes (*Imagen 4.46*), datos del coste mensual de la factura según la tarifa y el n.º de personas entre los que se quiera dividir (*Imagen 4.47*), el término de potencia de las distintas tarifas e información sobre estas. También recoge en algunas graficas la evolución de estas costes a lo largo del año (*Imagen 4.48*).

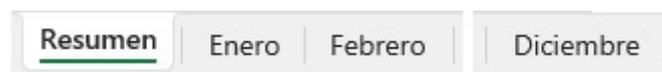


Imagen 4.45- Pestañas Hoja de cálculo

Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Diciembre
Tarifa	Alta	Alta	Media alta	Baja	Alta
Pmax consumida(kW)	26,548	23,847	23,221	23,783	24,465

Imagen 4.46-Temporada que afecta a cada mes y su potencia máxima

Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Diciembre
Coste Factura Total					
ENDESA	1.429,73 €	1.236,37 €	1.297,20 €	1.189,42 €	1.448,34 €
GESTORVA	1.309,37 €	1.137,12 €	1.202,08 €	1.032,72 €	1.328,13 €
Coste Factura Por Persona					
ENDESA	40,85 €	35,32 €	37,06 €	33,98 €	41,38 €
GESTORVA	37,41 €	32,49 €	34,35 €	29,51 €	37,95 €

Imagen 4.47-Coste total e individual de cada tarifa trifásica

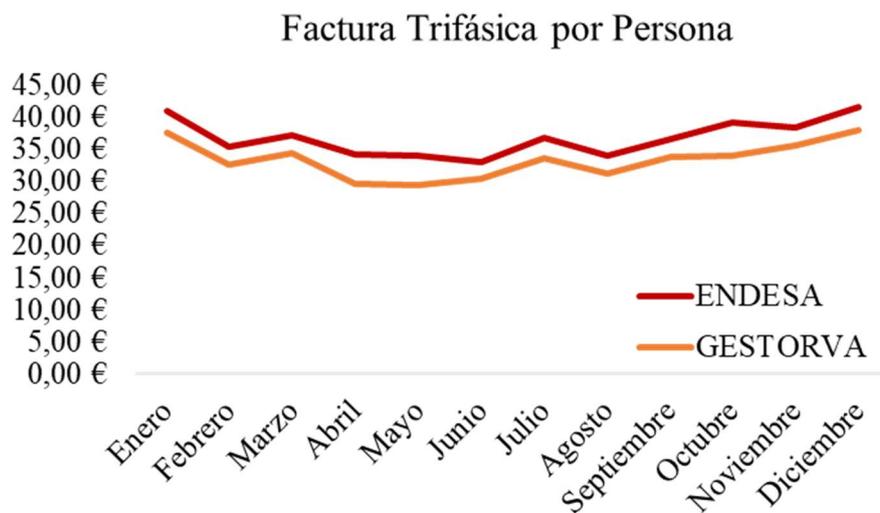


Imagen 4.48-Gráfica evolución de factura por persona

En algunas imágenes se produce un salto en los meses mostrados ya que se ocultaron algunos valores para poder mostrar más cómodamente su aspecto.

Las pestañas con el nombre de meses contienen los datos de consumo eléctrico y el cálculo del término de energía diario. El aspecto de estas se puede apreciar en la Imagen 4.49:

sábado, 1 de enero de 2022

Hora	Potencia viviendas(kW)								Potencia total(kW)	Tarifa ENDESA	Tarifa GESTERNOVA
	N1	N2	N3	N10	N11	N12	N13				
0:00:00	57	40	57	72	46	55	71	0,673	0,00 €	0,00 €	
0:01:00	57	40	57	72	46	55	71	0,673	0,00 €	0,00 €	
7:59:00	66	42	59	222	111	151	553	4,791	0,02 €	0,02 €	
8:00:00	101	193	3678	222	111	151	553	8,716	0,05 €	0,04 €	
8:01:00	101	183	3678	72	151	151	553	8,656	0,04 €	0,04 €	
8:59:00	262	391	2013	60	676	55	304	6,352	0,03 €	0,03 €	
9:00:00	5750	391	2013	60	676	55	316	11,716	0,06 €	0,05 €	
9:01:00	5750	391	296	60	676	55	316	9,979	0,05 €	0,04 €	
13:59:00	494	322	4933	72	1569	220	834	10,178	0,05 €	0,04 €	
14:00:00	67	322	4933	181	1636	220	834	10,148	0,05 €	0,04 €	
14:01:00	67	214	1563	181	1737	280	834	6,831	0,04 €	0,03 €	
23:59:00	288	714	69	222	3851	753	236	7,359	0,04 €	0,03 €	
							Pmax(kW)	26,548			
								Coste diario	65,52 €	53,64 €	

Imagen 4.49- Cálculo término de energía

En la Imagen 4.49 se ocultaron parte de las horas y viviendas para poder mostrar más cómodamente su aspecto general.

Para poder calcular el término de energía correspondiente es necesario conocer la energía total consumida por el conjunto. En la columna *Potencia Total (kW)* se determina este valor, se obtiene sumando los W_{min} de cada vivienda y convirtiéndolos a kWh como se muestra en la Ecuación 4.16:

$$T. energía = Coste \left(\frac{€}{kWh} \right) \times \frac{1kWh}{60000 W_{min}} \times \sum E. consumida(W_{min})$$

Ecuación 4.16-Cálculo término de energía tarifa trifásica

Al final de la columna *Tarifa GESTERNOVA* se suman todos estos valores para obtener el término de potencia diario. El proceso sería el mismo para el resto de los meses cambiando únicamente el coste del kWh empleado. Los fines de semana se usaría el precio asociado al periodo 6 (Tabla 4.14) todo el día.

Cuando se han obtenido todos, basta con sumarlos en la pestaña *Resumen* junto al término de potencia correspondiente que se calcularía de acuerdo a la Ecuación 4.17 mostrada a continuación. En ambos casos se ha contratado un potencia de 27,713kW:

$$T. Potencia = P. Contr. (kW) \times N. ^{\circ}Días \times \sum T. P. Periodo Temporada \left(\frac{\text{€}}{kW \cdot dia} \right)$$

Ecuación 4.17-Cálculo Término de Potencia Tarifas Trifásicas

En la *Tabla 4.16* se muestran el coste mensual conjunto y el individual acogiéndose a esta tarifa. También se recoge el coste anual total para el conjunto de viviendas.

GESTORVA (Discriminación horaria)													
	Mes												
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Conjunto	1.309,37 €	1.137,12 €	1.202,08 €	1.032,72 €	1.025,33 €	1.057,27 €	1.174,65 €	1.091,06 €	1.177,20 €	1.185,43 €	1.239,71 €	1.328,13 €	13.960,06 €
Por persona	37,41 €	32,49 €	34,35 €	29,51 €	29,30 €	30,21 €	33,56 €	31,17 €	33,63 €	33,87 €	35,42 €	37,95 €	

Tabla 4.16-Resumen precio de la factura según tarifa GESTERNOVA

4.4.1.5. Agrupación trifásica sin discriminación horaria

En este apartado se analizará una tarifa trifásica del mercado libre sin discriminación horaria. Es un caso muy similar al estudiado en el apartado 4.4.1.2, se diferencian en que en esta tarifa el término de energía permanece fijo, pero el de potencia cambia en función del periodo. Debido a esto último este se calculará como se recoge en la Ecuación 4.17.

Se ha seleccionado la tarifa 3.0 Endesa. Sus datos y términos de potencia se recogen en la Tabla 4.17 y la Tabla 4.18:

ENDESA			
Periodo	Energía(€/kWh)	Potencia(€/kW día)	Potencia(€/kWh)
P1	0,3098	0,0407	0,00170
P2	0,3098	0,0316	0,00132
P3	0,3098	0,0151	0,00063
P4	0,3098	0,0127	0,00053
P5	0,3098	0,0081	0,00034
P6	0,3098	0,006	0,00025

Tabla 4.17-Tarifa 3.0 Endesa

Tarifa				
Días mes	Alta	Media alta	Media	Baja
28	60,76 €			
30	65,10 €	43,81 €	28,10 €	22,28 €
31	67,27 €	45,27 €	29,04 €	23,02 €

Tabla 4.18-Términos de potencia mensuales 3.0 Endesa

Los pasos para calcular el precio de la factura en este caso son idénticos al anterior.

Ecuación 4.12

Estos datos figuran en la *Tabla 4.19*. En esta se recogen los costes mensuales y anuales de las viviendas y el conjunto del coste anual.

Endesa (Sin discriminación horaria)													
	Mes												
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Conjunto	1.429,73 €	1.236,37 €	1.297,20 €	1.189,42 €	1.185,52 €	1.149,96 €	1.284,14 €	1.182,99 €	1.275,63 €	1.368,59 €	1.340,94 €	1.448,34 €	15.388,83 €
Por persona	40,85 €	35,32 €	37,06 €	33,98 €	33,87 €	32,86 €	36,69 €	33,80 €	36,45 €	39,10 €	38,31 €	41,38 €	

Tabla 4.19- Resumen precio de la factura según tarifa 3.0 Endesa

Una vez calculado el coste para todas las tarifas, se observa que el coste total anual para las tarifas monofásicas es el obtenido al acogerse a la tarifa ofertada en el mercado regulado. Si se analizan por separado los resultados obtenidos para las tarifas trifásicas, se aprecia que resulta más ventajoso acogerse a la tarifa 3.0 GESTERNOVA.

Viendo en conjunto los resultados de las tarifas trifásicas y monofásicas, podría decirse que es más ventajoso acogerse al PVPC, seguido de la tarifa 3.0 GESTERNOVA.

4.5. ANÁLISIS TARIFAS CON EXCEDENTES

El objetivo de esta sección es analizar como varía el coste de la factura eléctrica de las viviendas al tener en cuenta la producción de sus instalaciones fotovoltaicas.

De nuevo, se han seleccionado 5 tarifas distintas, difieren de las del *apartado 4.4.1* en que ambas tarifas trifásicas tienen discriminación horaria.

En esta ocasión, se recogieron en un único archivo todos los cálculos realizados. Se emplearon los datos de consumo comentados a lo largo del *apartado 4.34.3.3* para el coste real de la factura eléctrica de cada vivienda en función las tarifas escogidas.

En posteriores apartados se comentará el funcionamiento de esta hoja de cálculo, así como sus particularidades respecto al caso expuesto en el *apartado 4.4*. Se explicará el funcionamiento de cada una de sus partes con detalle en el apartado correspondiente.

4.5.1. Tarifas con excedentes

En esta sección se analizará en detalle como se ve afectado el precio de la factura eléctrica si se tiene en cuenta la producción de la instalación solar diseñada para las distintas viviendas.

Para poder realizar los cálculos es necesario conocer los datos de consumo de las viviendas y los datos de generación de la instalación. Estos últimos se obtuvieron del programa *SAM* y se recogieron en dos hojas de cálculo diferentes, una para cada agrupación planteada. En la *Imagen 4.50* se muestra su aspecto. Los datos se proporcionan en kW para cada hora del día. Los valores de producción negativos quieren decir que la instalación no está generando energía y está consumiendo algo de la proporcionada por la red.

Time stamp	System power generated (kW)	Time stamp	System power generated (kW)
Jan 1 12:00 am	-0,00101	Jan 2 12:00 am	-0,00101
Jan 1 01:00 am	-0,00101	Jan 2 01:00 am	-0,00101
Jan 1 02:00 am	-0,00101	Jan 2 02:00 am	-0,00101
Jan 1 03:00 am	-0,00101	Jan 2 03:00 am	-0,00101
Jan 1 04:00 am	-0,00101	Jan 2 04:00 am	-0,00101
Jan 1 05:00 am	-0,00101	Jan 2 05:00 am	-0,00101
Jan 1 06:00 am	-0,00101	Jan 2 06:00 am	-0,00101
Jan 1 07:00 am	-0,00101	Jan 2 07:00 am	-0,00101
Jan 1 10:00 pm	-0,00101	Jan 2 10:00 pm	-0,00101
Jan 1 11:00 pm	-0,00101	Jan 2 11:00 pm	-0,00101

Imagen 4.50-Datos de producción de la Agrupación 2

Al igual que en los casos sin generación, la factura estará formada por el término de potencia y el de energía.

Para determinar la energía realmente consumida en cada caso se debe aplicar la Ecuación 4.18:

$$E. \text{ real consumida}(kW) = E. \text{ consumida}(kW) - E. \text{ producida}(kW)$$

Ecuación 4.18-Cálculo de la energía consumida realmente

Si este valor es positivo basta con aplicar las mismas reglas que se siguieron para calcular los costes de las tarifas sin excedentes. Por el contrario, si es negativo, lo que implica que se produce más de lo que se consume, será necesario vender estos excedentes. Con estos se podrá abaratar el término de energía, pudiendo llegar a conseguir que un determinado mes no se necesario pagarlo, es decir, se vuelva nulo. Es muy importante que una vez este haya alcanzado el valor mencionado, independientemente de que la instalación siga produciendo más de lo que consume, el precio mínimo a pagar por la factura eléctrica será el término de potencia. Este nunca podrá ser 0 ya que es un término fijo que depende de la potencia para la que se ha diseñado la instalación eléctrica de la vivienda que no varía aunque lo haga la producción de la instalación fotovoltaica.

El precio de venta de estos excesos es determinado bien por las distribuidoras libre o por la las comercializadoras de referencia, las que operan en el mercado regulado, de acuerdo a lo recogido en el RD 216/2014.

Para realizar determinar el coste de las facturas se empleó una única hoja de cálculo cuya estructura es muy similar al del resto de hojas empleadas. Esta también estaba dividida en varias pestañas del mismo modo que el recogido en el apartado 4.4.1.4.

En este caso, en la pestaña *Resumen* se recogen también las características y resultados de todas las tarifas analizadas, no únicamente los de las trifásicas, esto puede observarse en la *Imagen 4.51* y la *Imagen 4.52*.

Pmax consumida(kW)	26,548	23,847	23,695	24,465
P contratada normalizada(kW)	27,713			
Mes	<i>Enero</i>	<i>Febrero</i>	<i>Noviembre</i>	<i>Diciembre</i>
Coste Factura Total				
ENERGÉTICA.COOP	1.106,34 €	936,94 €	1.153,72 €	1.337,96 €
SOLABRIA	843,72 €	715,38 €	868,17 €	1.014,53 €
Coste Factura Por Persona				
ENERGÉTICA.COOP	31,61 €	26,77 €	32,96 €	38,23 €
SOLABRIA	24,11 €	20,44 €	24,80 €	28,99 €

Imagen 4.51-Resumen Tarifas Trifásicas

	Nº vivienda	Mes			
		<i>Enero</i>	<i>Febrero</i>	<i>Noviembre</i>	<i>Diciembre</i>
ENDESA	1	56,21 €	50,49 €	60,30 €	66,04 €
	13	72,77 €	62,55 €	72,17 €	80,77 €
NATURGY	1	52,74 €	49,06 €	59,09 €	64,28 €
	13	69,68 €	61,13 €	71,47 €	79,07 €
PVPC	1	40,77 €	29,28 €	52,37 €	78,89 €
	13	61,63 €	47,04 €	66,96 €	99,65 €

Imagen 4.52-Resumen Tarifas Monofásicas

En esta pestaña se recoge también el valor del término de potencia mensual de cada una de las tarifas, se ha empleado el mismo que para el análisis de las tarifas sin excedentes. Su aspecto se muestra en la *Imagen 4.53*:

Potencia Contratada (kW)	5,75		T.Potencia Endesa	21,11 €
			T.Potencia Solar	17,58 €
			T.Potencia PVPC	13,03 € 30 días
				13,42 € 31 días
				12,26 € 28 días

Imagen 4.53-Cálculo término de potencia de las tarifas monofásicas

Las pestañas nombradas según los meses recogen todos los cálculos necesarios para determinar el coste de las tarifas. Cada una de las pestañas esta dividida en varias secciones.

En la *Imagen 4.54* se muestra el aspecto de la primera sección, en esta se recoge el consumo en W_{min} de cada una de las viviendas y se suma el total de todas estas en la columna *Potencia total*. Al final de esa columna se recoge la máxima potencia total consumida ese día.

sábado, 1 de enero de 2022					
	Potencia viviendas(kW)				Potencia total(kW)
Hora	N1	N2	N3	N13	
0:00:00	57	40	57	71	0,673
0:01:00	57	40	57	71	0,673
0:02:00	57	173	57	71	0,906
23:58:00	288	654	69	236	7,332
23:59:00	288	714	69	236	7,359
				Pmax(kW)	26,548

Imagen 4.54-Cálculo energía consumida

La *Imagen 4.55* muestra la segunda sección. En esta se calcula para cada una de las 11 viviendas el coste de las dos tarifas del mercado libre seleccionadas. Para facilitar los cálculos se ha agrupado su consumo por horas en la columna *Potencia*. Como ya se mencionó al principio del apartado, debe de tenerse en cuenta la producción de la instalación. Por ello se ha incluido la columna *Potencia generación*, en esta se le resta al valor consumido la energía generada durante esa hora. Con el valor obtenido es con el que se trabaja. Al final de las columnas *Tarifa Solar Simply* y *Tarifa Naturgy* se muestra el precio del término de energía diario acogiendo una u otra tarifa.

sábado, 1 de enero de 2022								
	N1				N13			
	Potencia (kW)	Potencia generación (kW)	Tarifa Solar Simply	Tarifa Naturgy	Potencia (kW)	Potencia generación (kW)	Tarifa Solar Simply	Tarifa Naturgy
Hora								
0:00:00	0,0570	0,0580	0,01 €	0,01 €	0,0898	0,0908	0,02 €	0,01 €
1:00:00	0,1638	0,1648	0,03 €	0,02 €	0,1573	0,1583	0,03 €	0,02 €
2:00:00	0,1337	0,1347	0,02 €	0,02 €	0,2288	0,2298	0,04 €	0,03 €
21:00:00	0,7467	0,7477	0,13 €	0,10 €	1,7935	1,7945	0,30 €	0,24 €
22:00:00	0,4581	0,4591	0,08 €	0,06 €	0,9942	0,9952	0,17 €	0,13 €
23:00:00	0,4591	0,4601	0,08 €	0,06 €	0,4245	0,4255	0,07 €	0,06 €
	Coste Total		-0,30 €	-0,63 €	Coste Total		0,25 €	-0,14 €

Imagen 4.55-Coste diario tarifas monofásicas del mercado libre

El cálculo del término de energía acogiendo la tarifa ofertada en el mercado regulado se recoge en un nuevo apartado. Su aspecto es muy similar al ya comentado, únicamente difiere de estos en la base de datos de las que se obtienen sus precios. Se muestra este en la *Imagen 4.56*.

Hora	N1			N13		
	Potencia (kW)	Potencia generación (kW)	Tarifa Mercado Libre	Potencia (kW)	Potencia generación (kW)	Tarifa Mercado Libre
0:00:00	0,0570	0,0580	0,01 €	0,090	0,091	0,01 €
1:00:00	0,1638	0,1648	0,02 €	0,157	0,158	0,02 €
2:00:00	0,1337	0,1347	0,02 €	0,229	0,230	0,03 €
21:00:00	0,7467	0,7477	0,11 €	1,794	1,795	0,26 €
22:00:00	0,4581	0,4591	0,07 €	0,994	0,995	0,15 €
23:00:00	0,4591	0,4601	0,07 €	0,424	0,425	0,06 €
	Coste Total		-1,78 €	Coste Total		-1,12 €

Imagen 4.56-Coste diario tarifa mercado libre

La *Imagen 4.57* muestra el apartado en el que se calcula el coste de las tarifas trifásicas seleccionadas. De nuevo, su funcionamiento y apariencia es muy similar al explicado anteriormente con la diferencia de que agrupa por horas el valor recogido en la columna *Potencia total* y le resta a este la producción del total de las instalaciones. Nuevamente, al final de la columna correspondiente se muestra el coste del término de energía diario para cada caso.

Hora	Potencia generación Trifásica(kW)	ENERGÉTICA.CO OP	SOLABRIA
0:00:00	1,721	0,47 €	0,36 €
1:00:00	2,394	0,65 €	0,50 €
2:00:00	4,348	1,18 €	0,91 €
21:00:00	13,215	3,60 €	2,76 €
22:00:00	9,906	2,70 €	2,07 €
23:00:00	8,160	2,22 €	1,71 €
	Coste Total	15,82 €	13,35 €

Imagen 4.57-Cálculo coste diario tarifas trifásicas

Para facilitar la interpretación y gestión de los resultados obtenidos se recoge al final de todas estas pestañas una tabla resumen mostrada en la *Imagen 4.58*. En esta se

incluyen el valor del término de energía mensual de cada tarifa y vivienda, así como la máxima potencia consumida ese mes al agruparlas trifásicamente

Suma tarifas	Nº Vivienda	1	2	12	13
	ENDESA	35,10 €	34,53 €	45,06 €	51,67 €
	NATURGY	35,15 €	35,64 €	44,80 €	52,09 €
	M. LIBRE	27,35 €	28,16 €	40,16 €	48,21 €
TARIFA 3.0					
	ENERGÉTICA.COOP	1.041,95 €			
	SOLABRIA	779,33 €			

Imagen 4.58-Resumen término de energía mensual

4.5.1.1. Mercado libre con discriminación horaria

En este caso, tanto el precio de compra de la electricidad como el de venta de los excedentes es establecido por la distribuidora.

Para este caso se ha escogido la tarifa Solar de Naturgy, sus datos se recogen en la *Tabla 4.20* mostrada a continuación:

Con Discriminación Horaria			
Tarifa Solar (Naturgy)			
<i>T.Potencia Hora Punta(€/kW×mes)</i>	2,586072	<i>T.Energía P1(€/kWh)</i>	0,23076
<i>T.Potencia Hora Valle(€/kW×mes)</i>	0,472023	<i>T.Energía P2(€/kWh)</i>	0,177033
<i>Precio excedente(€/kWh)</i>	0,11	<i>T.Energía P3(€/kWh)</i>	0,135047

Tabla 4.20-Tarifa Solar Naturgy

Se calculará el coste del término de potencia y el término de energía del mismo modo que en el *apartado 4.4.1.1* , pero teniendo en cuenta esta vez que el segundo se calcula sobre la energía realmente consumida según se expone en la *Ecuación 4.18*.

La *Tabla 4.21* recoge el coste mensual para cada una de las viviendas, así como una agrupación anual del mismo.

Tarifa Solar NATURGY (Discriminación horaria)													
Nº vivienda	Mes												ANUAL
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
1	52,74 €	49,06 €	17,58 €	17,58 €	17,58 €	19,68 €	17,58 €	17,58 €	20,78 €	42,90 €	59,09 €	64,28 €	396,44 €
2	53,22 €	49,61 €	17,58 €	18,93 €	17,58 €	19,47 €	17,58 €	18,96 €	17,58 €	44,54 €	59,63 €	60,50 €	395,21 €
3	71,23 €	63,87 €	19,81 €	37,11 €	18,95 €	33,38 €	17,58 €	26,08 €	32,11 €	49,20 €	87,52 €	81,08 €	537,93 €
4	59,07 €	64,73 €	26,81 €	17,67 €	17,58 €	24,30 €	17,58 €	21,78 €	19,90 €	49,27 €	77,26 €	68,84 €	464,80 €
5	75,73 €	55,87 €	17,58 €	30,27 €	17,58 €	27,27 €	17,58 €	29,22 €	22,77 €	46,27 €	72,11 €	62,14 €	474,40 €
8	72,01 €	68,70 €	41,90 €	41,47 €	28,85 €	53,91 €	34,71 €	47,43 €	41,36 €	66,65 €	81,65 €	79,02 €	657,66 €
9	73,40 €	52,72 €	29,62 €	40,60 €	17,58 €	24,98 €	30,32 €	30,13 €	35,75 €	61,45 €	71,68 €	78,40 €	546,63 €
10	62,66 €	53,42 €	26,68 €	26,26 €	17,58 €	30,14 €	19,17 €	24,05 €	29,18 €	46,55 €	72,42 €	67,30 €	475,40 €
11	82,35 €	66,47 €	36,28 €	27,54 €	17,58 €	30,84 €	19,50 €	32,76 €	39,80 €	58,34 €	82,99 €	80,97 €	575,43 €
12	62,39 €	64,10 €	21,08 €	18,16 €	17,58 €	23,32 €	17,58 €	27,26 €	29,20 €	58,57 €	72,13 €	59,06 €	470,44 €
13	69,68 €	61,13 €	35,37 €	22,54 €	17,58 €	27,54 €	19,07 €	29,65 €	24,78 €	54,49 €	71,47 €	79,07 €	512,37 €
													5.506,69 €

Tabla 4.21-Resumen precio de la factura según tarifa Solar NATURGY

4.5.1.2. Mercado libre sin discriminación horaria

De nuevo, el precio de venta y de compra de la energía es establecido por la comercializadora. Para estudiar este caso se ha decidido emplear la tarifa Solar Simply ofertada por Endesa. Sus características se muestran a continuación en la *Tabla 4.22*:

Sin Discriminación Horaria			
Tarifa Solar Simply (Endesa)			
<i>T.Potencia Hora Punta(€/kW*año)</i>	34,46766	<i>T.Energía Consumida(€/kWh)</i>	0,169
<i>T.Potencia Hora Valle(€/kW*año)</i>	9,583932	<i>Precio excedente(€/kWh)</i>	0,1

Tabla 4.22-Tarifa Solar Simply

Se calcula su coste siguiendo lo establecido en los *apartados 4.5.1* y *4.4.1.2*.

En la *Tabla 4.23* se recogen los resultados obtenidos, de nuevo los costes mensuales individuales y el valor del coste anual agrupado.

Tarifa Solar Simply ENDESA (Sin discriminación horaria)													
Nº vivienda	Mes												ANUAL
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
1	56,21 €	50,49 €	21,11 €	21,11 €	21,11 €	24,25 €	21,11 €	21,11 €	25,11 €	45,80 €	60,30 €	66,04 €	433,76 €
2	55,64 €	51,70 €	21,11 €	24,41 €	21,11 €	25,03 €	21,11 €	22,15 €	22,03 €	46,65 €	61,73 €	61,90 €	434,56 €
3	74,22 €	65,67 €	25,48 €	41,87 €	23,32 €	37,42 €	21,38 €	30,03 €	35,09 €	53,83 €	89,34 €	84,56 €	582,22 €
4	61,65 €	66,37 €	31,69 €	22,49 €	21,11 €	30,51 €	21,11 €	26,54 €	24,06 €	53,52 €	78,00 €	70,26 €	507,28 €
5	78,66 €	57,83 €	21,72 €	34,97 €	21,11 €	31,02 €	21,11 €	32,88 €	26,76 €	50,75 €	74,85 €	64,04 €	515,70 €
8	74,73 €	69,24 €	42,50 €	46,81 €	31,98 €	53,03 €	38,44 €	49,67 €	44,45 €	70,31 €	81,88 €	78,80 €	681,86 €
9	76,22 €	53,88 €	34,29 €	45,24 €	22,11 €	28,77 €	34,83 €	34,13 €	39,60 €	63,48 €	72,10 €	79,44 €	584,09 €
10	65,70 €	56,55 €	30,71 €	30,59 €	22,15 €	35,17 €	24,10 €	27,05 €	33,22 €	55,94 €	73,00 €	67,75 €	521,94 €
11	84,00 €	68,77 €	42,17 €	32,92 €	21,67 €	35,44 €	28,42 €	36,00 €	43,01 €	60,35 €	83,64 €	83,40 €	619,77 €
12	66,17 €	65,72 €	26,11 €	23,11 €	21,11 €	27,65 €	22,75 €	31,05 €	37,53 €	62,10 €	73,90 €	61,23 €	518,43 €
13	72,77 €	62,55 €	38,66 €	27,01 €	21,11 €	31,85 €	25,43 €	33,52 €	28,51 €	56,67 €	72,17 €	80,77 €	551,03 €
													5.950,63 €

Tabla 4.23- Resumen precio de la factura según tarifa Solar Simply ENDESA

4.5.1.3. Mercado regulado

En este apartado se analizará el precio de la factura si se acogen a la tarifa ofertada en el mercado regulado con generación eléctrica. Además de variar el precio de compra del kWh a lo largo del día también lo hará su precio de venta de igual forma. Este último es regulado por el Ministerio de Industria, Comercio y Turismo de modo que cambie su valor en función del mercado eléctrico con el fin de compensar este cuando sea muy elevado [58], [59]. La evolución diaria del precio de venta se recoge en la web E·SIOS (Sistema de Información del Operador del Sistema), este es el operador del sistema eléctrico empleado por la Red Eléctrica de España para velar por el correcto funcionamiento del sistema eléctrico[60]. Este es capaz de comunicarse con el OMIE para obtener los datos del mercado diario e intradiario, con los usuarios que deseen vender o comprar energía a los que notifica las ofertas que ha encontrado, con sus técnicos para gestionar las órdenes que le envían, con operadores de sistemas de países vecinos para poder comprobar el correcto funcionamiento de las líneas de conexión, de publicar la información de la que dispone y de almacenar los datos que recibe y genera en los distintos procesos que lleva a cabo [61]. Los datos se muestran de manera similar a la web de la OMIE, la variación del precio del MWh se recoge en una gráfica como la mostrada en la Imagen 4.59. [1]

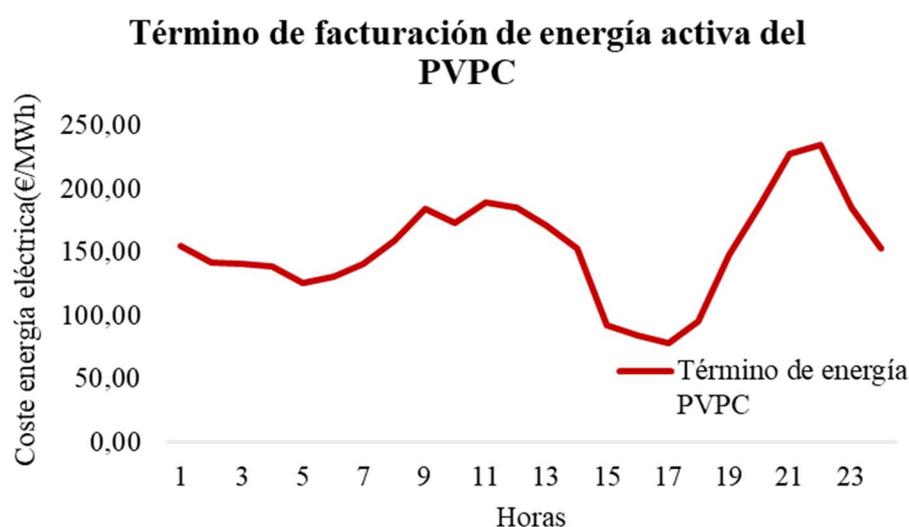


Imagen 4.59-Ejemplo variación precio excedentes en MWh

Los datos del precio de venta de la energía se recogen en una hoja de datos similar a la explicada en el apartado 4.4.1.3, se divide esta en doce pestañas en la que se incluye la variación del precio a lo largo de todos sus días. Su aspecto se muestra en la Imagen 4.60.

Precio marginal en el sistema español (EUR/MWh)			
	sábado, 1 de enero de 2022	domingo, 2 de enero de 2022	lunes, 3 de enero de 2022
0:00	145,86	133,21	181,5
1:00	114,9	115,87	160,72
2:00	113,87	110,52	154,64
3:00	97,8	113,0	149,86
4:00	97,8	115,87	144,49
5:00	95,74	110,52	148,86
6:00	97,8	115,87	153,77
7:00	97,8	129,6	160,72
8:00	97,8	115,87	189,26
9:00	70,05	115,87	183,54
10:00	76,79	113,0	160,72
22:00	188,39	191,36	114,11
23:00	167,26	178,0	100,36

Imagen 4.60-Precios E-SIOS

Para realizar los cálculos relativos al término de potencia se emplearon los datos y pasos explicados en el apartado 4.4.1.3. Esta tarifa presenta únicamente una diferencia frente a las ofertadas en el mercado libre a la hora de calcular el término variable de la factura; como el precio de venta de los excedentes varía, si la instalación genera más de lo que consume, se debe de buscar el correspondiente para cada situación.

Los resultados obtenidos se resumen en la Tabla 4.24. Se recoge el coste mensual por vivienda y el anual agrupado.

PVPC													
Nº vivienda	Mes												ANUAL
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
1	40,77 €	29,28 €	13,42 €	13,03 €	13,42 €	13,03 €	13,42 €	13,42 €	13,03 €	13,42 €	52,37 €	78,89 €	307,49 €
2	41,57 €	32,00 €	13,42 €	13,03 €	13,42 €	13,03 €	13,42 €	13,42 €	13,03 €	13,42 €	53,07 €	68,82 €	301,64 €
3	60,23 €	50,62 €	13,42 €	13,03 €	13,42 €	13,03 €	13,42 €	13,42 €	13,03 €	13,42 €	82,67 €	101,82 €	401,51 €
4	48,69 €	49,99 €	13,42 €	13,03 €	13,42 €	13,03 €	13,42 €	13,42 €	13,03 €	13,42 €	69,97 €	84,61 €	359,44 €
5	65,01 €	38,58 €	13,42 €	13,03 €	13,42 €	13,03 €	13,42 €	13,42 €	13,03 €	13,42 €	67,21 €	74,07 €	351,06 €
8	68,06 €	58,86 €	13,42 €	13,99 €	13,42 €	20,33 €	13,42 €	13,42 €	13,03 €	33,95 €	76,36 €	96,64 €	434,90 €
9	71,59 €	38,82 €	13,42 €	13,17 €	13,42 €	13,03 €	13,42 €	13,42 €	13,03 €	27,61 €	63,06 €	100,59 €	394,57 €
10	52,66 €	41,52 €	13,42 €	13,03 €	13,42 €	13,03 €	13,42 €	13,42 €	13,03 €	15,87 €	69,38 €	83,77 €	355,96 €
11	75,22 €	53,16 €	13,42 €	13,03 €	13,42 €	13,03 €	13,42 €	13,42 €	13,03 €	13,65 €	77,67 €	103,84 €	416,29 €
12	53,57 €	48,97 €	13,42 €	13,03 €	13,42 €	13,03 €	13,42 €	13,42 €	13,03 €	19,90 €	64,64 €	72,59 €	352,44 €
13	61,63 €	47,04 €	13,42 €	13,03 €	13,42 €	13,03 €	13,42 €	13,42 €	13,03 €	15,91 €	66,96 €	99,65 €	383,95 €
													4.059,26 €

Tabla 4.24-Resumen precio de la factura según PVPC

4.5.1.4. Agrupación trifásica con discriminación horaria

Nuevamente el precio de venta y compra de la energía generada y consumida respectivamente lo establece la empresa distribuidora. En este caso se han seleccionado dos tarifas con discriminación horaria, una ofertada por Energética.coop y otra ofertada por Solabria. Sus características y su factor de potencia se recogen en las tablas mostradas a continuación:

ENERGÉTICA.COOP			
Periodo	Energía(€/kWh)	Potencia(€/Kw*año)	T. potencia(MES)
P1	0,415889	17,00343	39,27 €
P2	0,379408	14,469869	33,42 €
P3	0,336846	4,866687	11,24 €
P4	0,308877	4,443414	10,26 €
P5	0,284556	3,323108	7,67 €
P6	0,272395	2,433481	5,62 €
		Precio excedente(€/kWh)	0,214025

Tabla 4.25-Tarifa Energética.Coop

SOLABRIA			
Periodo	Energía(€/kWh)	Potencia(€/Kw*año)	T. potencia(MES)
P1	0,28784	13,982509	32,29 €
P2	0,291711	11,899074	27,48 €
P3	0,229086	4,002045	9,24 €
P4	0,207951	3,653973	8,44 €
P5	0,203312	2,732707	6,31 €
P6	0,209136	2,001136	4,62 €
		Precio excedente(€/kWh)	0,15

Tabla 4.26-Tarifa SOLABRIA

Empleando estos datos y según se explicó en el apartado 4.5.1 se obtienen los precios recogidos en la *Tabla 4.27*. Muestra tanto el precio agrupado del total de las viviendas como el precio por individuo.

Energética.coop (Discriminación horaria)													
	Mes												
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Conjunto	1.120,26 €	950,86 €	131,47 €	55,98 €	23,56 €	137,95 €	78,30 €	95,11 €	115,28 €	571,19 €	1.153,72 €	1.214,15 €	5.647,81 €
Por persona	32,01 €	27,17 €	3,76 €	1,60 €	0,67 €	3,94 €	2,24 €	2,72 €	3,29 €	16,32 €	32,96 €	34,69 €	

Solabria (Discriminación horaria)													
	Mes												
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Conjunto	843,72 €	715,38 €	142,54 €	58,43 €	19,37 €	109,15 €	64,39 €	77,77 €	93,72 €	424,40 €	868,17 €	909,25 €	4.326,30 €
Por persona	24,11 €	20,44 €	4,07 €	1,67 €	0,55 €	3,12 €	1,84 €	2,22 €	2,68 €	12,13 €	24,80 €	25,98 €	

Tabla 4.27-Resumen precio de la factura acogiendo tarifas trifásicas

Una vez calculadas todas las tarifas, atendiendo a la agrupación anual total de la factura, de entre las tarifas monofásicas la más rentable resulta ser la ofertada en el mercado regulado o PVPC. Por otro lado, la tarifa trifásica más económica es la ofertada por Solabria.

Si se analizan estas en conjunto, la más económica resulta ser la tarifa PVPC seguida de la ofertada por Solabria.

4.6. ANÁLISIS TÉRMINO FIJO DE LA FACTURA

En esta sección se analizará como varía el término de potencia total anual de cada una de las tarifas con el fin de determinar la más rentable en este aspecto. Para ello se han recogido y representado estos valores en la *Tabla 4.28* y la *Fig. 4.3* y en la *Tabla 4.29* y la *Fig. 4.4* para las tarifas sin y con excedentes respectivamente. Las tres primeras tarifas de cada tabla son monofásicas, las dos últimas trifásicas.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Total Energy	282,35 €	255,02 €	282,35 €	273,24 €	282,35 €	273,24 €	282,35 €	282,35 €	273,24 €	282,35 €	273,24 €	282,35 €
One Endesa	233,53 €	210,93 €	233,53 €	225,99 €	233,53 €	225,99 €	233,53 €	233,53 €	225,99 €	233,53 €	225,99 €	233,53 €
M. Regulado	147,58 €	134,89 €	147,58 €	143,35 €	147,58 €	143,35 €	147,58 €	147,58 €	143,35 €	147,58 €	143,35 €	147,58 €
ENDESA	67,27 €	60,76 €	45,27 €	22,28 €	23,02 €	28,10 €	67,27 €	29,04 €	28,10 €	23,02 €	43,81 €	67,27 €
GESTORVA	64,43 €	58,20 €	42,44 €	19,54 €	20,19 €	25,36 €	64,43 €	26,20 €	25,36 €	20,19 €	41,07 €	64,43 €

Tabla 4.28-Término de Potencia anual tarifas sin excedentes

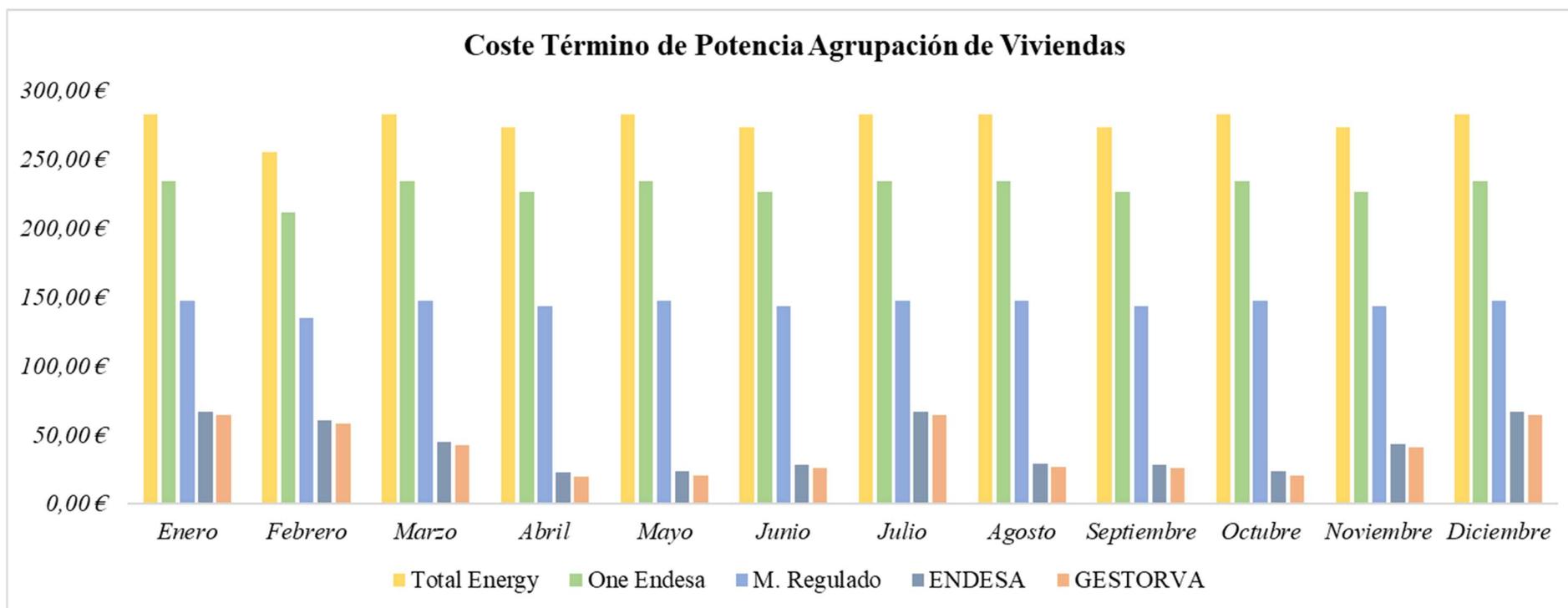


Fig. 4.3-Término de Potencia anual tarifas sin excedentes

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Endesa	232,19 €	232,19 €	232,19 €	232,19 €	232,19 €	232,19 €	232,19 €	232,19 €	232,19 €	232,19 €	232,19 €	232,19 €
Solar	193,42 €	193,42 €	193,42 €	193,42 €	193,42 €	193,42 €	193,42 €	193,42 €	193,42 €	193,42 €	193,42 €	193,42 €
PVPC	147,58 €	134,89 €	147,58 €	143,35 €	147,58 €	143,35 €	147,58 €	147,58 €	143,35 €	147,58 €	143,35 €	147,58 €
ENERGÉTICA.COOP	78,30 €	78,30 €	50,28 €	23,56 €	23,56 €	27,12 €	78,30 €	27,12 €	27,12 €	23,56 €	50,28 €	78,30 €
SOLABRIA	64,39 €	64,39 €	41,34 €	19,37 €	19,37 €	22,30 €	64,39 €	22,30 €	22,30 €	19,37 €	41,34 €	64,39 €

Tabla 4.29-Término de Potencia anual tarifas con excedentes

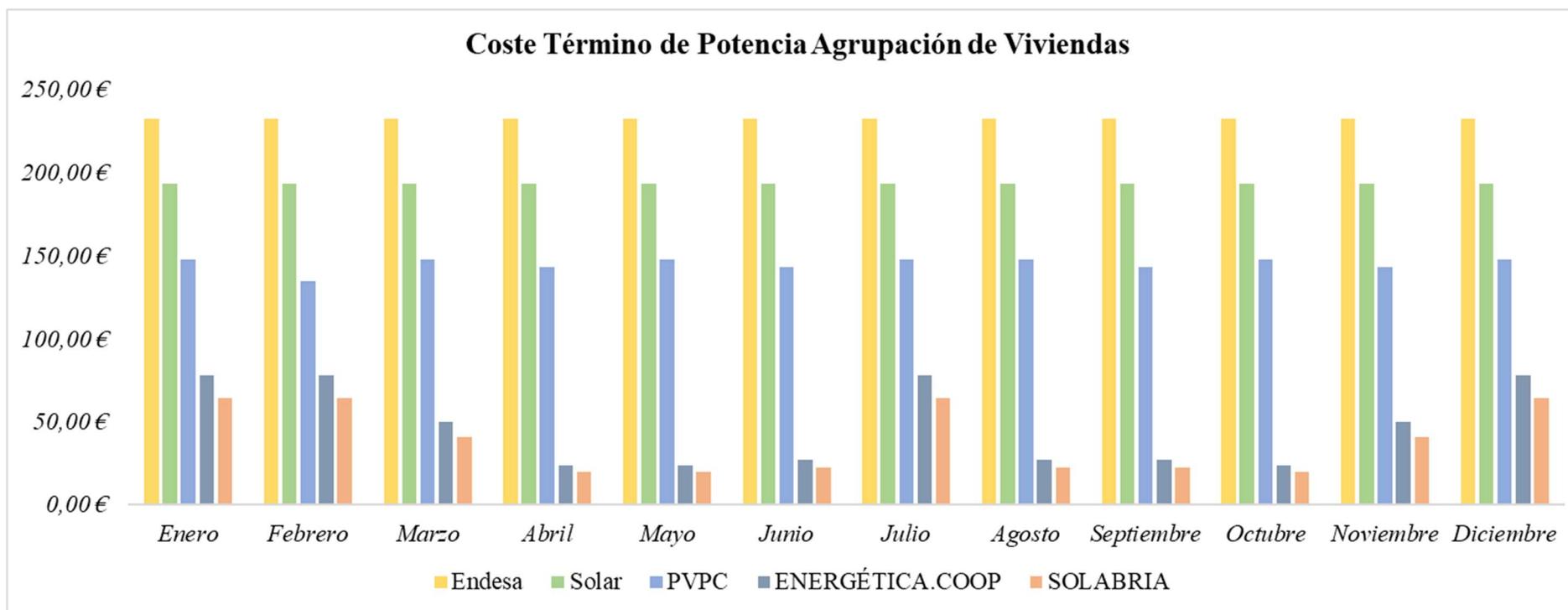


Fig. 4.4- Término de Potencia anual tarifas con excedentes

Se observa que en ambos casos el término fijo de las tarifas trifásicas es por mucho más barato que el de las monofásicas, por lo que, en este aspecto, las trifásicas resultan más rentables.

Es importante recordar que en este tipo de tarifas el precio del término fijo varía en función del mes. Cada periodo horario tiene asociado un precio de término de potencia y se emplean solo 3 de ellos para calcular el del mes correspondiente. Para ello es necesario tener en cuenta que el año se divide en cuatro temporadas, clasificadas como baja, media, media alta y alta según muestra la *Imagen 4.44*, en las que se emplean solo tres de los seis periodos horarios existentes como se recoge en la *Imagen 4.43*. Los periodos van del 1 al 6 y siendo el primero el más caro y el último el más barato. De acuerdo a esta, en la temporada baja se emplean los precios de los periodos 4, 5 y 6, en la media del 3, 4 y 6, en la media alta del 2, 3 y 6 y en la alta del 1, 2 y 6. Su coste aumenta a medida

Si se analizan por separado las que no tienen en cuenta la energía generada se ve que la más barata es la ofertada por GESTERNOVA. Para el caso en las que sí se tiene en cuenta, la más rentable es la ofertada por Solabria. Entre estas es preferible acogerse a la segunda ya que, aunque en febrero y noviembre supere a la de GESTERNOVA, el resto del año es más barata. Esta variación se debe a que el término de potencia que proporcionan las comercializadoras se da referido a días o meses. En la gráfica *Fig. 4.5* se muestra este análisis.

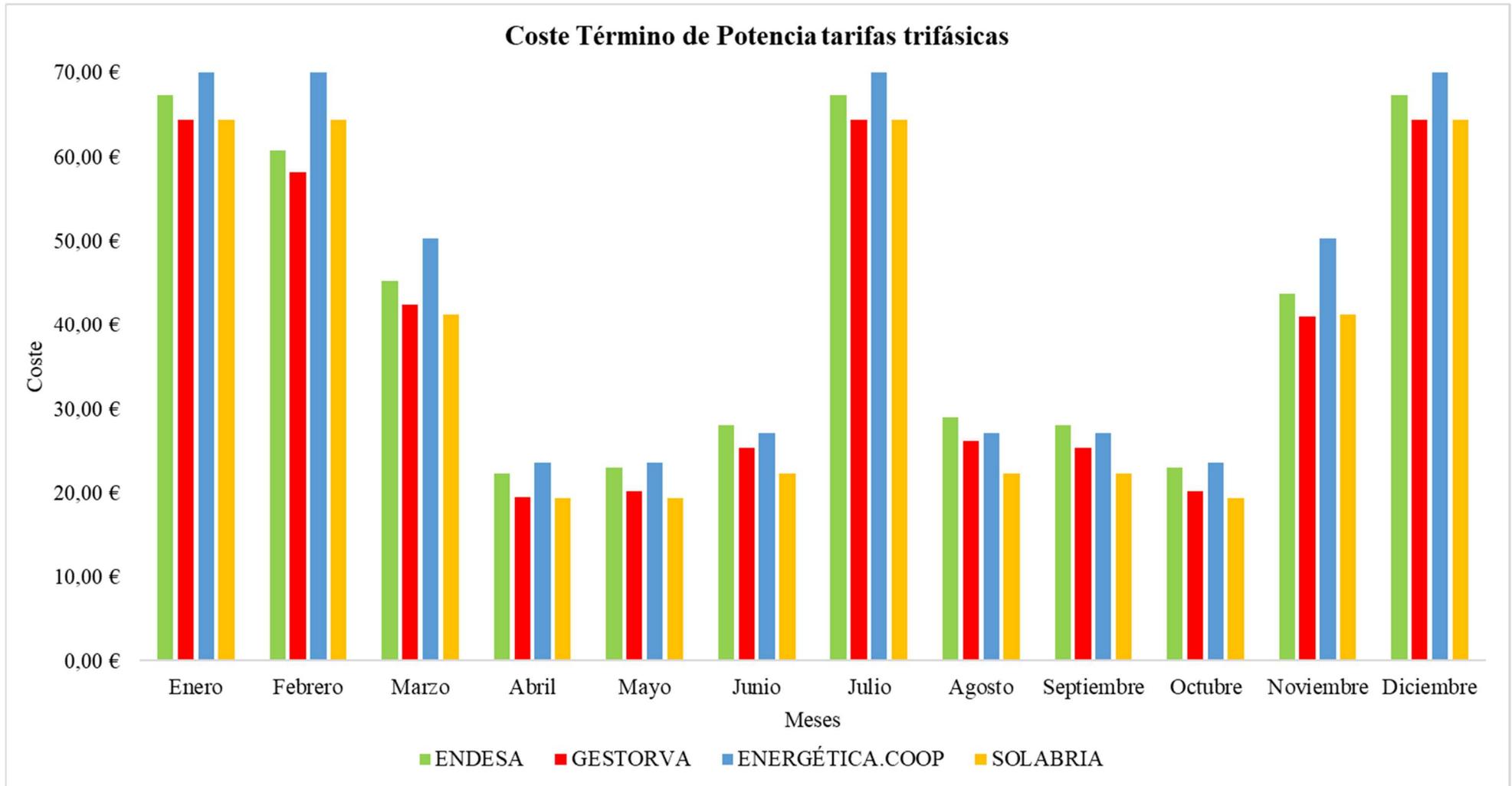


Fig. 4.5-Coste Término de Potencia tarifas trifásicas

4.7. COMPARACIÓN DE TARIFAS

En los apartados 4.4, 4.5 y 4.6 se explicó cómo se obtuvieron los precios de cada una de las tarifas con el fin de determinar cuál era la más rentable teniendo en cuenta o no la producción de energía y en función del término fijo de la factura. El objetivo de esta sección es determinar si es preferible llevar a cabo la instalación y acogerse al autoconsumo por excedentes acogido a compensación o no, así como comparar las tarifas análogas considerando o no la generación para calcular el ahorro que supone optar por una u otra.

De acuerdo a los datos previamente mostrados, se puede observar que el coste anual total de las tarifas con excedentes se reduce entorno a un 60% respecto a las que no lo tienen en cuenta. Por esto, podría afirmarse que resulta mucho más beneficioso económicamente llevar a cabo la instalación y optar por el consumo con excedentes acogido a compensación, de entre las tarifas seleccionadas la más rentable resultaba ser la ofertada en el mercado regulado

Tras esto, se determinará el ahorro mensual que suponen las tarifas con excedentes respecto a las tarifas sin ellos. Se ahorra un 61,9% optando por la monofásica con discriminación horaria, un 59,5% por la monofásica sin discriminación horaria y un 61,8% respecto a la ofertada en el mercado regulado. Los resultados se muestran en la *Tabla 4.30*, la *Tabla 4.31* y la *Tabla 4.32* respectivamente.

Como no se seleccionó una tarifa trifásica con generación sin discriminación horaria se analizará el ahorro de Energetica.Coop y Solabria frente a GESTERNOVA, de un 63,29% y un 71,88% respectivamente; y de GESTERNOVA frente a la escogida de Endesa, de únicamente un 9,28%. Se recogen los resultados obtenidos en la *Tabla 4.33*, la *Tabla 4.34* y la *Tabla 4.35*.

Una vez realizado este análisis, parece que resulta más beneficioso económicamente para los habitantes de las viviendas acogerse a la tarifa ofertada en el mercado regulado teniendo en cuenta los excedentes de producción e instalar el sistema de generación fotovoltaica correspondiente.

Tarifa con Discriminación Horaria												
Nº vivienda	Mes											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1	48,67 €	35,18 €	80,12 €	70,04 €	71,82 €	75,31 €	75,44 €	67,63 €	83,26 €	60,52 €	34,19 €	47,76 €
2	41,61 €	35,43 €	77,68 €	75,97 €	67,08 €	70,10 €	65,92 €	70,66 €	72,20 €	51,83 €	32,38 €	35,16 €
3	55,05 €	48,98 €	90,47 €	89,66 €	99,59 €	80,40 €	98,11 €	82,63 €	87,39 €	67,92 €	47,30 €	58,77 €
4	53,66 €	48,22 €	92,62 €	80,96 €	92,84 €	78,92 €	92,34 €	80,72 €	82,76 €	67,20 €	41,47 €	49,46 €
5	56,41 €	43,89 €	88,59 €	86,25 €	83,29 €	76,08 €	83,97 €	82,94 €	84,44 €	66,46 €	42,35 €	46,95 €
8	51,80 €	42,79 €	66,88 €	73,74 €	83,44 €	53,83 €	82,64 €	71,28 €	69,72 €	65,64 €	38,52 €	44,33 €
9	51,64 €	35,44 €	80,31 €	77,59 €	78,30 €	58,97 €	81,02 €	66,83 €	72,03 €	60,33 €	35,13 €	46,99 €
10	44,10 €	38,90 €	79,66 €	70,01 €	79,25 €	66,20 €	76,20 €	62,44 €	67,77 €	57,06 €	35,38 €	41,11 €
11	60,54 €	50,23 €	99,30 €	86,08 €	101,28 €	81,12 €	101,60 €	85,93 €	92,72 €	68,19 €	43,62 €	56,71 €
12	54,55 €	50,47 €	92,65 €	79,89 €	94,20 €	76,46 €	97,46 €	83,41 €	90,72 €	71,05 €	41,52 €	45,89 €
13	57,20 €	48,77 €	94,52 €	80,78 €	93,73 €	77,89 €	99,66 €	83,88 €	85,77 €	67,35 €	39,54 €	55,24 €

Tabla 4.30-Ahorro Solar Naturgy frente a One Endesa

Tarifa sin Discriminación Horaria												
Nº vivienda	Mes											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1	47,64 €	36,14 €	78,77 €	68,90 €	70,51 €	72,95 €	74,25 €	66,82 €	81,30 €	60,13 €	35,65 €	47,65 €
2	41,66 €	35,69 €	76,62 €	72,88 €	66,69 €	66,77 €	65,10 €	70,17 €	69,90 €	52,20 €	32,66 €	36,18 €
3	53,65 €	48,49 €	86,57 €	86,09 €	97,16 €	78,04 €	95,87 €	80,40 €	85,77 €	64,73 €	47,08 €	55,42 €
4	52,64 €	48,08 €	89,29 €	78,18 €	90,77 €	74,52 €	90,64 €	77,83 €	80,69 €	64,82 €	42,63 €	49,80 €
5	54,06 €	43,46 €	86,44 €	83,15 €	81,29 €	74,49 €	82,58 €	81,11 €	82,23 €	63,94 €	41,16 €	46,86 €
8	50,68 €	43,95 €	68,53 €	72,36 €	82,55 €	56,62 €	81,04 €	66,65 €	68,32 €	63,58 €	39,95 €	46,15 €
9	49,59 €	36,55 €	76,39 €	74,56 €	75,82 €	57,55 €	78,37 €	64,93 €	69,73 €	59,85 €	36,16 €	47,27 €
10	43,05 €	37,42 €	77,99 €	67,67 €	77,06 €	63,28 €	73,64 €	62,20 €	65,73 €	50,02 €	36,71 €	42,67 €
11	60,21 €	48,85 €	94,88 €	82,25 €	99,32 €	77,89 €	94,26 €	84,66 €	90,73 €	67,71 €	44,56 €	54,49 €
12	51,97 €	49,96 €	89,33 €	77,03 €	91,90 €	74,10 €	94,16 €	81,81 €	84,08 €	69,32 €	40,73 €	45,28 €
13	55,19 €	48,49 €	92,73 €	78,09 €	91,66 €	75,19 €	94,97 €	82,08 €	83,62 €	66,90 €	40,75 €	54,89 €

Tabla 4.31-Ahorro Solar Simply frente a Total Energy

Mercado Regulado												
Nº vivienda	Mes											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1	39,92 €	36,08 €	88,55 €	48,41 €	50,08 €	50,12 €	39,99 €	39,36 €	46,72 €	42,33 €	17,11 €	25,67 €
2	34,67 €	33,31 €	86,48 €	57,59 €	46,92 €	45,73 €	36,02 €	42,05 €	38,31 €	37,35 €	14,53 €	17,75 €
3	38,73 €	39,55 €	102,80 €	81,20 €	72,00 €	63,31 €	53,34 €	54,36 €	55,39 €	50,74 €	14,26 €	27,64 €
4	41,11 €	39,33 €	113,37 €	59,94 €	67,31 €	53,02 €	49,79 €	48,99 €	47,03 €	49,71 €	16,12 €	26,64 €
5	39,78 €	40,65 €	98,49 €	74,47 €	58,78 €	56,17 €	45,07 €	57,31 €	50,00 €	47,48 €	16,37 €	25,85 €
8	35,32 €	32,29 €	108,54 €	71,44 €	70,07 €	54,29 €	57,58 €	63,68 €	52,90 €	40,45 €	16,13 €	23,21 €
9	28,86 €	31,25 €	102,37 €	72,60 €	56,50 €	43,45 €	52,01 €	46,75 €	49,12 €	37,93 €	12,59 €	21,57 €
10	30,94 €	31,33 €	100,87 €	59,48 €	55,02 €	48,91 €	42,82 €	40,08 €	43,31 €	40,78 €	11,18 €	18,70 €
11	38,31 €	38,96 €	139,11 €	69,00 €	72,31 €	63,20 €	55,78 €	59,20 €	61,80 €	54,60 €	15,32 €	25,45 €
12	40,56 €	42,54 €	106,09 €	60,07 €	68,43 €	52,47 €	53,55 €	54,85 €	54,26 €	50,89 €	16,82 €	24,41 €
13	39,53 €	40,32 €	126,81 €	63,93 €	69,35 €	57,01 €	55,83 €	57,50 €	51,12 €	54,38 €	16,76 €	24,62 €

Tabla 4.32-Ahorro tarifas con excedentes frente a tarifas sin excedentes en el mercado regulado

Ahorro Energetica.Coop frente Gestorva												
	Mes											
Nº vivienda	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Conjunto	189,11 €	186,26 €	1.070,61 €	976,75 €	1.001,78 €	919,32 €	1.096,34 €	995,95 €	1.061,92 €	614,24 €	85,99 €	113,98 €
Por persona	5,40 €	5,32 €	30,59 €	27,91 €	28,62 €	26,27 €	31,32 €	28,46 €	30,34 €	17,55 €	2,46 €	3,26 €

Tabla 4.33-Ahorro Energetica.Coop frente GESTERNOVA

Ahorro Solabria frente a Gestorva												
	Mes											
Nº vivienda	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Conjunto	465,65 €	421,74 €	1.059,54 €	974,29 €	1.005,96 €	948,12 €	1.110,26 €	1.013,29 €	1.083,49 €	761,03 €	371,53 €	418,88 €
Por persona	13,30 €	12,05 €	30,27 €	27,84 €	28,74 €	27,09 €	31,72 €	28,95 €	30,96 €	21,74 €	10,62 €	11,97 €

Tabla 4.34- Ahorro Solabria frente GESTERNOVA

Ahorro Gestorva frente a Endesa												
	Mes											
Nº vivienda	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Conjunto	120,37 €	99,25 €	95,12 €	156,69 €	160,19 €	92,69 €	109,49 €	91,93 €	98,43 €	183,16 €	101,24 €	120,22 €
Por persona	3,44 €	2,84 €	2,72 €	4,48 €	4,58 €	2,65 €	3,13 €	2,63 €	2,81 €	5,23 €	2,89 €	3,43 €

Tabla 4.35- Ahorro GESTERNOVA frente Endesa

5. Conclusiones y futuras mejoras

A lo largo de este documento se han desarrollado una serie de apartados que han permitido determinar que tarifa e instalación de las planteadas es la más rentable.

Una vez comentada la normativa que afecta a las instalaciones solares fotovoltaicas en viviendas unifamiliares y urbanizaciones vigente en la actualidad, se presentaron las características de las viviendas de la urbanización estudiada que hubo que tener en cuenta para determinar su consumo.

Una vez hecho esto, se diseñaron y estudiaron una serie de instalaciones fotovoltaicas. Mediante una serie de estimadores financieros se determinó la viabilidad económica de cada una de ellas para, por último, seleccionar las dos de mayor rentabilidad y producción.

A continuación, se seleccionaron una serie de tarifas eléctricas lo más variadas posibles (monofásicas en el mercado libre y el mercado regulado, trifásicas con y sin discriminación horaria...) para determinar el coste de la factura eléctrica de cada una de las viviendas. Se supusieron dos casos distintos, uno en el que las viviendas no disponían de paneles solares que cubriesen parte de ese consumo eléctrico y otro en el que era compensado por la energía generada. Tras comparar tanto el conjunto de la factura como el término fijo de la misma, se observó que a los ocupantes de las viviendas les resulta más beneficioso económicamente llevar a cabo la instalación fotovoltaica correspondiente y acogerse a la tarifa con excedentes ofertada en el mercado regulado.

Para mejorar este proyecto podrían dimensionarse un sistema de almacenamiento de energía (por ejemplo de baterías de ion-litio) que almacene los excedentes de producción que no fuesen consumidos utilizándolos cuando fuese necesario, lo que permitiría aumentar la rentabilidad de la instalación.

6. Bibliografía

- [1] «Home - System Advisor Model - SAM.» <https://sam.nrel.gov/> (accedido 21 de mayo de 2023).
- [2] «EL VAN Y LA TIR: INDICADORES FINANCIEROS PARA EVALUAR LA RENTABILIDAD Y VIABILIDAD DE UN PROYECTO». https://es.linkedin.com/pulse/el-van-y-la-tir-indicadores-financieros-para-evaluar-viabilidad-faur?trk=pulse-article_more-articles_related-content-card (accedido 31 de diciembre de 2022).
- [3] «Ejemplo de VAN | Yirepa». <https://yirepa.es/ejemplo-van-desarrollo-formula.html> (accedido 31 de diciembre de 2022).
- [4] «LCOE, costo de electricidad nivelado también conocido como LEC, costo de energía nivelado - Conocimiento - DS New Energy». <https://www.dsisolar.com/info/lcoe-levelized-cost-of-electricity-also-know-33965670.html> (accedido 31 de diciembre de 2022).
- [5] Blanco Cristian, «Análisis Económico de la Instalación», en *DISEÑO, VERIFICACIÓN Y CERTIFICACIÓN DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS INDUSTRIALES*, 2022.
- [6] P. Khetrapal, «Distributed generation: A critical review of technologies, grid integration issues, growth drivers and potential benefits», *International Journal of Renewable Energy Development*, vol. 9, n.º 2. Diponegoro university Indonesia - Center of Biomass and Renewable Energy (CBIORÉ), pp. 189-205, 1 de julio de 2020. doi: 10.14710/ijred.9.2.189-205.
- [7] Irena, «Renewable Power Generation Costs in 2014-References». [En línea]. Disponible en: www.extension.org/pages/70339/cost-factors-in-harvesting-and-transporting-woody-biomass#.
- [8] «Renewable energy roadmaps». <https://www.irena.org/Energy-Transition/Outlook/Renewable-energy-roadmaps> (accedido 28 de mayo de 2023).
- [9] «Distributed Energy Resources for Resilience | Department of Energy». <https://www.energy.gov/femp/distributed-energy-resources-resilience> (accedido 28 de mayo de 2023).

- [10] «Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico - Estadísticas Eléctricas Mensuales». <https://energia.gob.es/balances/Publicaciones/ElectricasMensuales/Paginas/ElectricasMensuales.aspx> (accedido 4 de junio de 2023).
- [11] «Inicio - Asociación Empresarial Eólica». <https://aeolica.org/> (accedido 4 de junio de 2023).
- [12] «España es el país con mayor penetración fotovoltaica del mundo y líder en potencia instalada en Europa en 2022 – pv magazine España», Accedido: 4 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.pv-magazine.es/2023/04/24/espana-es-el-pais-con-mayor-penetracion-fotovoltaica-del-mundo-y-lider-en-potencia-instalada-en-europa-en-2022/>
- [13] REE, «Informe del sistema eléctrico español 2021», 2021.
- [14] «Objetivo 55 - El plan de la UE para la transición ecológica - Consilium». <https://www.consilium.europa.eu/es/policias/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/> (accedido 4 de junio de 2023).
- [15] «EU Emissions Trading System (EU ETS)». https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets_en (accedido 4 de junio de 2023).
- [16] «La eficiencia energética | Fichas temáticas sobre la Unión Europea | Parlamento Europeo». <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/es/sheet/69/la-eficiencia-energetica> (accedido 4 de junio de 2023).
- [17] «BOE.es - DOUE-L-2023-80570 Reglamento (UE) 2023/851 del Parlamento Europeo y del Consejo de 19 de abril de 2023 por el que se modifica el Reglamento (UE) 2019/631 en lo que respecta al refuerzo de las normas de comportamiento en materia de emisiones de CO2 de los turismos nuevos y de los vehículos comerciales ligeros nuevos, en consonancia con la mayor ambición climática de la Unión.» <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2023-80570> (accedido 4 de junio de 2023).
- [18] «Renewable Energy – Recast to 2030 (RED II)». https://joint-research-centre.ec.europa.eu/welcome-jec-website/reference-regulatory-framework/renewable-energy-recast-2030-red-ii_en (accedido 4 de junio de 2023).

- [19] «El momento de la energía solar | Fondos europeos. La guía | EL PAÍS». <https://elpais.com/economia/fondos-europeos-la-guia/2022-05-25/el-momento-de-la-energia-solar.html> (accedido 4 de junio de 2023).
- [20] E. Gallego Chica, «Evolución del Marco Normativo sobre Instalaciones Fotovoltaicas. Rentabilizar el Autoconsumo», Tarragona, 2015.
- [21] J. Novella Tomás, «Autoconsumo compartido como vía para la integración de generación fotovoltaica en edificios de viviendas», Gijón, feb. 2023.
- [22] «BOE-A-1997-25340 Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico.» <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1997-25340> (accedido 22 de mayo de 2023).
- [23] «Productores del régimen especial - Holaluz». <https://www.holaluz.com/blog/productores-del-regimen-especial-los-otros/> (accedido 21 de mayo de 2023).
- [24] «REAL DECRETO 2818/1998 - Asinec». <https://asinec.org/normativas/real-decreto-28181998-2/> (accedido 21 de mayo de 2023).
- [25] «Real Decreto 2818/1998, de 23 de diciembre, sobre producción de energía eléctrica por Instalaciones abastecidas por Recursos o fuentes de energía renovables, residuos y cogeneración (Disposició derogada) | MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGÍA | Legislació | Cercador d'Informació i Documentació Oficials (CIDO) - Diputació de Barcelona». <https://cido.diba.cat/legislacio/533863/real-decreto-28181998-de-23-de-diciembre-sobre-produccion-de-energia-electrica-por-instalaciones-abastecidas-por-recursos-o-fuentes-de-energia-renovables-residuos-y-cogeneracion-ministerio-de-industria-y-energia> (accedido 21 de mayo de 2023).
- [26] «BOE-A-2000-17599 Real Decreto 1663/2000, de 29 de septiembre, sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión.» <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2000-17599> (accedido 22 de mayo de 2023).
- [27] «BOE-A-2000-24019 Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.»

- <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2000-24019> (accedido 22 de mayo de 2023).
- [28] «BOE-A-2000-17599 Real Decreto 1663/2000, de 29 de septiembre, sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión.» <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2000-17599> (accedido 22 de mayo de 2023).
- [29] «RD 436/2004, 12 marzo- Metodología para Actualización y Sistematización del Régimen Jurídico y Económico de la Actividad de Producción de Energía Eléctrica en Régimen Especial.» <https://www.sepin.es/cronus4plus/documento/VerDoc.asp?referencia=SP/LEG/6152> (accedido 21 de mayo de 2023).
- [30] «Modifica el procedimiento de resolución de restricciones técnicas y otras normas.. - FENERCOM.» <https://www.fenercom.com/normativas/modifica-el-procedimiento-de-resolucion-de-restricciones-tecnicas-y-otras-normas/> (accedido 21 de mayo de 2023).
- [31] «BOE-A-2011-8910 Real Decreto 647/2011, de 9 de mayo, por el que se regula la actividad de gestor de cargas del sistema para la realización de servicios de recarga energética.» <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2011-8910> (accedido 22 de mayo de 2023).
- [32] «BOE-A-2011-19242 Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.» <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2011-19242> (accedido 22 de mayo de 2023).
- [33] «BOE-A-2012-1310 Real Decreto-ley 1/2012, de 27 de enero, por el que se procede a la suspensión de los procedimientos de preasignación de retribución y a la supresión de los incentivos económicos para nuevas instalaciones de producción de energía eléctrica a partir de cogeneración, fuentes de energía renovables y residuos.» <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2012-1310> (accedido 22 de mayo de 2023).
- [34] C. A. De, M. Estupiñan, y E. E. Vargas Guevara, «Cogeneración solar utilizada para procesos en la industria alimentaria», *Revista Kawsaypacha: Sociedad y*

- Medio Ambiente*, vol. 3, n.º 3, pp. 139-172, jun. 2019, doi: 10.18800/KAWSAYPACHA.201901.006.
- [35] «BOE-A-2018-13593 Real Decreto-ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores.» <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2018-13593> (accedido 22 de mayo de 2023).
- [36] «Adiós al impuesto al sol: comienza la era del autoconsumo eléctrico.» <https://selectra.es/autoconsumo/info/normativa/impuesto-sol> (accedido 22 de mayo de 2023).
- [37] «RD 244/2019: Normativa para autoconsumo en España.» <https://selectra.es/autoconsumo/info/normativa> (accedido 22 de mayo de 2023).
- [38] «BOE-A-2019-5089 Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.» <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2019-5089> (accedido 23 de mayo de 2023).
- [39] P. García, «Jornadas Almacenamiento de Energía», Gijón, nov. 2021.
- [40] V. Z. Gjorgievski, S. Cundeve, y G. E. Georghiou, «Social arrangements, technical designs and impacts of energy communities: A review», *Renewable Energy*, vol. 169. Elsevier Ltd, pp. 1138-1156, 1 de mayo de 2021. doi: 10.1016/j.renene.2021.01.078.
- [41] «SolBrick - Instaladores de Placas Solares para Autoconsumo.» <https://solbrick.com/> (accedido 21 de mayo de 2023).
- [42] «BOE-A-2022-22685 Real Decreto-ley 20/2022, de 27 de diciembre, de medidas de respuesta a las consecuencias económicas y sociales de la Guerra de Ucrania y de apoyo a la reconstrucción de la isla de La Palma y a otras situaciones de vulnerabilidad.» <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2022-22685> (accedido 30 de mayo de 2023).
- [43] «BOE-A-2021-18706 Orden TED/1247/2021, de 15 de noviembre, por la que se modifica, para la implementación de coeficientes de reparto variables en autoconsumo colectivo, el anexo I del Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del

- autoconsumo de energía eléctrica.» <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2021-18706> (accedido 23 de mayo de 2023).
- [44] «Qué son los coeficientes de reparto dinámico en autoconsumo compartido». <https://www.cambioenergetico.com/blog/coeficientes-reparto-dinamicos/> (accedido 21 de mayo de 2023).
- [45] «Autoconsumo colectivo. Orden TED/1247/2021 - Noticias de Carácter Profesional - COIIAS». <https://www.coiias.es/noticias-caracter-profesional/autoconsumo-colectivo-orden-ted-1247-2021> (accedido 23 de mayo de 2023).
- [46] «Comunidades Energéticas | Idae». <https://www.idae.es/ayudas-y-financiacion/comunidades-energeticas> (accedido 30 de mayo de 2023).
- [47] «Cómo llevar a cabo una instalación fotovoltaica en una comunidad de vecinos – pv magazine España». <https://www.pv-magazine.es/2023/02/06/como-llevar-a-cabo-una-instalacion-fotovoltaica-en-una-comunidad-de-vecinos/> (accedido 21 de mayo de 2023).
- [48] J. Barton, M. Thomson, P. Sandwell, y A. Mellor, «A Domestic Demand Model for India», pp. 743-753, 2020, doi: 10.1007/978-981-15-2666-4_70.
- [49] «Resúmenes climatológicos - Página 4: Principado de Asturias - C. Autónomas - Agencia Estatal de Meteorología - AEMET. Gobierno de España».
- [50] MITECO Agencia Estatal De Meteorología, «Avance Climatológico Asturias Marzo 2019», 2019.
- [51] MITECO Agencia Estatal de Meteorología, «Avance Climatológico Asturias Junio 2019», 2019.
- [52] «Factura de luz 2023: Calcular y Entender tu recibo». <https://selectra.es/energia/info/que-es/factura-luz> (accedido 23 de abril de 2023).
- [53] «¿Qué es la tarifa eléctrica? Datos y características». <https://www.fundacionendesa.org/es/educacion/endesa-educa/recursos/tarifa-electrica> (accedido 23 de abril de 2023).
- [54] «Precio de la luz hoy hora a hora | Diciembre 2022». <https://energia.roams.es/luz/precio-luz-horas/> (accedido 31 de diciembre de 2022).

- [55] «¿Cómo se determina el precio de la electricidad en España?»
<https://www.certificadosenergeticos.com/como-se-determina-el-precio-de-la-electricidad-en-espana> (accedido 29 de abril de 2023).
- [56] «Mercado libre o mercado regulado para la luz | Endesa».
<https://www.endesa.com/es/la-cara-e/sector-energetico/mercado-libre-mercado-regulado-pvpc> (accedido 29 de abril de 2023).
- [57] «Tarifa regulada de la luz: ¿qué es la PVPC y cómo contratar? Requisitos».
<https://selectra.es/energia/info/que-es/pvpc> (accedido 30 de abril de 2023).
- [58] «Compensación simplificada de excedentes: ¿qué es y cómo funciona?»
<https://tarifasgasluz.com/autoconsumo/normativa/compensacion-de-excedentes>
(accedido 17 de mayo de 2023).
- [59] «¿Qué tarifa elegir para la compensación de excedentes de autoconsumo?»
<https://www.cambioenergetico.com/blog/tarifa-autoconsumo-excedentes/>
(accedido 17 de mayo de 2023).
- [60] «e-sios | Red Eléctrica». <https://www.ree.es/es/actividades/operacion-del-sistema-electrico/e-sios> (accedido 1 de mayo de 2023).
- [61] «PVPC | ESIOS electricidad · datos · transparencia».
<https://www.esios.ree.es/es/pvpc#> (accedido 1 de mayo de 2023).

Apéndices



HiKu

HIGH POWER MONO PERC MODULE

370W~390W

CS3L-370 | 375 | 380 | 385 | 390MS

MORE POWER

-  26 % higher power than conventional modules
-  Up to 4.5 % lower LCOE
Up to 2.7 % lower system cost
-  41°C Low NMOT: 41 ± 3 °C
Low temperature coefficient (Pmax):
-0.34 % / °C
-  Better shading tolerance

MORE RELIABLE

-  Lower internal current,
lower hot spot temperature
-  Minimizes micro-crack impacts
-  Heavy snow load up to 5400 Pa,
wind load up to 3600 Pa*

*Black frame product can be provided upon request.

12
Years **Enhanced Product Warranty on Materials and Workmanship***

25
Years **Linear Power Performance Warranty***

1st year power degradation no more than 2%
Subsequent years: annual power degradation no more than 0.55%

*According to the applicable Canadian Solar Limited Warranty Statement.

MANAGEMENT SYSTEM CERTIFICATES*

ISO 9001:2015 / Quality management system
ISO 14001:2015 / Standards for environmental management system
ISO 45001: 2018 / International standards for occupational health & safety

PRODUCT CERTIFICATES*

IEC 61215 / IEC 61730 / CE / MCS / INMETRO / UKCA
UL 61730 / IEC 61701 / IEC 62716
UNI 9177 Reaction to Fire: Class 1 / Take-e-way



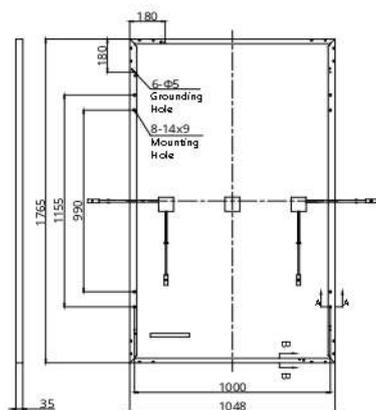
* The specific certificates applicable to different module types and markets will vary, and therefore not all of the certifications listed herein will simultaneously apply to the products you order or use. Please contact your local Canadian Solar sales representative to confirm the specific certificates available for your product and applicable in the regions in which the products will be used.

CSI Solar Co., Ltd. is committed to providing high quality solar photovoltaic modules, solar energy and battery storage solutions to customers. The company was recognized as the No. 1 module supplier for quality and performance/price ratio in the IHS Module Customer Insight Survey. Over the past 20 years, it has successfully delivered over 70 GW of premium-quality solar modules across the world.

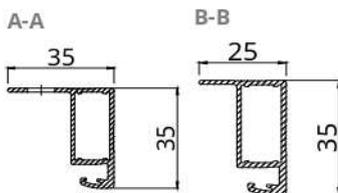
* For detailed information, please refer to Installation Manual.

ENGINEERING DRAWING (mm)

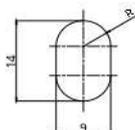
Rear View



Frame Cross Section



Mounting Hole



Length: ±2mm Width: ±2mm
Height: ±1mm

ELECTRICAL DATA | STC*

CS3L	370MS	375MS	380MS	385MS	390MS
Nominal Max. Power (Pmax)	370 W	375 W	380 W	385 W	390 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	34.1 V	34.3 V	34.5 V	34.7 V	34.9 V
Opt. Operating Current (Imp)	10.86 A	10.94 A	11.02 A	11.10 A	11.18 A
Open Circuit Voltage (Voc)	40.8 V	41.0 V	41.2 V	41.4 V	41.6 V
Short Circuit Current (Isc)	11.54 A	11.61 A	11.68 A	11.75 A	11.82 A
Module Efficiency	20.0%	20.3%	20.5%	20.8%	21.1%
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C				
Max. System Voltage	1500V (IEC/UL) or 1000V (IEC/UL)				
Module Fire Performance	TYPE 1 (UL 61730 1500V) or TYPE 2 (UL 61730 1000V) or CLASS C (IEC 61730)				
Max. Series Fuse Rating	20 A				
Application Classification	Class A				
Power Tolerance	0 ~ + 10 W				

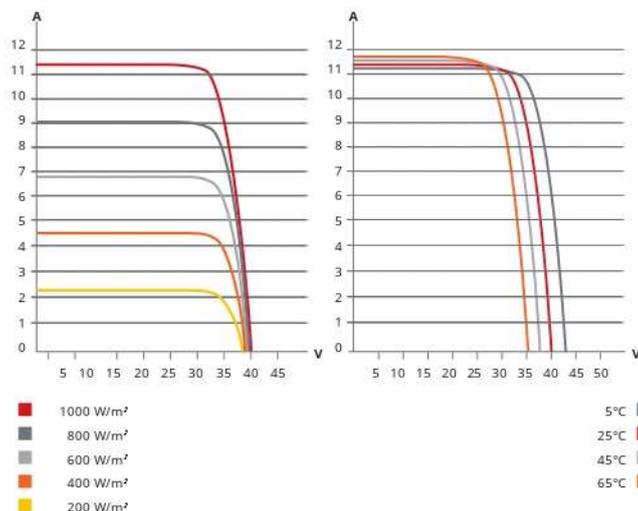
* Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance of 1000 W/m², spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C.

ELECTRICAL DATA | NMOT*

CS3L	370MS	375MS	380MS	385MS	390MS
Nominal Max. Power (Pmax)	278 W	281 W	285 W	289 W	293 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	32.0 V	32.2 V	32.3 V	32.5 V	32.7 V
Opt. Operating Current (Imp)	8.68 A	8.75 A	8.81 A	8.88 A	8.94 A
Open Circuit Voltage (Voc)	38.6 V	38.8 V	38.9 V	39.1 V	39.3 V
Short Circuit Current (Isc)	9.31 A	9.36 A	9.42 A	9.47 A	9.53 A

* Under Nominal Module Operating Temperature (NMOT), irradiance of 800 W/m² spectrum AM 1.5, ambient temperature 20°C, wind speed 1 m/s.

CS3L-380MS / I-V CURVES



MECHANICAL DATA

Specification	Data
Cell Type	Mono-crystalline
Cell Arrangement	120 [2 X (10 X 6)]
Dimensions	1765 X 1048 X 35 mm (69.5 X 41.3 X 1.38 in)
Weight	20.5 kg (45.2 lbs)
Front Cover	3.2 mm tempered glass with anti-reflective coating
Frame	Anodized aluminium alloy
J-Box	IP68, 3 bypass diodes
Cable	4.0 mm ² (IEC), 12 AWG (UL)
Cable Length (Including Connector)	Portrait: 500 mm (19.7 in) (+) / 350 mm (13.8 in) (-); landscape: 1250 mm (49.2 in)*
Connector	T6 or T4 series or MC4-EVO2 or MC4-EVO2A
Per Pallet	30 pieces
Per Container (40' HQ)	780 pieces

* For detailed information, please contact your local Canadian Solar sales and technical representatives.

TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Specification	Data
Temperature Coefficient (Pmax)	-0.34 % / °C
Temperature Coefficient (Voc)	-0.26 % / °C
Temperature Coefficient (Isc)	0.05 % / °C
Nominal Module Operating Temperature	41 ± 3°C

PARTNER SECTION



* The specifications and key features contained in this datasheet may deviate slightly from our actual products due to the on-going innovation and product enhancement. CSI Solar Co., Ltd. reserves the right to make necessary adjustment to the information described herein at any time without further notice.

Please be kindly advised that PV modules should be handled and installed by qualified people who have professional skills and please carefully read the safety and installation instructions before using our PV modules.

CSI Solar Co., Ltd.

199 Lushan Road, SND, Suzhou, Jiangsu, China, 215129, www.csisolar.com, support@csisolar.com



HiKu Mono PERC

400 W ~ 425 W

CS3N-400 | 405 | 410 | 415 | 420 | 425MS

MORE POWER

- Module power up to 425 W
Module efficiency up to 20.9 %
- Lower LCOE & BOS cost
- Comprehensive LID / LeTID mitigation technology, up to 50% lower degradation
- Better shading tolerance

MORE RELIABLE

- Minimizes micro-crack impacts
- Heavy snow load up to 5400 Pa, enhanced wind load up to 2400 Pa*

*Black frame product can be provided upon request.

12 Years Enhanced Product Warranty on Materials and Workmanship*

25 Years Linear Power Performance Warranty*

1st year power degradation no more than 2%
Subsequent annual power degradation no more than 0.55%

*According to the applicable Canadian Solar Limited Warranty Statement.

MANAGEMENT SYSTEM CERTIFICATES*

ISO 9001: 2015 / Quality management system
ISO 14001: 2015 / Standards for environmental management system
ISO 45001: 2018 / International standards for occupational health & safety

PRODUCT CERTIFICATES*

IEC 61215 / IEC 61730 / CE / MCS / UKCA
FSEC (US Florida)
UL 61730 / IEC 61701 / IEC 62716
UNI 9177 Reaction to Fire: Class 1 / Take-e-way

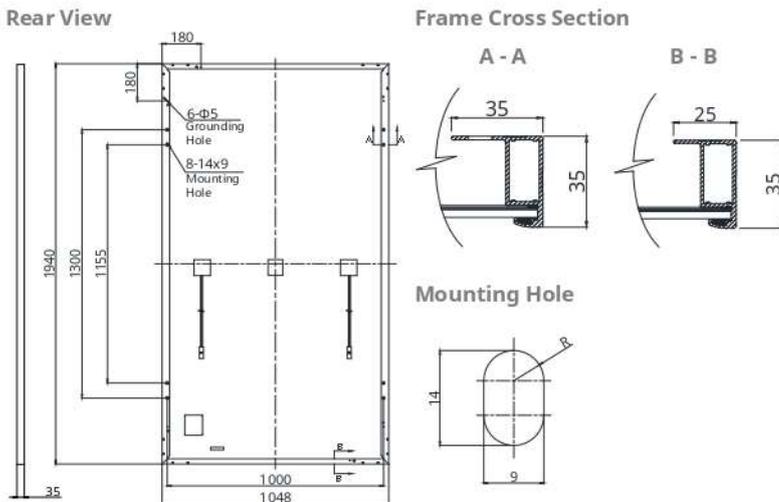


* The specific certificates applicable to different module types and markets will vary, and therefore not all of the certifications listed herein will simultaneously apply to the products you order or use. Please contact your local Canadian Solar sales representative to confirm the specific certificates available for your Product and applicable in the regions in which the products will be used.

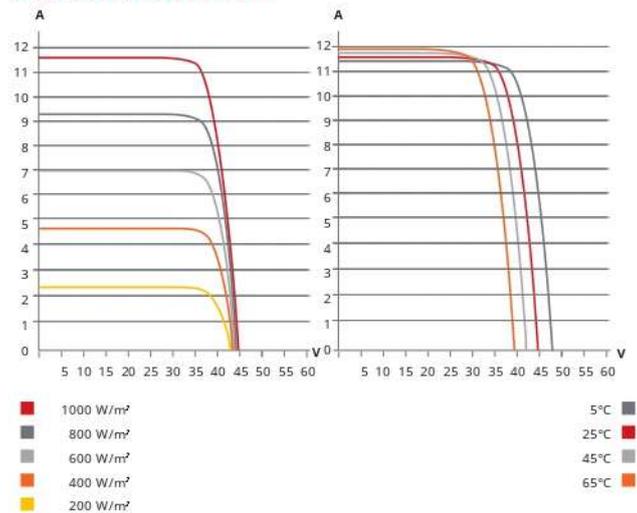
CSI Solar Co., Ltd. is committed to providing high quality solar products, solar system solutions and services to customers around the world. Canadian Solar was recognized as the No. 1 module supplier for quality and performance/price ratio in the IHS Module Customer Insight Survey, and is a leading PV project developer and manufacturer of solar modules, with over 63 GW deployed around the world since 2001.

* For detailed information, please refer to the Installation Manual.

ENGINEERING DRAWING (mm)



CS3N-410MS / I-V CURVES



ELECTRICAL DATA | STC*

CS3N	400MS	405MS	410MS	415MS	420MS	425MS
Nominal Max. Power (Pmax)	400 W	405 W	410 W	415 W	420 W	425 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	37.2 V	37.4 V	37.6 V	37.8 V	38.0 V	38.2 V
Opt. Operating Current (Imp)	10.76 A	10.83 A	10.92 A	10.98 A	11.06 A	11.13 A
Open Circuit Voltage (Voc)	44.5 V	44.7 V	44.9 V	45.1 V	45.3 V	45.5 V
Short Circuit Current (Isc)	11.50 A	11.56 A	11.62 A	11.68 A	11.74 A	11.80 A
Module Efficiency	19.7%	19.9%	20.2%	20.4%	20.7%	20.9%
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C					
Max. System Voltage	1500V (IEC/UL) or 1000V (IEC/UL)					
Module Fire Performance	TYPE 1 (UL 61730 1500V) or TYPE 2 (UL 61730 1000V) or CLASS C (IEC 61730)					
Max. Series Fuse Rating	20 A					
Application Classification	Class A					
Power Tolerance	0 ~ + 10 W					

* Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance of 1000 W/m², spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C.

ELECTRICAL DATA | NMOT*

CS3N	400MS	405MS	410MS	415MS	420MS	425MS
Nominal Max. Power (Pmax)	300 W	304 W	308 W	311 W	315 W	319 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	34.9 V	35.1 V	35.2 V	35.4 V	35.6 V	35.8 V
Opt. Operating Current (Imp)	8.60 A	8.66 A	8.73 A	8.78 A	8.84 A	8.90 A
Open Circuit Voltage (Voc)	42.1 V	42.3 V	42.4 V	42.6 V	42.8 V	43.0 V
Short Circuit Current (Isc)	9.27 A	9.32 A	9.37 A	9.42 A	9.47 A	9.51 A

* Under Nominal Module Operating Temperature (NMOT), irradiance of 800 W/m² spectrum AM 1.5, ambient temperature 20°C, wind speed 1 m/s.

MECHANICAL DATA

Specification	Data
Cell Type	Mono-crystalline
Cell Arrangement	132 [2 X (11 X 6)]
Dimensions	1940 X 1048 X 35 mm (76.4 X 41.3 X 1.38 in)
Weight	22.5 kg (49.6 lbs)
Front Cover	3.2 mm tempered glass
Frame	Anodized aluminium alloy
J-Box	IP68, 3 bypass diodes
Cable	4 mm ² (IEC), 12 AWG (UL)
Cable Length (Including Connector)	Portrait: 400 mm (15.7 in) (+) / 280 mm (11.0 in) (-); landscape: 1250 mm (49.2 in)*
Connector	T4 series, MC4 or MC4-EVO2
Per Pallet	30 pieces
Per Container (40' HQ)	720 pieces

* For detailed information, please contact your local Canadian Solar sales and technical representatives.

TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Specification	Data
Temperature Coefficient (Pmax)	-0.34 % / °C
Temperature Coefficient (Voc)	-0.26 % / °C
Temperature Coefficient (Isc)	0.05 % / °C
Nominal Module Operating Temperature	41 ± 3°C

PARTNER SECTION



* The specifications and key features contained in this datasheet may deviate slightly from our actual products due to the on-going innovation and product enhancement. CSI Solar Co., Ltd. reserves the right to make necessary adjustment to the information described herein at any time without further notice.

Please be kindly advised that PV modules should be handled and installed by qualified people who have professional skills and please carefully read the safety and installation instructions before using our PV modules.

CSI Solar Co., Ltd.

199 Lushan Road, SND, Suzhou, Jiangsu, China, 215129, www.csisolar.com, support@csisolar.com



HiKu6 Mono PERC

530 W ~ 555 W

CS6W-530 | 535 | 540 | 545 | 550 | 555MS

MORE POWER



Module power up to 555 W
Module efficiency up to 21.6 %



Up to 4.5 % lower LCOE
Up to 5.6 % lower system cost



Comprehensive LID / LeTID mitigation technology, up to 50% lower degradation



Compatible with mainstream trackers, cost effective product for utility power plant



Better shading tolerance

MORE RELIABLE



Minimizes micro-crack impacts



Heavy snow load up to 5400 Pa, wind load up to 2400 Pa*



Enhanced Product Warranty on Materials and Workmanship*



Linear Power Performance Warranty*

1st year power degradation no more than 2%
Subsequent annual power degradation no more than 0.55%

*According to the applicable Canadian Solar Limited Warranty Statement.

MANAGEMENT SYSTEM CERTIFICATES*

ISO 9001:2015 / Quality management system
ISO 14001:2015 / Standards for environmental management system
ISO 45001: 2018 / International standards for occupational health & safety

PRODUCT CERTIFICATES*

IEC 61215 / IEC 61730 / CE / INMETRO / MCS / UKCA
CEC listed (US California) / FSEC (US Florida)
UL 61730 / IEC 61701 / IEC 62716 / IEC 60068-2-68
UNI 9177 Reaction to Fire: Class 1 / Take-e-way



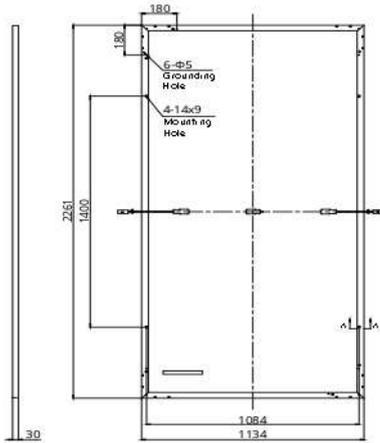
* The specific certificates applicable to different module types and markets will vary, and therefore not all of the certifications listed herein will simultaneously apply to the products you order or use. Please contact your local Canadian Solar sales representative to confirm the specific certificates available for your Product and applicable in the regions in which the products will be used.

CSI Solar Co., Ltd. is committed to providing high quality solar photovoltaic modules, solar energy and battery storage solutions to customers. The company was recognized as the No. 1 module supplier for quality and performance/price ratio in the IHS Module Customer Insight Survey. Over the past 20 years, it has successfully delivered over 70 GW of premium-quality solar modules across the world.

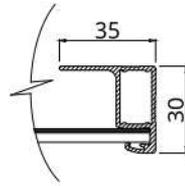
* For detailed information, please refer to the Installation Manual.

ENGINEERING DRAWING (mm)

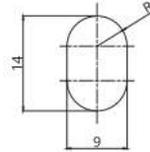
Rear View



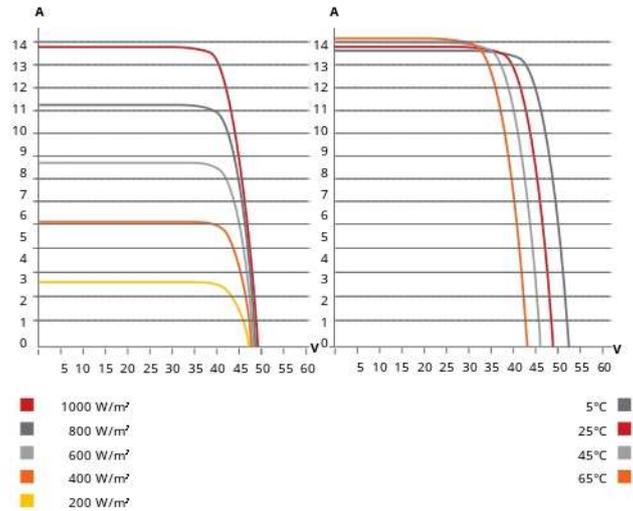
Frame Cross Section A-A



Mounting Hole



CS6W-530MS / I-V CURVES



ELECTRICAL DATA | STC*

CS6W	530MS	535MS	540MS	545MS	550MS	555MS
Nominal Max. Power (Pmax)	530 W	535 W	540 W	545 W	550 W	555 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	40.9 V	41.1 V	41.3 V	41.5 V	41.7 V	41.9 V
Opt. Operating Current (Imp)	12.96 A	13.02 A	13.08 A	13.14 A	13.20 A	13.25 A
Open Circuit Voltage (Voc)	48.8 V	49.0 V	49.2 V	49.4 V	49.6 V	49.8 V
Short Circuit Current (Isc)	13.80 A	13.85 A	13.90 A	13.95 A	14.00 A	14.05 A
Module Efficiency	20.7%	20.9%	21.1%	21.3%	21.5%	21.6%
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C					
Max. System Voltage	1500V (IEC/UL) or 1000V (IEC/UL)					
Module Fire Performance	TYPE 1 (UL 61730 1500V) or TYPE 2 (UL 61730 1000V) or CLASS C (IEC 61730)					
Max. Series Fuse Rating	25 A					
Application Classification	Class A					
Power Tolerance	0 ~ + 10 W					

* Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance of 1000 W/m², spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C.

ELECTRICAL DATA | NMOT*

CS6W	530MS	535MS	540MS	545MS	550MS	555MS
Nominal Max. Power (Pmax)	397 W	401 W	405 W	409 W	412 W	416 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	38.3 V	38.5 V	38.7 V	38.9 V	39.1 V	39.3 V
Opt. Operating Current (Imp)	10.38 A	10.42 A	10.47 A	10.52 A	10.55 A	10.59 A
Open Circuit Voltage (Voc)	46.1 V	46.3 V	46.5 V	46.7 V	46.9 V	47.1 V
Short Circuit Current (Isc)	11.13 A	11.17 A	11.21 A	11.25 A	11.29 A	11.33 A

* Under Nominal Module Operating Temperature (NMOT), irradiance of 800 W/m² spectrum AM 1.5, ambient temperature 20°C, wind speed 1 m/s.

* The specifications and key features contained in this datasheet may deviate slightly from our actual products due to the on-going innovation and product enhancement. CSI Solar Co., Ltd. reserves the right to make necessary adjustment to the information described herein at any time without further notice.

Please be kindly advised that PV modules should be handled and installed by qualified people who have professional skills and please carefully read the safety and installation instructions before using our PV modules.

MECHANICAL DATA

Specification	Data
Cell Type	Mono-crystalline
Cell Arrangement	144 [2 x (12 x 6)]
Dimensions	2261 x 1134 x 30 mm (89.0 x 44.6 x 1.18 in)
Weight	27.6 kg (60.8 lbs)
Front Cover	3.2 mm tempered glass with anti-reflective coating
Frame	Anodized aluminium alloy
J-Box	IP68, 3 bypass diodes
Cable	4 mm² (IEC), 12 AWG (UL)
Cable Length (Including Connector)	410 mm (16.1 in) (+) / 290 mm (11.4 in) (-) or customized length*
Connector	T6 or MC4-EVO2
Per Pallet	35 pieces
Per Container (40' HQ)	700 pieces

* For detailed information, please contact your local Canadian Solar sales and technical representatives.

TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Specification	Data
Temperature Coefficient (Pmax)	-0.34 % / °C
Temperature Coefficient (Voc)	-0.26 % / °C
Temperature Coefficient (Isc)	0.05 % / °C
Nominal Module Operating Temperature	41 ± 3°C

PARTNER SECTION



CSI Solar Co., Ltd.

199 Lushan Road, SND, Suzhou, Jiangsu, China, 215129, www.csisolar.com, support@csisolar.com

Eagle PERC 60

280-300 Watt

MONO CRYSTALLINE MODULE

Positive power tolerance of 0~+3%

ISO9001:2008, ISO14001:2004, OHSAS18001 certified factory.
IEC61215, IEC61730 certified products.



PERC

(4BB)



KEY FEATURES



4 Busbar Solar Cell:

4 busbar solar cell adopts new technology to improve the efficiency of modules, offers a better aesthetic appearance, making it perfect for rooftop installation.



High Efficiency:

Higher module conversion efficiency (up to 18.33%) benefit from Passivated Emmitter Rear Contact (PERC) technology.



PID RESISTANT:

Limited power degradation of Eagle module caused by PID effect is guaranteed under strict testing condition (85 C / 85%RH, 96 hours) for mass production.



Low-light Performance:

Advanced glass and solar cell surface texturing allow for excellent performance in low-light environments.



Severe Weather Resilience:

Certified to withstand: wind load (2400 Pascal) and snow load (5400 Pascal).

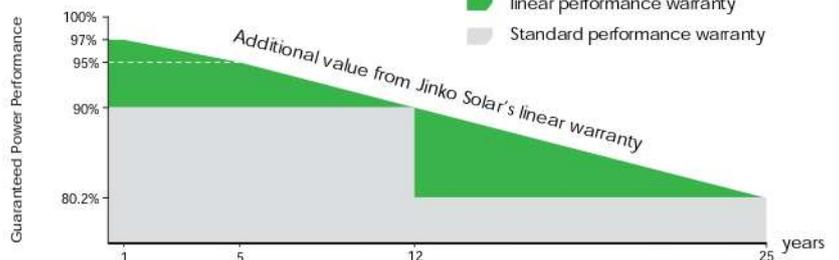


Durability against extreme environmental conditions:

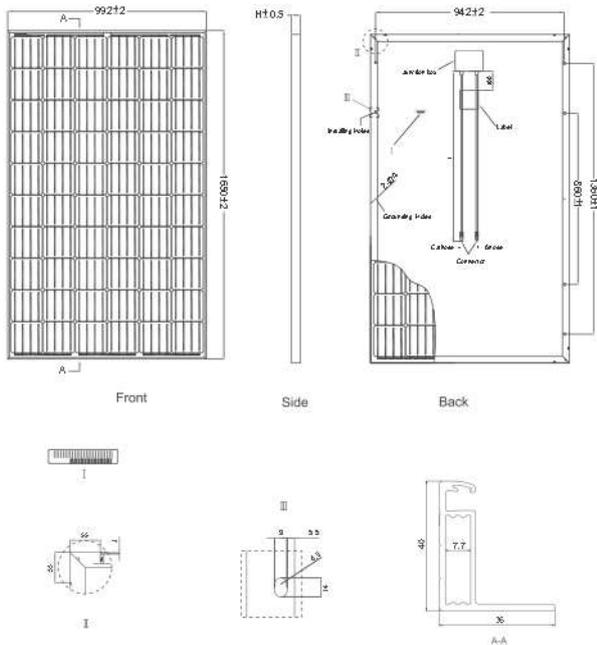
High salt mist and ammonia resistance certified by TUV NORD.

LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

10 Year Product Warranty • 25 Year Linear Power Warranty



Engineering Drawings

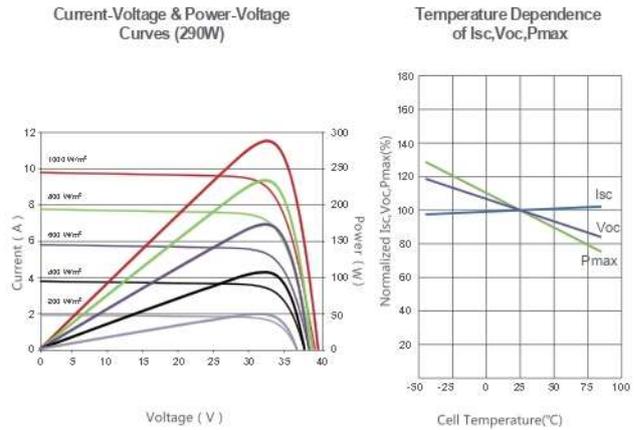


Packaging Configuration

(Two boxes=One pallet)

26pcs/box, 52pcs/pallet, 728 pcs/40' HQ Container

Electrical Performance & Temperature Dependence



Mechanical Characteristics

Cell Type	Mono-crystalline PERC 156×156mm (6 inch)
No. of cells	60 (6×10)
Dimensions	1650×992×40mm (65.00×39.05×1.57 inch)
Weight	19.0 kg (41.9 lbs)
Front Glass	3.2mm, Anti-Reflection Coating, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP67 Rated
Output Cables	TÜV 1×4.0mm²; Length: 900mm or Customized Length

SPECIFICATIONS

Module Type	JKM280M-60		JKM285M-60		JKM290M-60		JKM295M-60		JKM300M-60	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	280Wp	209Wp	285Wp	212Wp	290Wp	216Wp	295Wp	220Wp	300Wp	224Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	31.8V	29.7V	32.0V	29.9V	32.2V	30.2V	32.4V	30.4V	32.6V	30.6V
Maximum Power Current (Imp)	8.81A	7.01A	8.90A	7.12A	9.02A	7.15A	9.10A	7.24A	9.21A	7.32A
Open-circuit Voltage (Voc)	38.6V	36.2V	38.7V	36.4V	39.5V	36.6V	39.7V	36.8V	40.1V	37.0V
Short-circuit Current (Isc)	9.49A	7.62A	9.51A	7.72A	9.55A	7.81A	9.61A	7.89A	9.72A	8.01A
Module Efficiency STC (%)	17.11%		17.41%		17.72%		18.02%		18.33%	
Operating Temperature(°C)	-40°C~+85°C									
Maximum system voltage	1000VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	15A									
Power tolerance	0~+3%									
Temperature coefficients of Pmax	-0.39%/°C									
Temperature coefficients of Voc	-0.29%/°C									
Temperature coefficients of Isc	0.05%/°C									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C									

* STC: Irradiance 1000W/m² Cell Temperature 25°C AM=1.5

NOCT: Irradiance 800W/m² Ambient Temperature 20°C AM=1.5 Wind Speed 1m/s

* Power measurement tolerance: ± 3%

Tiger Pro 54HC

400-420 Watt

MONO-FACIAL MODULE

P-Type

Positive power tolerance of 0~+3%

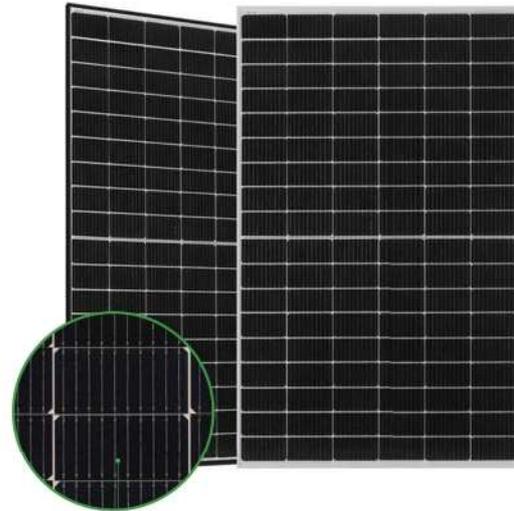
IEC61215(2016), IEC61730(2016)

ISO9001:2015: Quality Management System

ISO14001:2015: Environment Management System

ISO45001:2018

Occupational health and safety management systems



MBB HC Technology

Key Features



Multi Busbar Technology

Better light trapping and current collection to improve module power output and reliability.



Durability Against Extreme Environmental Conditions

High salt mist and ammonia resistance.



Reduced Hot Spot Loss

Optimized electrical design and lower operating current for reduced hot spot loss and better temperature coefficient.



Enhanced Mechanical Load

Certified to withstand: wind load (2400 Pascal) and snow load (5400 Pascal).



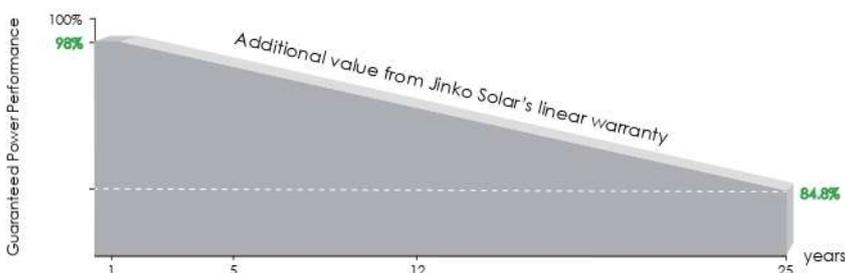
PID Resistance

Excellent Anti-PID performance guarantee via optimized mass-production process and materials control.



POSITIVE QUALITY™
Continuous Quality Assurance

LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

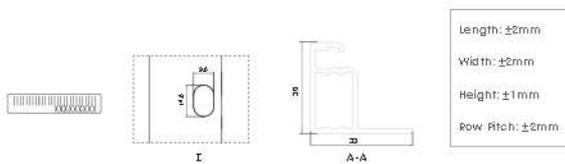
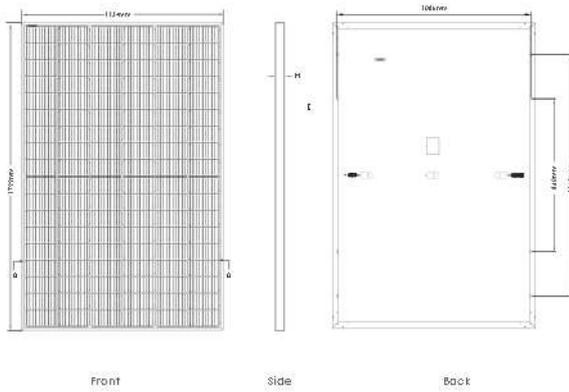


15 Year Product Warranty

25 Year Linear Power Warranty

0.55% Annual Degradation Over 25 years

Engineering Drawings

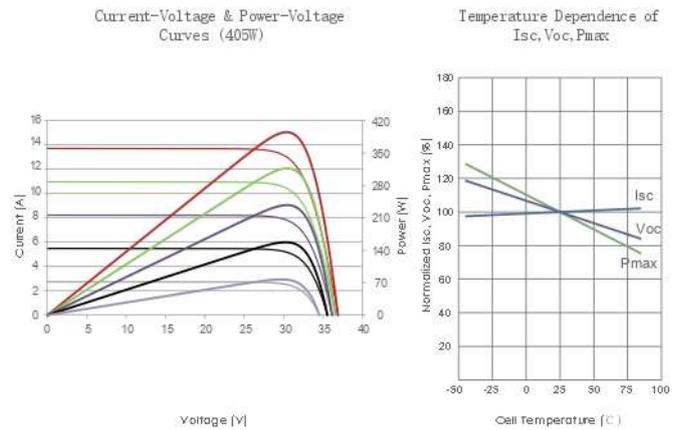


Packaging Configuration

[Two pallets = One stack]

36pcs/pallets, 72pcs/stack, 936pcs/ 40'HQ Container

Electrical Performance & Temperature Dependence



Mechanical Characteristics

Cell Type	P type Mono-crystalline
No. of cells	108 (2x54)
Dimensions	1722×1134×30mm (67.80×44.65×1.18 inch)
Weight	22.0 kg (48.50 lbs)
Front Glass	3.2mm, Anti-Reflection Coating, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP68 Rated
Output Cables	TUV 1×4.0mm ² (+): 400mm, (-): 200mm or Customized Length

SPECIFICATIONS

Module Type	JKM400M-54HL4		JKM405M-54HL4		JKM410M-54HL4		JKM415M-54HL4		JKM420M-54HL4	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	400Wp	298Wp	405Wp	301Wp	410Wp	305Wp	415Wp	309Wp	420Wp	312Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	30.42V	28.42V	30.52V	28.56V	30.62V	28.72V	30.79V	28.88V	30.91V	29.01V
Maximum Power Current (Imp)	13.15A	10.47A	13.27A	10.55A	13.39A	10.62A	13.48A	10.69A	13.59A	10.76A
Open-circuit Voltage (Voc)	36.98V	34.90V	37.06V	34.98V	37.14V	35.05V	37.31V	35.21V	37.43V	35.39V
Short-circuit Current (Isc)	13.78A	11.13A	13.85A	11.19A	13.92A	11.24A	14.01A	11.32A	14.12A	11.38A
Module Efficiency STC (%)	20.48%		20.74%		21.00%		21.25%		21.51%	
Operating Temperature (°C)	-40°C~+85°C									
Maximum system voltage	1000/1500VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	25A									
Power tolerance	0~+3%									
Temperature coefficients of Pmax	-0.35%/°C									
Temperature coefficients of Voc	-0.28%/°C									
Temperature coefficients of Isc	0.048%/°C									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C									

* STC: Irradiance 1000W/m² Cell Temperature 25°C AM=1.5
 NOCT: Irradiance 800W/m² Ambient Temperature 20°C AM=1.5 Wind Speed 1m/s

Tiger Neo N-type 60HL4-(V) 460-480 Watt MONO-FACIAL MODULE

N-Type

Positive power tolerance of 0~+3%

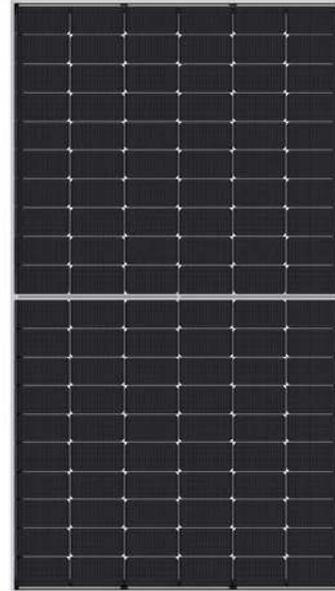
IEC61215(2016), IEC61730(2016)

ISO9001:2015: Quality Management System

ISO14001:2015: Environment Management System

ISO45001:2018

Occupational health and safety management systems



Key Features



SMBB Technology

Better light trapping and current collection to improve module power output and reliability.



PID Resistance

Excellent Anti-PID performance guarantee via optimized mass-production process and materials control.



Durability Against Extreme Environmental Conditions

High salt mist and ammonia resistance.



Hot 2.0 Technology

The N-type module with Hot 2.0 technology has better reliability and lower LID/LETID.

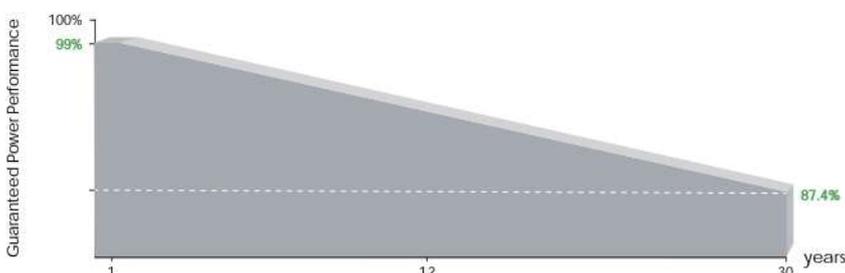


Enhanced Mechanical Load

Certified to withstand: wind load (2400 Pascal) and snow load (5400 Pascal).



LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

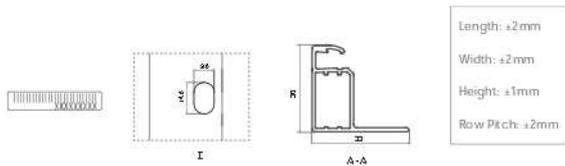
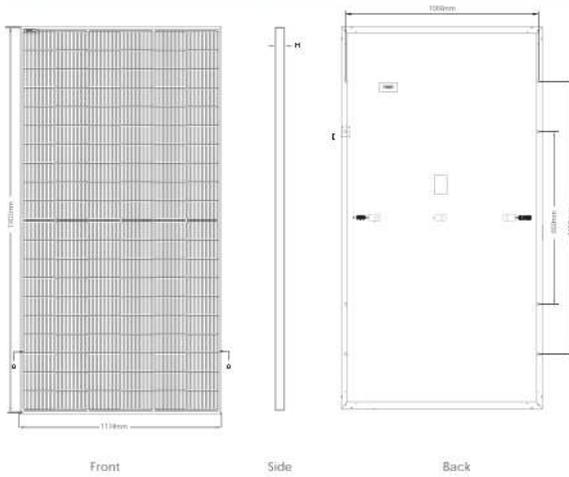


12 Year Product Warranty

30 Year Linear Power Warranty

0.40% Annual Degradation Over 30 years

Engineering Drawings

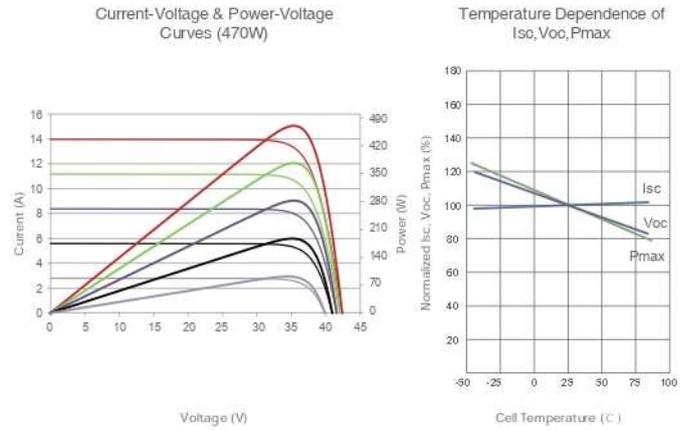


Packaging Configuration

(Two pallets = One stack)

36pcs/pallets, 72pcs/stack, 864pcs/ 40'HQ Container

Electrical Performance & Temperature Dependence



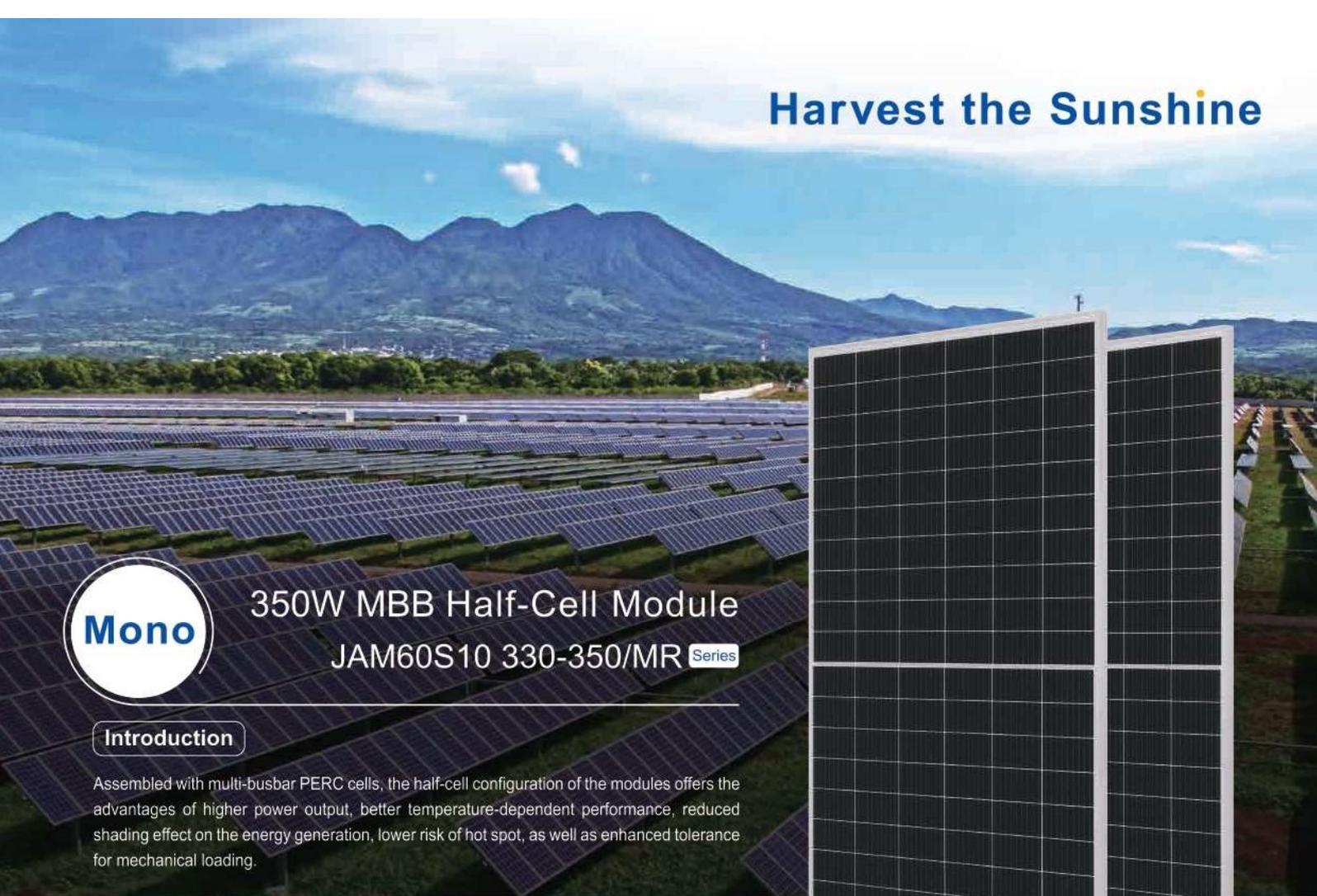
Mechanical Characteristics

Cell Type	N type Mono-crystalline
No. of cells	120 (6×20)
Dimensions	1903×1134×30mm (74.92×44.65×1.18 inch)
Weight	24.2 kg (53.35 lbs)
Front Glass	3.2mm, Anti-Reflection Coating, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP68 Rated
Output Cables	TUV 1×4.0mm ² (+): 400mm, (-): 200mm or Customized Length

SPECIFICATIONS

Module Type	JKM460N-60HL4		JKM465N-60HL4		JKM470N-60HL4		JKM475N-60HL4		JKM480N-60HL4	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	460Wp	346Wp	465Wp	350Wp	470Wp	353Wp	475Wp	357Wp	480Wp	361Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	34.72V	32.60V	34.89V	32.77V	35.05V	32.94V	35.21V	33.10V	35.38V	33.27V
Maximum Power Current (Imp)	13.25A	10.61A	13.33A	10.67A	13.41A	10.73A	13.49A	10.79A	13.57A	10.85A
Open-circuit Voltage (Voc)	42.05V	39.94V	42.22V	40.10V	42.38V	40.25V	42.54V	40.41V	42.71V	40.57V
Short-circuit Current (Isc)	13.99A	11.29A	14.07A	11.36A	14.15A	11.42A	14.23A	11.49A	14.31A	11.55A
Module Efficiency STC (%)	21.32%		21.55%		21.78%		22.01%		22.24%	
Operating Temperature(°C)	-40°C~+85°C									
Maximum system voltage	1000/1500VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	25A									
Power tolerance	0~+3%									
Temperature coefficients of Pmax	-0.29%/°C									
Temperature coefficients of Voc	-0.25%/°C									
Temperature coefficients of Isc	0.045%/°C									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C									

*STC: Irradiance 1000W/m² Cell Temperature 25°C AM=1.5
 NOCT: Irradiance 800W/m² Ambient Temperature 20°C AM=1.5 Wind Speed 1m/s



350W MBB Half-Cell Module JAM60S10 330-350/MR Series

Introduction

Assembled with multi-busbar PERC cells, the half-cell configuration of the modules offers the advantages of higher power output, better temperature-dependent performance, reduced shading effect on the energy generation, lower risk of hot spot, as well as enhanced tolerance for mechanical loading.



Higher output power



Lower LCOE



Less shading and lower resistive loss



Better mechanical loading tolerance

Superior Warranty

- 12-year product warranty
- 25-year linear power output warranty



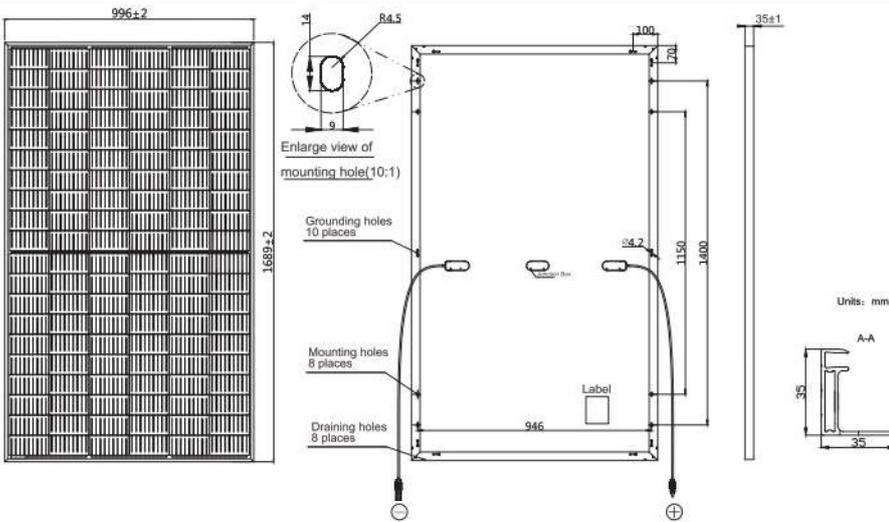
■ JA Linear Power Warranty ■ Industry Warranty

Comprehensive Certificates

- IEC 61215, IEC 61730
- ISO 9001: 2015 Quality management systems
- ISO 14001: 2015 Environmental management systems
- OHSAS 18001: 2007 Occupational health and safety management systems
- IEC TS 62941: 2016 Terrestrial photovoltaic (PV) modules – Guidelines for increased confidence in PV module design qualification and type approval



MECHANICAL DIAGRAMS



Remark: customized frame color and cable length available upon request

SPECIFICATIONS

Cell	Mono
Weight	18.7kg±3%
Dimensions	1689±2mm×996±2mm×35±1mm
Cable Cross Section Size	4mm ²
No. of cells	120(6×20)
Junction Box	IP68, 3 diodes
Connector	MC4(1000V)
Cable Length (Including Connector)	1200mm(+)/1200mm(-)
Packaging Configuration	31 Per Pallet

ELECTRICAL PARAMETERS AT STC

TYPE	JAM60S10 -330/MR	JAM60S10 -335/MR	JAM60S10 -340/MR	JAM60S10 -345/MR	JAM60S10 -350/MR
Rated Maximum Power(Pmax) [W]	330	335	340	345	350
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	41.08	41.32	41.55	41.76	42.02
Maximum Power Voltage(Vmp) [V]	34.24	34.48	34.73	34.99	35.25
Short Circuit Current(Isc) [A]	10.30	10.38	10.46	10.54	10.62
Maximum Power Current(Imp) [A]	9.64	9.72	9.79	9.86	9.93
Module Efficiency [%]	19.6	19.9	20.2	20.5	20.8
Power Tolerance			0~+5W		
Temperature Coefficient of Isc(α _{Isc})			+0.044%/°C		
Temperature Coefficient of Voc(β _{Voc})			-0.272%/°C		
Temperature Coefficient of Pmax(γ _{Pmp})			-0.350%/°C		
STC	Irradiance 1000W/m ² , cell temperature 25°C, AM1.5G				

Remark: 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.

ELECTRICAL PARAMETERS AT NOCT

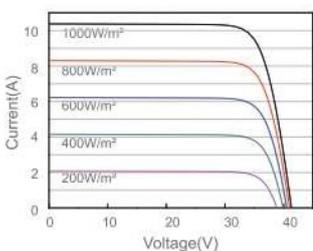
TYPE	JAM60S10 -330/MR	JAM60S10 -335/MR	JAM60S10 -340/MR	JAM60S10 -345/MR	JAM60S10 -350/MR
Rated Max Power(Pmax) [W]	249	253	257	261	265
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	38.46	38.68	38.90	39.09	39.31
Max Power Voltage(Vmp) [V]	32.02	32.21	32.40	32.61	32.84
Short Circuit Current(Isc) [A]	8.21	8.28	8.35	8.42	8.49
Max Power Current(Imp) [A]	7.78	7.85	7.93	8.00	8.07
NOCT	Irradiance 800W/m ² , ambient temperature 20°C, wind speed 1m/s, AM1.5G				

OPERATING CONDITIONS

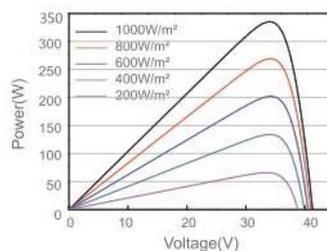
Maximum System Voltage	1000V DC(IEC)
Operating Temperature	-40°C~+85°C
Maximum Series Fuse	20A
Maximum Static Load,Front	5400Pa
Maximum Static Load,Back	2400Pa
NOCT	45±2°C
Safety Class	Glass II

CHARACTERISTICS

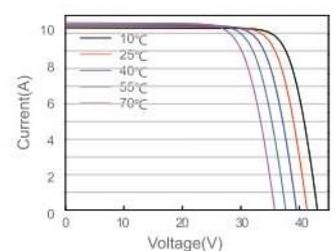
Current-Voltage Curve JAM60S10-335/MR



Power-Voltage Curve JAM60S10-335/MR



Current-Voltage Curve JAM60S10-335/MR



DEEP BLUE 3.0

Mono

415W MBB Half-cell Module
JAM54S30 390-415/MR Series

Introduction

Assembled with 11BB PERC cells, the half-cell configuration of the modules offers the advantages of higher power output, better temperature-dependent performance, reduced shading effect on the energy generation, lower risk of hot spot, as well as enhanced tolerance for mechanical loading.



Higher output power



Lower LCOE



Less shading and lower resistive loss

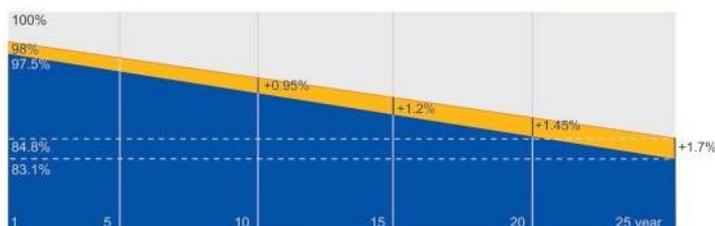


Better mechanical loading tolerance

Superior Warranty

- 12-year product warranty
- 25-year linear power output warranty

0.55% Annual Degradation
Over 25 years



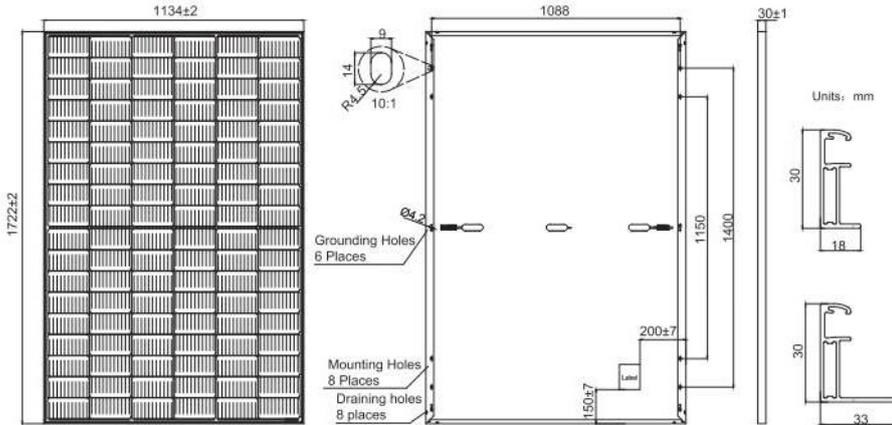
■ New linear power warranty ■ Standard module linear power warranty

Comprehensive Certificates

- IEC 61215, IEC 61730, UL 61215, UL 61730
- ISO 9001: 2015 Quality management systems
- ISO 14001: 2015 Environmental management systems
- ISO 45001: 2018 Occupational health and safety management systems
- IEC TS 62941: 2016 Terrestrial photovoltaic (PV) modules – Guidelines for increased confidence in PV module design qualification and type approval



MECHANICAL DIAGRAMS



SPECIFICATIONS

Cell	Mono
Weight	21.5kg±3%
Dimensions	1722±2mm×1134±2mm×30±1mm
Cable Cross Section Size	4mm ² (IEC) , 12 AWG(UL)
No. of cells	108(6x18)
Junction Box	IP68, 3 diodes
Connector	MC4(1000V) MC4-EVO2(1500V)
Cable Length (Including Connector)	Portrait: 300mm(+)/400mm(-); Landscape: 1200mm(+)/1200mm(-)
Packaging Configuration	36pcs/Pallet, 936pcs/40ft Container

Remark: customized frame color and cable length available upon request

ELECTRICAL PARAMETERS AT STC

TYPE	JAM54S30 -390/MR	JAM54S30 -395/MR	JAM54S30 -400/MR	JAM54S30 -405/MR	JAM54S30 -410/MR	JAM54S30 -415/MR
Rated Maximum Power(Pmax) [W]	390	395	400	405	410	415
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	36.85	36.98	37.07	37.23	37.32	37.45
Maximum Power Voltage(Vmp) [V]	30.64	30.84	31.01	31.21	31.45	31.61
Short Circuit Current(Isc) [A]	13.61	13.70	13.79	13.87	13.95	14.02
Maximum Power Current(Imp) [A]	12.73	12.81	12.90	12.98	13.04	13.13
Module Efficiency [%]	20.0	20.2	20.5	20.7	21.0	21.3
Power Tolerance	0~+5W					
Temperature Coefficient of Isc(α _{Isc})	+0.045%/°C					
Temperature Coefficient of Voc(β _{Voc})	-0.275%/°C					
Temperature Coefficient of Pmax(γ _{Pmp})	-0.350%/°C					
STC	Irradiance 1000W/m ² , cell temperature 25°C, AM1.5G					

Remark: 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.

ELECTRICAL PARAMETERS AT NOCT

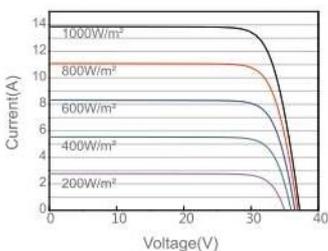
TYPE	JAM54S30 -390/MR	JAM54S30 -395/MR	JAM54S30 -400/MR	JAM54S30 -405/MR	JAM54S30 -410/MR	JAM54S30 -415/MR
Rated Max Power(Pmax) [W]	294	298	302	306	310	314
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	34.62	34.75	34.88	35.12	35.23	35.37
Max Power Voltage(Vmp) [V]	28.87	29.08	29.26	29.47	29.72	29.89
Short Circuit Current(Isc) [A]	10.89	10.96	11.03	11.10	11.16	11.22
Max Power Current(Imp) [A]	10.18	10.25	10.32	10.38	10.43	10.50
NOCT	Irradiance 800W/m ² , ambient temperature 20°C, wind speed 1m/s, AM1.5G					

OPERATING CONDITIONS

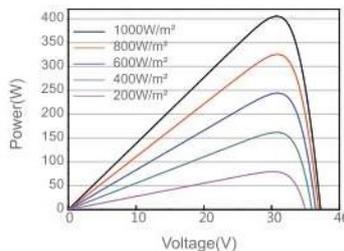
Maximum System Voltage	1000V/1500V DC
Operating Temperature	-40 C ~+85 C
Maximum Series Fuse Rating	25A
Maximum Static Load,Front* Maximum Static Load,Back*	5400Pa(112lb/ft ²) 2400Pa(50lb/ft ²)
NOCT	45±2 C
Safety Class	Class II
Fire Performance	UL Type 1

CHARACTERISTICS

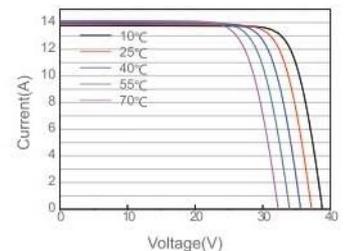
Current-Voltage Curve JAM54S30-405/MR



Power-Voltage Curve JAM54S30-405/MR



Current-Voltage Curve JAM54S30-405/MR



Preliminary

Harvest the Sunshine

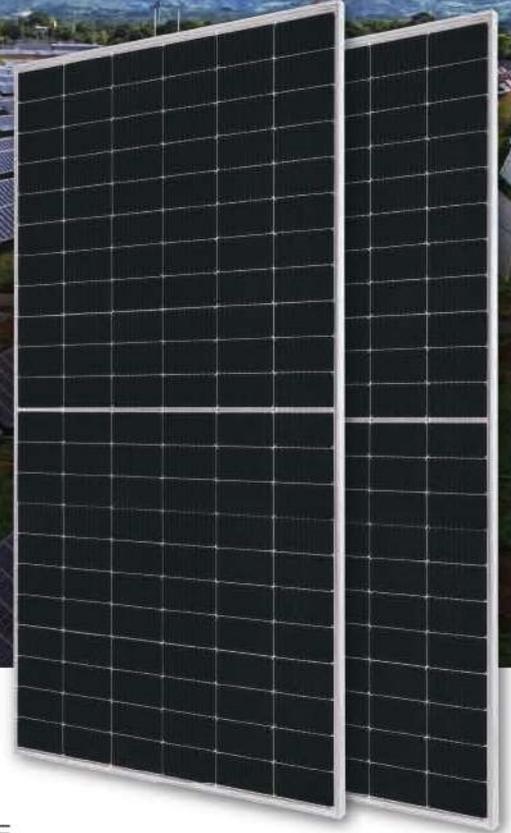
DEEP BLUE 3.0

Mono

505W MBB Half-cell Module
JAM66S30 480-505/MR Series

Introduction

Assembled with 11BB PERC cells, the half-cell configuration of the modules offers the advantages of higher power output, better temperature-dependent performance, reduced shading effect on the energy generation, lower risk of hot spot, as well as enhanced tolerance for mechanical loading.



Higher output power



Lower LCOE



Less shading and lower resistive loss

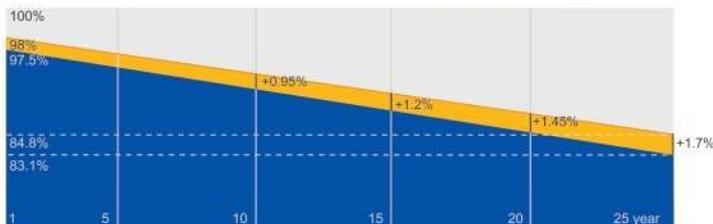


Better mechanical loading tolerance

Superior Warranty

- 12-year product warranty
- 25-year linear power output warranty

0.55% Annual Degradation Over 25 years



■ New linear power warranty ■ Standard module linear power warranty

Comprehensive Certificates

- IEC 61215, IEC 61730, UL 61215, UL 61730
- ISO 9001: 2015 Quality management systems
- ISO 14001: 2015 Environmental management systems
- ISO 45001: 2018 Occupational health and safety management systems
- IEC TS 62941: 2016 Terrestrial photovoltaic (PV) modules – Guidelines for increased confidence in PV module design qualification and type approval



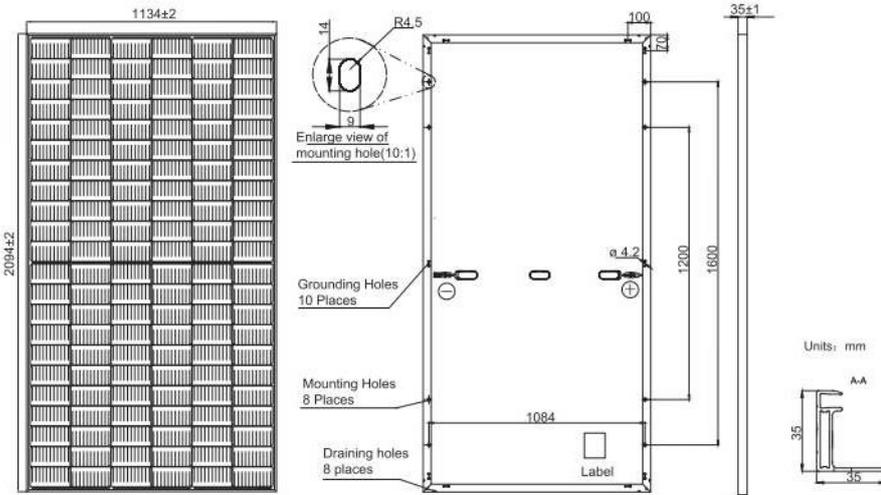
JA SOLAR

www.jasolar.com

Specifications subject to technical changes and tests. JA Solar reserves the right of final interpretation.



MECHANICAL DIAGRAMS



Remark: customized frame color and cable length available upon request

SPECIFICATIONS

Cell	Mono
Weight	26.3kg±3%
Dimensions	2094±2mm×1134±2mm×35±1mm
Cable Cross Section Size	4mm ² (IEC) , 12 AWG(UL)
No. of cells	132(6×22)
Junction Box	IP68, 3 diodes
Connector	QC 4.10(1000V) QC 4.10-35(1500V)
Cable Length (Including Connector)	Portrait: 300mm(+)/400mm(-); Landscape: 1200mm(+)/1200mm(-)
Packaging Configuration	31pcs/Pallet, 682pcs/40ft Container

ELECTRICAL PARAMETERS AT STC

TYPE	JAM66S30 -480/MR	JAM66S30 -485/MR	JAM66S30 -490/MR	JAM66S30 -495/MR	JAM66S30 -500/MR	JAM66S30 -505/MR
Rated Maximum Power(Pmax) [W]	480	485	490	495	500	505
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	45.07	45.20	45.33	45.46	45.59	45.72
Maximum Power Voltage(Vmp) [V]	37.62	37.81	37.99	38.17	38.35	38.53
Short Circuit Current(Isc) [A]	13.65	13.72	13.79	13.86	13.93	14.00
Maximum Power Current(Imp) [A]	12.76	12.83	12.90	12.97	13.04	13.11
Module Efficiency [%]	20.2	20.4	20.6	20.8	21.1	21.3
Power Tolerance	0~+5W					
Temperature Coefficient of Isc(α _{Isc})	+0.045%/°C					
Temperature Coefficient of Voc(β _{Voc})	-0.275%/°C					
Temperature Coefficient of Pmax(γ _{Pmp})	-0.350%/°C					
STC	Irradiance 1000W/m ² , cell temperature 25°C, AM1.5G					

Remark: 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.

ELECTRICAL PARAMETERS AT NOCT

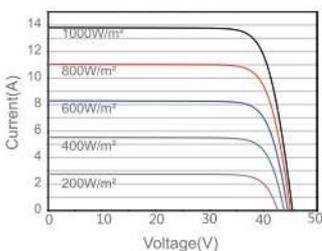
TYPE	JAM66S30 -480/MR	JAM66S30 -485/MR	JAM66S30 -490/MR	JAM66S30 -495/MR	JAM66S30 -500/MR	JAM66S30 -505/MR
Rated Max Power(Pmax) [W]	363	367	370	374	378	382
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	42.15	42.30	42.43	42.58	42.72	42.86
Max Power Voltage(Vmp) [V]	35.54	35.67	35.76	35.84	35.93	36.02
Short Circuit Current(Isc) [A]	10.99	11.06	11.13	11.20	11.27	11.34
Max Power Current(Imp) [A]	10.21	10.28	10.36	10.44	10.52	10.60
NOCT	Irradiance 800W/m ² , ambient temperature 20°C, wind speed 1m/s, AM1.5G					

OPERATING CONDITIONS

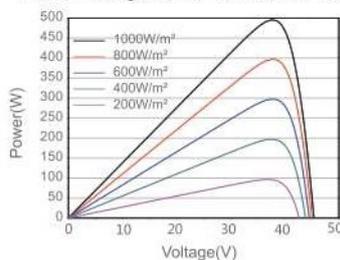
Maximum System Voltage	1000V/1500V DC
Operating Temperature	-40 C ~+85 C
Maximum Series Fuse Rating	25A
Maximum Static Load,Front* Maximum Static Load,Back*	5400Pa(112lb/ft ²) 2400Pa(50lb/ft ²)
NOCT	45±2 C
Safety Class	Class II
Fire Performance	UL Type 1

CHARACTERISTICS

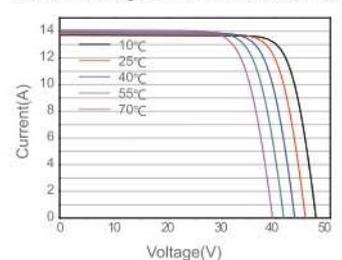
Current-Voltage Curve JAM66S30-495/MR



Power-Voltage Curve JAM66S30-495/MR



Current-Voltage Curve JAM66S30-495/MR





Smart
connections.

Ficha técnica

PIKO MP plus 1.5 a 5.0

MP

PIKO MP plus: el nuevo estándar para inversores monofásicos, flexible, comunicativo y funcional como inversor de batería con accesorios

Uso flexible

Uno o dos seguidores PMP

Posibilidad de uso de 1 seguidor PMP como entrada bidireccional respectivamente, de forma opcional para generador fotovoltaico o batería de alto voltaje^{1,2)}

Posibilidad de opción de batería con el KOSTAL Smart Energy Meter

Funcionalidad de batería para equipos con un seguidor PMP con conexión de batería con acoplamiento CA, ideal también para repowering

Funcionalidad de batería para equipos con dos seguidores PMP para conexión de batería con acoplamiento CC, ideal para instalaciones nuevas^{1,2)}

Rango PMP ampliado: perfecto para "repotenciamiento" (Repowering)

Smart connected

Pantalla, registro de datos, monitorización de instalaciones, interfaces de red y regulación integrados de serie

Monitorización gratuita de la instalación fotovoltaica mediante el KOSTAL Solar Portal, la KOSTAL Solar App y el Webserver interno

Smart performance

Posibilidad de integración de contadores de energía

Elevada eficiencia

Acoplamiento CC eficiente de baterías de alto voltaje^{1,2)}

Control dinámico de la potencia activa y medición las 24 horas

Gestión de sombras integrada: se adapta de forma individual al lugar de instalación

Posibilidad de inyección cero

Fácil instalación

Inyección monofásica

Cómoda conexión sin abrir el equipo

Dispositivo de desconexión CC integrado

Manejo e instalación sencillos guiados por menú

Protección óptima contra el polvo y el agua para el uso en exteriores (tipo de protección IP65)



65,7 cm



22,2 cm



39,9 cm

PIKO MP plus: listo para el servicio de forma compacta y rápida

¹⁾ PIKO MP plus con 2 seguidores PMP - Equipado con una entrada CC bidireccional - Accesorios: Se requiere KOSTAL Smart Energy Meter y código de activación de batería

²⁾ Disponible más adelante mediante actualización de software

Registro del producto, KOSTAL Smart Warranty, prolongación de la garantía y adquisición de accesorios: shop.kostal-solar-electric.com

Datos técnicos del PIKO MP plus

Clase de potencia		1,5-1	2,0-1	2,5-1	3,0-1	3,0-2	3,6-1	3,6-2	4,6-2	5,0-2 ⁴⁾	
Lado de entrada (CC)	Potencia fotovoltaica máx. (cos $\phi = 1$)	kWp	2,3	3,0	3,75	4,5		5,4		7,5	
	Potencia CC nominal	kW	1,54	2,05	2,56	3,07		3,77		5,2	
	Tensión de entrada nominal ($U_{CC,r}$)	V	350								
	Tensión de entrada de inicio ($U_{CC,Inicio}$)	V	75								
	Rango de tensión de entrada ($U_{CC,min} - U_{CC,máx}$)	V	75-450			75-750					
	Rango de tensión de trabajo PMP ($U_{PMP,Trab,min} - U_{PMP,Trab,máx}$)	V	75-360			75-600					
	Rango PMP con potencia nominal en el modo de un seguidor ($U_{PMP,min} - U_{PMP,máx}$)	V	120-360	160-360	200-360	230-600		280-600		360-600	360-600
	Rango PMP con potencia nominal en el modo de dos seguidores ($U_{PMP,min} - U_{PMP,máx}$)	V	-	-	-	-	115-600	-	140-600	180-600	180-600
	Tensión de trabajo máx. ($U_{CC,Trab,máx}$)	V	450			750					
	Corriente de entrada máx. ($I_{DC,máx}$) por entrada CC	A	13								
Corriente de cortocircuito FV máx. ($I_{SC,PV}$) por entrada CC	A	15									
Número de entradas CC		1	1	1	1	2	1	2	2	2	
Número de entradas CC bidireccionales		1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Número de seguidores PMP indep.		1	1	1	1	2	1	2	2	2	
Lado de salida (CA)	Potencia nominal, cos $\phi = 1$ ($P_{CA,r}$)	kW	1,5	2,0	2,5	3,0		3,68		4,6	5,0
	Potencia aparente de salida máx., cos ϕ_{adj}	kVA	1,5	2,0	2,5	3,0		3,68		4,6	5,0
	Tensión de salida mín. ($U_{CA,min}$)	V	185								
	Tensión de salida máx. ($U_{CA,máx}$)	V	276								
	Corriente de salida asignada ($I_{CA,r}$)	A	6,6	8,7	10,9	13,1		16		20	22
	Corriente de salida máx. ($I_{CA,máx}$)	A	12	12	14	14		16		20	22
	Corriente de cortocircuito (Peak/RMS)	A	21/12	21/12	24/12	24/16		27/16		20	22
	Conexión de red		1N~, 230V, 50 Hz								
	Frecuencia de referencia (f_r)	Hz	50 - 60								
	Frecuencia de red mín/máx ($f_{min}/f_{máx}$)	Hz	45...65								
Margen de ajuste del factor de potencia (cos $\phi_{CA,r}$)		0,8...1...0,8									
Factor de potencia con potencia nominal (cos $\phi_{CA,r}$)		1									
Coefficiente de distorsión armónico máx.	%	<3									
Espera/espera incl. medición del consumo doméstico las 24 h	W	<3,0/<20,0									
η	Coefficiente de rendimiento máx.	%	97,4	97,4	97,4	97,0		97,0		97,4	97,4
	Coefficiente europeo de rendimiento	%	96,1	96,5	96,6	96,3		96,3		96,9	96,8
	Coefficiente de rendimiento de adaptación PMP	%	>99,8								

Clase de potencia		1.5-1	2.0-1	2.5-1	3.0-1	3.0-2	3.6-1	3.6-2	4.6-2	5.0-2 ⁴⁾		
Datos del sistema	Topología: sin aislamiento galvánico –sin transformador–						✓					
	Tipo de protección según IEC 60529						IP 65					
	Categoría de protección según IEC 62103						II (RCD tipo A)					
	Categoría de sobretensión según IEC 60664-1 lado de entrada (generador fotovoltaico)						II					
	Categoría de sobretensión según IEC 60664-1 lado de salida (conexión de red)						III					
	Grado de contaminación						4					
	Categoría medioambiental (montaje a la intemperie)						✓					
	Categoría medioambiental (montaje en interior)						✓					
	Resistencia UV						✓					
	Diámetro del cable CA (mín-máx)	mm						10...14				
	Sección del cable CA (mín-máx)	mm ²	1,5...4					2,5...4				
	Sección del cable CC (mín-máx)	mm ²						2,5...6				
	Fusible máx. lado de salida		B16/C16				B25/C25					
	Protección para las personas interna según EN 62109-2							RCMU				
	Dispositivo de desconexión autónomo según VDE 0126-1-1							✓				
	Altura/anchura/profundidad	mm (in)	657/399/222 (25,87/15,71/8,74)									
	Peso	kg (lb)	12,6	12,6	12,6	13,8	14,0	13,8	14,0	14,0	14,0	
	Principio de refrigeración – ventilador regulado							✓				
	Volumen de aire máx.	m ³ /h						-				
	Nivel de emisión sonora máx.	dBA						31				
Temperatura ambiente	°C (°F)						-25...60 (-13...140)					
Altura de montaje máx. sobre el nivel del mar	m (pies)						2000 (6562)					
Humedad relativa del aire (sin condensación)	%						0...100					
Técnica de conexión en el lado CC							Conector SUNCLIX					
Técnica de conexión en el lado CA							Wieland RST25i3					
Interfaces	Ethernet LAN (RJ45)						1					
	Conexión del contador de energía para el registro de energía (Modbus RTU) (RJ45)						1					
	RS485 (RJ45)						1					
	Contacto libre de potencial para control de autoconsumo						-					
	Webserver (interfaz de usuario)						✓					
	KOSTAL Smart Warranty / Garantía ¹⁾	Años						5 (2)				
Ampliación de la garantía opcional en (años)							5/10/15					
Directivas/Certificación ²⁾		IEC/EN 62109-1, IEC/EN 62109-2, IEC/EN 60730, IEC 62116, VDE-AR-N 4105, DIN VDE 0126 1-1, G59/3-2, G83/2, UTE C 15-712-1, CEI 0-21, TOR D4, RD1699, RD 413, UNE 206007-1, IEC 61727, EN 50438*										

Reservado el derecho de modificaciones técnicas y errores. Encontrará información actualizada en www.kostal-solar-electric.com. Fabricante: KOSTAL Industrie Elektrik GmbH, Hagen, Alemania

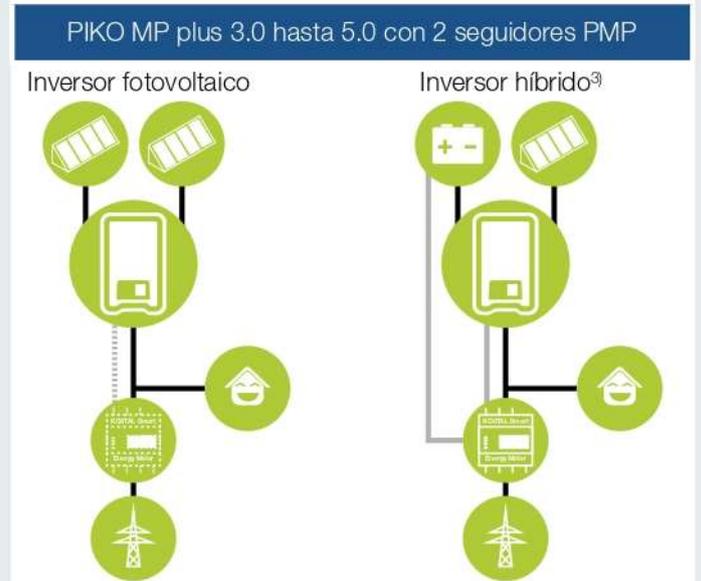
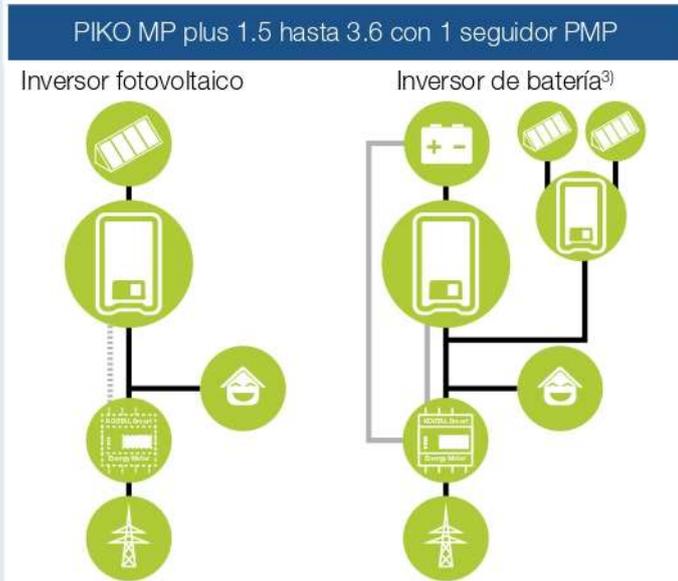
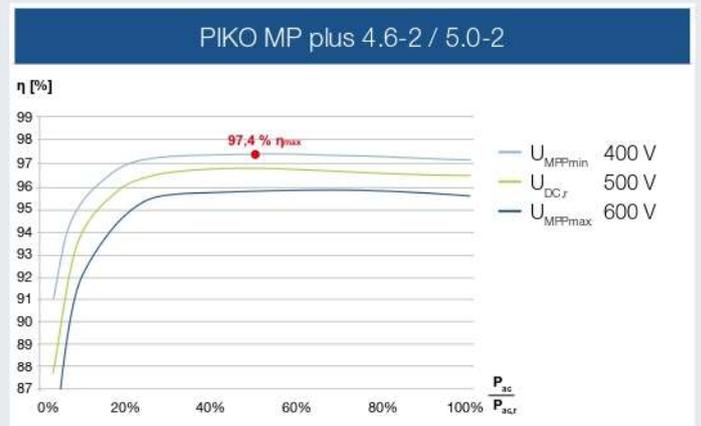
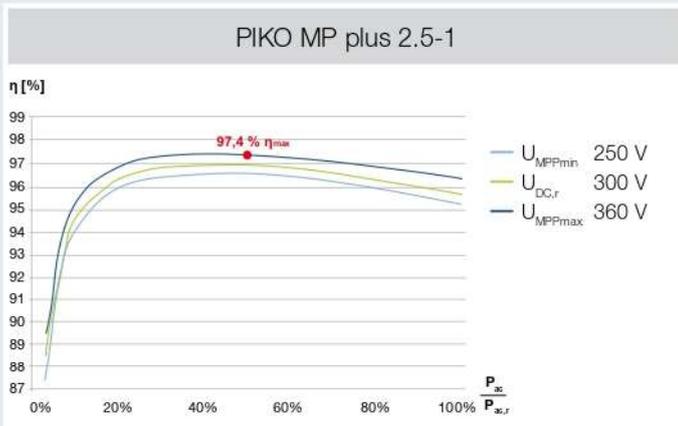
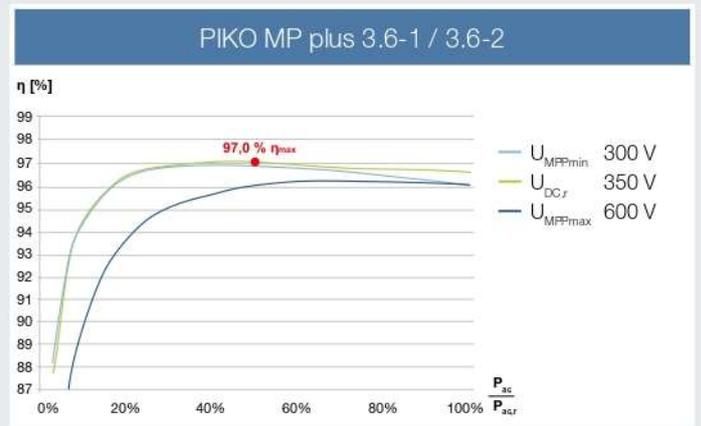
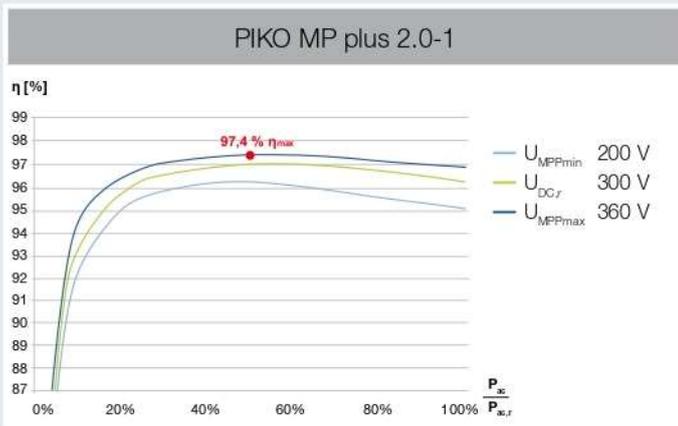
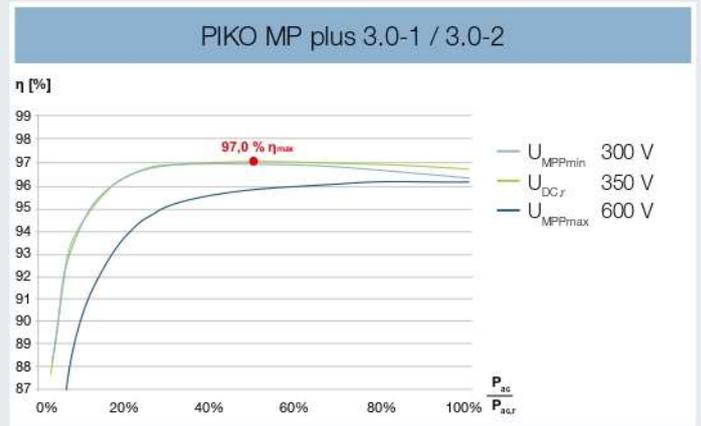
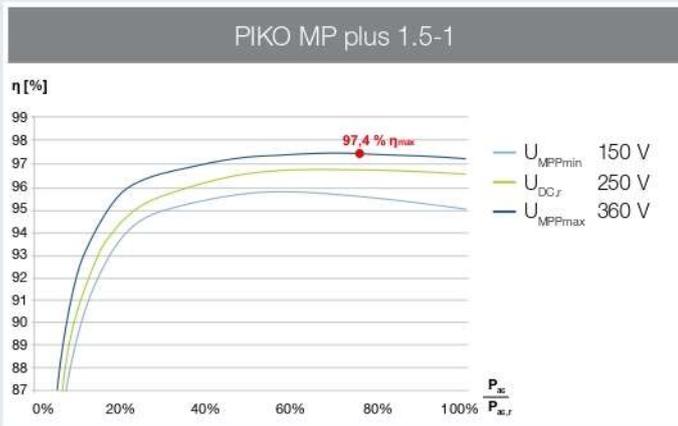
¹⁾ KOSTAL Smart Warranty: 5 años de garantía a partir del registro en la tienda web KOSTAL Solar

²⁾ No es válido para todos los apéndices nacionales de la norma EN 50438

³⁾ Disponible más adelante mediante actualización de software - Accesorios: Se requiere KOSTAL Smart Energy Meter y código de activación de batería.

⁴⁾ PIKO MP plus 5.0-2: Disponible desde Q2/2020

PIKO MP plus disponible en 7 clases de potencia



KOSTAL

KOSTAL Solar Electric GmbH
Hanferstr. 6
79108 Freiburg i. Br.
Deutschland
Telefon: +49 761 47744 - 100
Fax: +49 761 47744 - 111

KOSTAL Solar Electric Ibérica S.L.
Edificio abm
Ronda Narciso Monturiol y Estarriol, 3 Torre
B, despachos 2 y 3
Parque Tecnológico de Valencia
46980 Valencia
España
Teléfono: +34 961 824 - 934
Fax: +34 961 824 - 931

KOSTAL Solar Electric France SARL
11, rue Jacques Cartier
78280 Guyancourt
France
Téléphone: +33 1 61 38 - 4117
Fax: +33 1 61 38 - 3940

KOSTAL Solar Electric Hellas E.Π.E.
47 Steliou Kazantzidi st., P.O. Box: 60080 1st
building – 2nd entrance
55535, Pilea, Thessaloniki
Ελλάδα
Τηλέφωνο: +30 2310 477 - 550
Φαξ: +30 2310 477 - 551

KOSTAL Solar Electric Italia Srl
Via Genova, 57
10098 Rivoli (TO)
Italia
Telefono: +39 011 97 82 - 420
Fax: +39 011 97 82 - 432

KOSTAL Solar Elektrik Turkey
Mahmutbey Mah. Taşocağı Yolu Cad.
No:3 (B Blok), Ağaoğlu My Office 212
Kat:16, Ofis No:269
Bağcılar - İstanbul / Türkiye
Telefon: +90 212 803 06 24
Faks: +90 212 803 06 25

www.kostal-solar-electric.com

AZZURRO - THREE-PHASE STRING INVERTER

3.3KTL/4.4KTL/5.5KTL/6.6KTL
8.8KTL/11KTL/12KTL



The compact **ZCS Azzurro three-phase** inverters are the ideal solution for small and medium sized PV systems for commercial or residential applications and small industries.

The Italian technology developed by ZCS makes the Azzurro series efficient, versatile and highly functional.

The wide input range makes the products easy to configure and suitable for any type of requirement, in new installations or retrofit projects.



ZCS AZZURRO TECHNOLOGY

- Performance optimisation
- Wi-Fi integration on ZCS platform for stable, effective and intelligent connectivity

MAXIMUM ENERGY EFFICIENCY

- Maximum performance 98.3%
- Stable efficiency in all working conditions
- Rapid and accurate MPPT algorithm
 - Dual input section with independent MPPTs

FLEXIBLE, ECONOMICAL AND EASY-TO-INSTALL SOLUTION

- Protection rating of IP65
- Integrated string combiner with different configuration options
 - Power Management Unit
 - 4-inch LCD graphic display
- Updates and diagnostics via SD card

RELIABILITY, DURABILITY AND FLEXIBILITY

- Rust-proof, corrosion-proof and UV-proof aluminium exterior casing
 - Natural ventilation cooling
 - Flexible and user-friendly management of operating parameters
- Topology without transformer
 - 10 year ZCS warranty

INTELLIGENT GRID MANAGEMENT

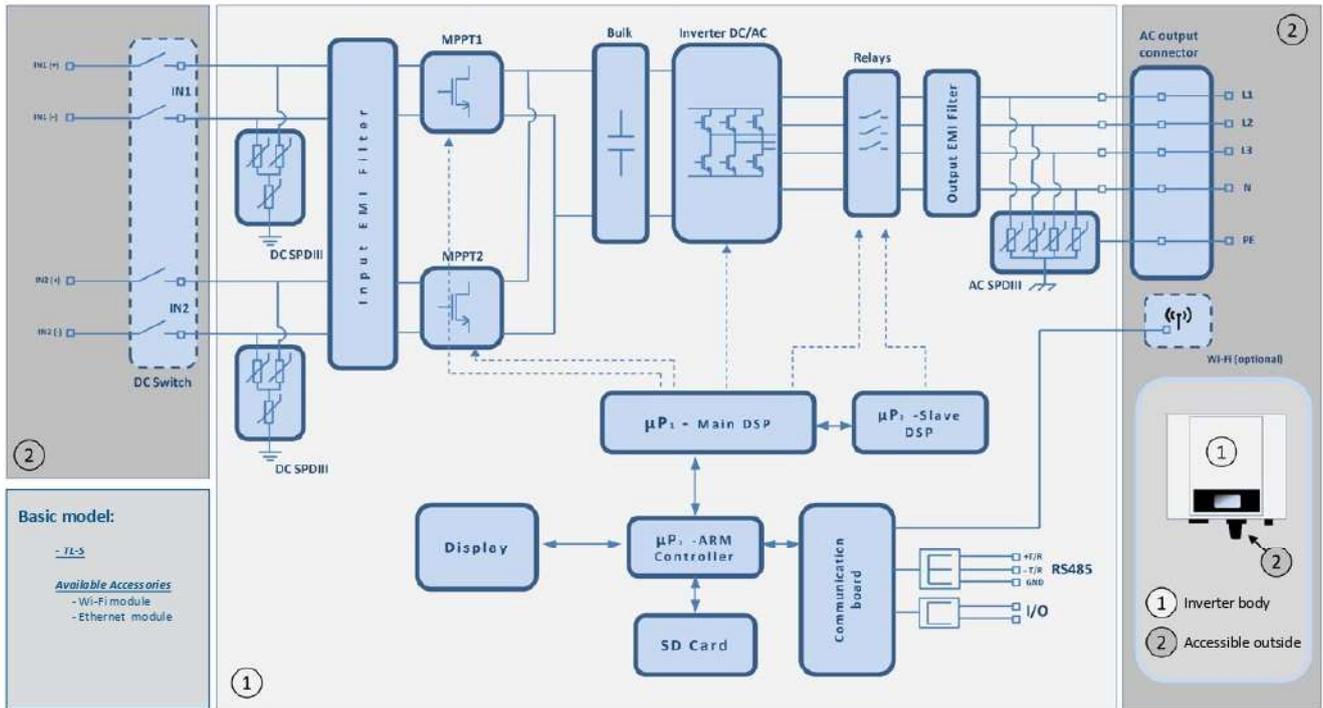
- Dynamic management of grid feed-in
 - "Zero Grid Feed-in" functionality*
- Possibility to manage reactive power
 - Remote control of the deliverable active/reactive power limit

IDEAL FOR RETROFITTING

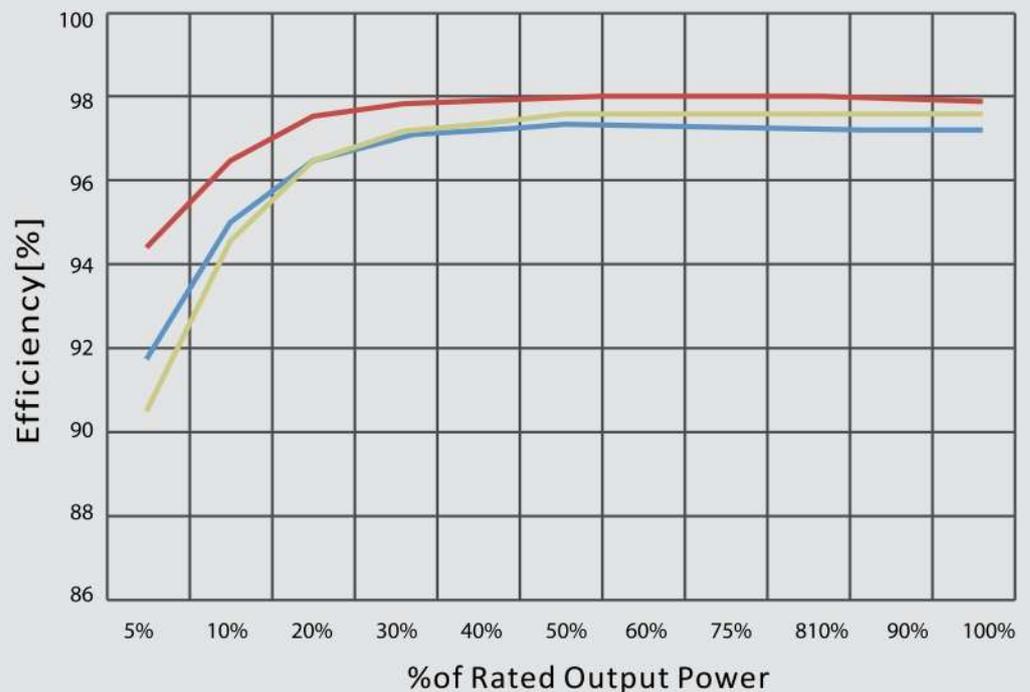
- Wide operating input range from 160V to 960V also suitable for small string systems
 - Compact size
- Simple and user-friendly installation and configuration
 - Dual MPPT channel

*Possible through current sensor (ZST-ACC-TA) and anti-reverse power controller (ZSM-ZEROINJ)

FLOW CHART



EFFICIENCY CURVE



TECHNICAL DATA	3.3KTL	4.4KTL	5.5KTL	6.6KTL	8.8KTL	11KTL	12KTL
DC input data							
Typical DC power	3600W	4800W	6000W	7200W	9600W	12000W	14400W
Maximum DC power per MPPT	3600W(300V-850V)	4800W(440V-850V)	6000W(545V-850V)	7200W(660V-850V)	8800W(800V-850V)	8800W(800V-850V)	8800W(800V-850V)
No of independent MPPTs/No. of strings per MPPT	2/1						
Maximum DC input voltage	1000V						
Activation voltage	180V						
Nominal DC input voltage	600V						
MPPT range of DC voltage	160V-960V						
DC voltage range at full load	190V-850V	240V-850V	290V-850V	380V-850V	480V-850V	575V-850V	
Maximum input current per MPPT	11A/11A						
AC output data							
Nominal AC power	3000W	4000W	5000W	6000W	8000W	10000W	12000W
Maximum AC power	3300VA	4400VA	5500VA	6600VA	8800VA	11000VA	13200VA
Maximum AC current per phase	4.8A	6.4A	8.0A	9.6A	12.8A	15.9A	19.1A
Connection type/Grid nominal voltage	Three-phase3PH/N/PE,220V,230V,240V/380V,400V,415VorThree-phase3PH/PE,220V,230V,240V/380V,400V,415V						
Grid voltage range	184V~276V (according to the local grid standards)						
Grid nominal frequency	50Hz/60Hz						
Grid frequency range	45Hz~53Hz / 57Hz~63Hz (according to the local grid standards)						
Total harmonic distortion	<3%						
Power factor	1 (programmable +/-0.8)						
Active power adjustment range	0~100%						
Grid feed-in limitation	Feed-in adjustable from zero to the nominal power value*						
Efficiency							
Maximum efficiency	98%			98.3%			
Weighted efficiency (EURO)	97.5%			98%			
MPPT efficiency	>99.9%						
Night-time consumption	<1W						
Protections							
Internal interface protection	Yes						No
Safety protections	Anti islanding, RCMU, Ground Fault Monitoring						
DC reverse polarity protection	Yes						
DC switch	Integrated						
Surge protection	Yes						
Protection Class/Surge category	I/III						
Integrated dischargers	AC/DC MOV: Type III standard						
Standard							
EMC	EN 61000-6-1/2/3/4,						
Safety standard	IEC 62116, IEC 61727, IEC 61683, IEC 60068-1/2/14/30, IEC 62109-1/2						
Grid connection standard	CE, CGC, AS 4777, AS 3100, VDE-AR-N 4105, EN50438, G83/2, G59/3, C10/11, CEI 0-21						
Communication							
Communication interfaces	Wi-Fi (optional) RS485 (proprietary protocol), SD card						
Additional inputs or connections	I/O inputs for anti-reverse power controller connection						
Data storage on SD	25 years						
General data							
Permissible ambient temperature range	-25°C...+60°C (power limitation above 45°C)						
Topology	Transformerless						
Environmental protection rating	IP65						
Permissible relative humidity range	0%.....95% without condensation						
Maximum operating altitude	2000m						
Noise	< 29dB @ 1mt						
Weight	21Kg			22Kg			
Cooling	Natural ventilation						
Dimensions (H*L*D)	483mm*452mm*200mm						
Display	LCD						
Warranty	10 years						

* Possible through current sensor (ZST-ACC-TA) and anti-reverse power controller (ZSM-ZEROINJ)

MIN 2500~6000TL-XH

- Max. efficiency 98.4%
- Dual MPP trackers
- Type II SPD on DC side
- Battery ready, future proof
- 24h self-consumption monitoring



P O W E R
- I N G O
T O M O -
R R O W O

Growatt

www.ginverter.com

Datasheet	MIN 2500TL-XH	MIN 3000TL-XH	MIN 3600TL-XH	MIN 4200TL-XH	MIN 4600TL-XH	MIN 5000TL-XH	MIN 6000TL-XH
Input data (DC)							
Max. recommended PV power (for module STC)	5000W	6000W	7200W	8400W	9200W	10000W	10000W
Max. DC voltage	500V	500V	550V	550V	550V	550V	550V
Start voltage	100V						
Nominal voltage	360V						
MPP voltage range	70V-500V	70V-500V	70V-550V	70V-550V	70V-550V	70V-550V	70V-550V
No. of MPP trackers/strings per MPP tracker	2/1						
Max. input current per MPP tracker	13.5A						
Max. short-circuit current per MPP trackers	16.9A						
Input data (DC battery)							
Compatible battery	ARK XH Battery System (5.12kWh~17.9kWh)						
Operating voltage range	360-500V			360-550V			
Max. operating current	17A						
Max. charge power	6000W						
Max. discharge power	2500W	3000W	3600W	4200W	4600W	5000W	6000W
Output data (AC)							
AC nominal power	2500W	3000W	3600W	4200W	4600W	5000W	6000W
Max. AC apparent power	2500VA	3000VA	3600VA	4200VA	4600VA	5000VA	6000VA
Nominal AC voltage(range*)	230V (180-280V)						
AC grid frequency(range*)	50/60 Hz (45-55Hz/55-65 Hz)						
Max. output current	11.3A	13.6A	16A	19A	20.9A	22.7A	27.2A
Adjustable power factor	0.8leading...0.8lagging						
THDi	< 3%						
AC grid connection type	Single phase						
Output data (Backup*)							
Max. apparent power	2500VA	3000VA	3600VA	4200VA	4600VA	5000VA	6000VA
Nominal AC voltage	230V						
AC grid frequency	50/60Hz						
Efficiency							
Max. efficiency	98.2%	98.2%	98.2%	98.4%	98.4%	98.4%	98.4%
European efficiency	97.1%	97.1%	97.2%	97.2%	97.5%	97.5%	97.5%
MPPT efficiency	99.9%						
Protection devices							
DC reverse polarity protection	Yes						
DC switch	Yes						
DC/AC surge protection	Type II/Type III						
Insulation resistance monitoring	Yes						
AC short-circuit protection	Yes						
Ground fault monitoring	Yes						
Grid monitoring	Yes						
Anti-islanding protection	Yes						
Residual-current monitoring unit	Yes						
AFCI protection	Optional						
General data							
Dimensions (W / H / D)	375/350/160mm						
Weight	10.8kg						
Operating temperature range	-25°C ... +60°C						
Altitude	4000m						
Self-Consumption night	< 10W						
Topology	Transformerless						
Cooling	Natural convection						
Protection degree	IP65						
Relative humidity	0%~100%						
DC connection	H4/MC4(Optional)						
AC connection	Connector						
Display	OLED+LED/WIFI+APP						
Interfaces: RS485 / USB/WI-FI/ GPRS/ RF/LAN	Yes/Yes/Optional/Optional/Optional /Optional						
Warranty: 5 years / 10 years	Yes /Optional						

CE, IEC62109, AS/NZS 4777.2, CEI 0-21, VDE-AR-N 4105, VDE 0126-1-1, UTE C 15-712-1, EN 50549, IEC 62116, IEC 61727, G98/G99

* The AC voltage and frequency range may vary depending on specific country grid standard.
All specifications are subject to change without notice.

* Backup power function need a Backup Box accessory.

FRONIUS PRIMO

/ El inversor comunicativo para la optimización de la gestión de energía



/ Tecnología SnapInverter



/ Comunicación de datos integrada



/ Diseño SuperFlex



/ Seguimiento inteligente GMPPT



/ Smart Grid Ready



/ Inyección cero



/ Dentro de la gama SnapInverter y con un rango de potencia entre 3,0 y 8,2 kW, el inversor monofásico Fronius Primo es el equipo perfecto para cubrir las necesidades de cualquier hogar. Gracias a su doble MPPT y su innovador diseño SuperFlex, es capaz de sacar el máximo rendimiento de las instalaciones en tejado. Con el sistema de montaje SnapInverter, la instalación y mantenimiento son más fáciles que nunca. El inversor Fronius Primo puede completarse de manera opcional con un Fronius Smart Meter, que es un equipo que envía la información más completa al sistema de monitorización, consiguiendo además que el inversor no inyecte energía a la red eléctrica.

DATOS TÉCNICOS FRONIUS PRIMO (3.0-1, 3.5-1, 3.6-1, 4.0-1, 4.6-1)

DATOS DE ENTRADA	PRIMO 3.0-1	PRIMO 3.5-1	PRIMO 3.6-1	PRIMO 4.0-1	PRIMO 4.6-1
Máxima corriente de entrada ($I_{dc\ máx.1} / I_{dc\ máx.2}$)			12 A / 12 A		
Máxima corriente de cortocircuito por serie FV (MPP ₁ /MPP ₂)			18 A / 18 A		
Mínima tensión de entrada ($U_{dc\ mín.}$)			80 V		
Tensión CC mínima de puesta en servicio ($U_{dc\ arranque}$)			80 V		
Tensión de entrada nominal ($U_{dc\ r}$)			710 V		
Máxima tensión de entrada ($U_{dc\ máx.}$)			1.000 V		
Rango de tensión MPP ($U_{mpp\ mín.} - U_{mpp\ máx.}$)		200 - 800 V		210 - 800 V	240 - 800 V
Número de seguidores MPP			2		
Número de entradas CC			2 + 2		
Máxima salida del generador FV ($P_{dc\ máx.}$)	4,5 kW _{pkc}	5,3 kW _{pkc}	5,5 kW _{pkc}	6,0 kW _{pkc}	6,9 kW _{pkc}

DATOS DE SALIDA	PRIMO 3.0-1	PRIMO 3.5-1	PRIMO 3.6-1	PRIMO 4.0-1	PRIMO 4.6-1
Potencia nominal CA ($P_{ac,r}$)	3.000 W	3.500 W	3.680 W	4.000 W	4.600 W
Máxima potencia de salida	3.000 VA	3.500 VA	3.680 VA	4.000 VA	4.600 VA
Corriente de salida CA ($I_{ac\ nom.}$)	13,0 A	15,2 A	16,0 A	17,4 A	20,0 A
Acoplamiento a la red (rango de tensión)	1 - NPE 220 V / 230 V (180 V - 270 V)				
Frecuencia (rango de frecuencia)	50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)				
Coefficiente de distorsión no lineal	< 5 %				
Factor de potencia ($\cos \varphi_{ac,r}$)	0,85 - 1 ind. / cap.				

DATOS TÉCNICOS FRONIUS PRIMO (3.0-1, 3.5-1, 3.6-1, 4.0-1, 4.6-1)

DATOS GENERALES	PRIMO 3.0-1	PRIMO 3.5-1	PRIMO 3.6-1	PRIMO 4.0-1	PRIMO 4.6-1
Dimensiones (altura x anchura x profundidad)	645 x 431 x 204 mm				
Peso	21,5 kg				
Tipo de protección	IP 65				
Clase de protección	1				
Categoría de sobretensión (CC/ CA) ¹⁾	2 / 3				
Consumo nocturno	< 1 W				
Concepto de inversor	Sin transformador				
Refrigeración	Refrigeración de aire regulada				
Instalación	Instalación interior y exterior				
Margen de temperatura ambiente	-40 - +55 °C				
Humedad de aire admisible	0 - 100 %				
Máxima altitud	+000 m				
Tecnología de conexión CC	Conexión de 4x CC+ y 4x CC- bornes roscados 2,5 - 16 mm ²				
Tecnología de conexión principal	Conexión de 3 polos CA bornes roscados 2,5 - 16 mm ²				
Certificados y cumplimiento de normas	DIN V VDE 0126-1-1/A1, IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 61727, AS 4777-2, AS 4777-3, G83/2, G59/3, CEI 0-21, VDE AR N 4105				

RENDIMIENTO	PRIMO 3.0-1	PRIMO 3.5-1	PRIMO 3.6-1	PRIMO 4.0-1	PRIMO 4.6-1
Máximo rendimiento	97,9 %	98,0 %	98,0 %	98,0 %	98,0 %
Rendimiento europeo (η_{EU})	96,1 %	96,8 %	96,8 %	97,0 %	97,0 %
η con 5 % $P_{ac,r}$ ²⁾	80,8 / 82,5 / 82,5 %	80,8 / 82,5 / 82,5 %	80,8 / 82,5 / 82,5 %	80,8 / 82,5 / 82,5 %	80,8 / 82,5 / 82,5 %
η con 10 % $P_{ac,r}$ ²⁾	84,1 / 86,5 / 86,1 %	86,3 / 93,6 / 91,8 %	86,3 / 93,6 / 91,8 %	86,6 / 93,9 / 92,2 %	88,9 / 94,4 / 92,9 %
η con 20 % $P_{ac,r}$ ²⁾	90,3 / 95,5 / 94,8 %	91,6 / 96,2 / 95,2 %	91,6 / 96,2 / 95,2 %	92,2 / 96,7 / 95,6 %	93,0 / 97,0 / 95,9 %
η con 25 % $P_{ac,r}$ ²⁾	91,8 / 96,4 / 95,1 %	92,7 / 96,9 / 95,8 %	92,7 / 96,9 / 95,8 %	93,2 / 97,2 / 96,1 %	93,9 / 97,2 / 96,6 %
η con 30 % $P_{ac,r}$ ²⁾	92,7 / 96,9 / 96,0 %	93,5 / 97,2 / 96,3 %	93,5 / 97,2 / 96,3 %	94,0 / 97,2 / 96,8 %	94,5 / 97,3 / 96,9 %
η con 50 % $P_{ac,r}$ ²⁾	94,5 / 97,4 / 97,0 %	95,0 / 97,7 / 97,3 %	95,0 / 97,7 / 97,3 %	95,2 / 97,8 / 97,4 %	95,6 / 97,9 / 97,6 %
η con 75 % $P_{ac,r}$ ²⁾	95,4 / 97,9 / 97,7 %	95,6 / 97,8 / 97,8 %	95,6 / 97,8 / 97,8 %	95,8 / 97,9 / 97,8 %	96,0 / 97,9 / 97,8 %
η con 100 % $P_{ac,r}$ ²⁾	95,7 / 97,9 / 97,8 %	95,8 / 98,0 / 97,8 %	95,8 / 98,0 / 97,8 %	95,9 / 98,0 / 97,9 %	96,2 / 97,9 / 98,0 %
Rendimiento de adaptación MPP	> 99,9 %				

EQUIPAMIENTO DE SEGURIDAD	PRIMO 3.0-1	PRIMO 3.5-1	PRIMO 3.6-1	PRIMO 4.0-1	PRIMO 4.6-1
Medición del aislamiento CC	Sí				
Comportamiento de sobrecarga	Desplazamiento del punto de trabajo, limitación de potencia				
Seccionador CC	Sí				
Protección contra polaridad inversa	Sí				

INTERFACES	PRIMO 3.0-1	PRIMO 3.5-1	PRIMO 3.6-1	PRIMO 4.0-1	PRIMO 4.6-1
WLAN / Ethernet LAN	Fronius Solar.web, Modbus TCP SunSpec, Fronius Solar API (JSON)				
6 inputs y 4 inputs/outputs digitales	Interface receptor del control de onda				
USB (Conector A) ³⁾	Datalogging, actualización de inversores vía USB				
2 conectores RJ 45 (RS422) ⁴⁾	Fronius Solar Net				
Salida de aviso ⁴⁾	Gestión de la energía (salida de relé libre de potencial)				
Datalogger y Servidor web	Incluido				
Input externo ⁴⁾	Interface SO-Meter / Input para la protección contra sobretensión				
RS485	Modbus RTU SunSpec o conexión del contador				

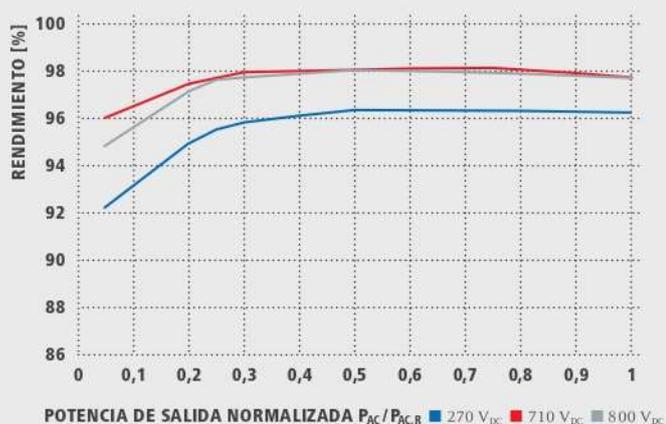
¹⁾ De acuerdo con IEC 62109-1.

²⁾ Y con U_{mpp} mín. / $U_{dc,r}$ / U_{mpp} máx.

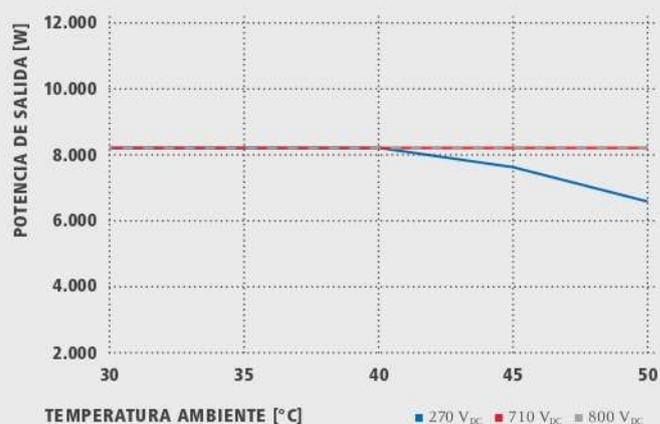
⁴⁾ También disponible en la versión light.

Más información sobre la disponibilidad de inversores en su país en www.fronius.es

CURVA DE RENDIMIENTO FRONIUS PRIMO 8.2-1



REDUCCIÓN DE TEMPERATURA FRONIUS PRIMO 8.2-1



DATOS TÉCNICOS FRONIUS PRIMO (5.0-1, 6.0-1, 8.2-1)

DATOS DE ENTRADA	PRIMO 5.0-1	PRIMO 6.0-1	PRIMO 8.2-1
Máxima corriente de entrada ($I_{di\ máx.1} / I_{di\ máx.2}$)	12 A / 12 A		18 A / 18 A
Máxima corriente de cortocircuito por serie FV (MPP_1/MPP_2)	18 A / 18 A		27 A / 27 A
Mínima tensión de entrada ($U_{di\ mín.}$)		80 V	
Tensión CC mínima de puesta en servicio ($U_{dc\ arranque}$)		80 V	
Tensión de entrada nominal ($U_{dc,n}$)		710 V	
Máxima tensión de entrada ($U_{dc\ máx.}$)		1.000 V	
Rango de tensión MPP ($U_{mpp\ mín.} - U_{mpp\ máx.}$)		240 - 800 V	270 - 800 V
Número de seguidores MPP		2	
Número de entradas CC		2 + 2	
Máxima salida del generador FV ($P_{di\ máx.}$)	7,5 kW _{plac.}	9,0 kW _{plac.}	12,3 kW _{plac.}

DATOS DE SALIDA	PRIMO 5.0-1	PRIMO 6.0-1	PRIMO 8.2-1
Potencia nominal CA ($P_{ac,n}$)	5.000 W	6.000 W	8.200 W
Máxima potencia de salida	5.000 VA	6.000 VA	8.200 VA
Corriente de salida CA ($I_{sc\ nom.}$)	21,7 A	26,1 A	35,7 A
Acoplamiento a la red (rango de tensión)		1 - NPE 220 V / 230 V (180 V - 270 V)	
Frecuencia (rango de frecuencia)		50 Hz / 60 Hz (+5 - 65 Hz)	
Coefficiente de distorsión no lineal		< 5 %	
Factor de potencia ($\cos \phi_{ac,n}$)		0,85 - 1 ind. / cap.	

DATOS GENERALES	PRIMO 5.0-1	PRIMO 6.0-1	PRIMO 8.2-1
Dimensiones (altura x anchura x profundidad)		645 x 431 x 204 mm	
Peso		21,5 kg	
Tipo de protección		IP 65	
Clase de protección		1	
Categoría de sobretensión (CC / CA) ¹⁾		2 / 3	
Consumo nocturno		< 1 W	
Concepto de inversor		Sin transformador	
Refrigeración		Refrigeración de aire regulada	
Instalación		Instalación interior y exterior	
Margen de temperatura ambiente		+0 - +55 °C	
Humedad de aire admisible		0 - 100 %	
Máxima altitud		+0.000 m	
Tecnología de conexión CC		Conexión de 4x CC+ y 4x CC- bornes roscados 2,5 - 16 mm ²	
Tecnología de conexión principal		Conexión de 3 polos CA bornes roscados 2,5 - 16 mm ²	
Certificados y cumplimiento de normas	DIN V VDE 0126-1-1/A1, IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 61727, AS 4777-2, AS 4777-3, G83/2, G59/3, CEI 0-21, VDE AR N 4105		

¹⁾ De acuerdo con IEC 62109-1.

RENDIMIENTO	PRIMO 5.0-1	PRIMO 6.0-1	PRIMO 8.2-1
Máximo rendimiento	98,0 %	98,0 %	98,1 %
Rendimiento europeo (η_{EU})	97,1 %	97,3 %	97,5 %
η con 5 % $P_{ac,r}$ ¹⁾	80,8 / 82,5 / 82,5 %	84,6 / 86,5 / 86,0 %	85,5 / 89,6 / 88,5 %
η con 10 % $P_{ac,r}$ ¹⁾	89,6 / 94,8 / 93,1 %	90,5 / 95,5 / 94,6 %	92,2 / 96,0 / 94,8 %
η con 20 % $P_{ac,r}$ ¹⁾	93,4 / 97,2 / 96,2 %	94,0 / 97,2 / 96,8 %	94,9 / 97,4 / 97,2 %
η con 25 % $P_{ac,r}$ ¹⁾	94,1 / 97,3 / 96,8 %	94,7 / 97,4 / 97,0 %	95,5 / 97,7 / 97,6 %
η con 30 % $P_{ac,r}$ ¹⁾	94,7 / 97,4 / 97,0 %	95,1 / 97,6 / 97,3 %	95,8 / 97,9 / 97,7 %
η con 50 % $P_{ac,r}$ ¹⁾	95,8 / 97,9 / 97,7 %	96,0 / 97,9 / 97,8 %	96,3 / 98,0 / 98,0 %
η con 75 % $P_{ac,r}$ ¹⁾	96,1 / 98,0 / 97,9 %	96,2 / 98,0 / 98,0 %	96,3 / 98,1 / 97,9 %
η con 100 % $P_{ac,r}$ ¹⁾	96,2 / 97,9 / 97,9 %	96,2 / 98,0 / 97,9 %	96,2 / 97,7 / 97,7 %
Rendimiento de adaptación MPP		> 99,9 %	

EQUIPAMIENTO DE SEGURIDAD	PRIMO 5.0-1	PRIMO 6.0-1	PRIMO 8.2-1
Medición del aislamiento CC		Sí	
Comportamiento de sobrecarga		Desplazamiento del punto de trabajo, limitación de potencia	
Seccionador CC		Sí	
Protección contra polaridad inversa		Sí	

INTERFACES	PRIMO 5.0-1	PRIMO 6.0-1	PRIMO 8.2-1
WLAN / Ethernet LAN	Fronius Solar.web, Modbus TCP SunSpec, Fronius Solar API (JSON)		
6 inputs y 4 inputs/outputs digitales	Interface receptor del control de onda		
USB (Conector A) ²⁾	Datalogging, actualización de inversores vía USB		
2 conectores RJ 45 (RS+22) ²⁾	Fronius Solar Net		
Salida de aviso ²⁾	Gestión de la energía (salida de relé libre de potencial)		
Datalogger y Servidor web	Incluido		
Input externo ²⁾	Interface SO-Meter / Input para la protección contra sobretensión		
RS485	Modbus RTU SunSpec o conexión del contador		

¹⁾ Y con U_{mpp} mín. / $U_{dc,r}$ / U_{mpp} máx.

²⁾ También disponible en la versión light.

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging

SOMOS TRES DIVISIONES CON UNA MISMA PASIÓN: SUPERAR LÍMITES.

/ No importa si se trata de tecnología de soldadura, energía fotovoltaica o tecnología de carga de baterías, nuestra exigencia está claramente definida: ser líder en innovación. Con nuestros más de 3.000 empleados en todo el mundo superamos los límites y nuestras más de 1.000 patentes concedidas son la mejor prueba. Otros se desarrollan paso a paso. Nosotros siempre damos saltos de gigante. Siempre ha sido así. El uso responsable de nuestros recursos constituye la base de nuestra actitud empresarial.

Para obtener información más detallada sobre todos los productos de Fronius y nuestros distribuidores y representantes en todo el mundo visite www.fronius.com

v04 Nov 2014 ES

Fronius España S.L.U.
Parque Empresarial LA CARPETANIA
Miguel Faraday 2
28906 Getafe (Madrid)
España
Teléfono +34 91 649 60 40
Fax +34 91 649 60 44
pv-sales-spain@fronius.com
www.fronius.es

Fronius International GmbH
Froniusplatz 1
4600 Wels
Austria
Teléfono +43 7242 241-0
Fax +43 7242 241-953940
pv-sales@fronius.com
www.fronius.com

FRONIUS PRIMO

/ El inversor comunicativo para la optimización de la gestión de energía



/ Tecnología SnapInverter



/ Comunicación de datos integrada



/ Diseño SuperFlex



/ Seguimiento inteligente GMPPT



/ Smart Grid Ready



/ Inyección cero



/ Dentro de la gama SnapInverter y con un rango de potencia entre 3,0 y 8,2 kW, el inversor monofásico Fronius Primo es el equipo perfecto para cubrir las necesidades de cualquier hogar. Gracias a su doble MPPT y su innovador diseño SuperFlex, es capaz de sacar el máximo rendimiento de las instalaciones en tejado. Con el sistema de montaje SnapInverter, la instalación y mantenimiento son más fáciles que nunca. El inversor Fronius Primo puede completarse de manera opcional con un Fronius Smart Meter, que es un equipo que envía la información más completa al sistema de monitorización, consiguiendo además que el inversor no inyecte energía a la red eléctrica.

DATOS TÉCNICOS FRONIUS PRIMO (3.0-1, 3.5-1, 3.6-1, 4.0-1, 4.6-1)

DATOS DE ENTRADA	PRIMO 3.0-1	PRIMO 3.5-1	PRIMO 3.6-1	PRIMO 4.0-1	PRIMO 4.6-1
Máxima corriente de entrada ($I_{dc\ máx.1} / I_{dc\ máx.2}$)			12 A / 12 A		
Máxima corriente de cortocircuito por serie FV (MPP ₁ /MPP ₂)			18 A / 18 A		
Mínima tensión de entrada ($U_{dc\ mín.}$)			80 V		
Tensión CC mínima de puesta en servicio ($U_{dc\ arranque}$)			80 V		
Tensión de entrada nominal ($U_{dc,r}$)			710 V		
Máxima tensión de entrada ($U_{dc\ máx.}$)			1.000 V		
Rango de tensión MPP ($U_{mpp\ mín.} - U_{mpp\ máx.}$)		200 - 800 V		210 - 800 V	240 - 800 V
Número de seguidores MPP			2		
Número de entradas CC			2 + 2		
Máxima salida del generador FV ($P_{dc\ máx.}$)	+5 kW _{pkc}	5,3 kW _{pkc}	5,5 kW _{pkc}	6,0 kW _{pkc}	6,9 kW _{pkc}

DATOS DE SALIDA	PRIMO 3.0-1	PRIMO 3.5-1	PRIMO 3.6-1	PRIMO 4.0-1	PRIMO 4.6-1
Potencia nominal CA ($P_{ac,r}$)	3.000 W	3.500 W	3.680 W	4.000 W	4.600 W
Máxima potencia de salida	3.000 VA	3.500 VA	3.680 VA	4.000 VA	4.600 VA
Corriente de salida CA ($I_{ac\ nom.}$)	13,0 A	15,2 A	16,0 A	17,4 A	20,0 A
Acoplamiento a la red (rango de tensión)	1 - NPE 220 V / 230 V (180 V - 270 V)				
Frecuencia (rango de frecuencia)	50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)				
Coefficiente de distorsión no lineal	< 5 %				
Factor de potencia ($\cos \varphi_{ac,r}$)	0,85 - 1 ind. / cap.				

DATOS TÉCNICOS FRONIUS PRIMO (3.0-1, 3.5-1, 3.6-1, 4.0-1, 4.6-1)

DATOS GENERALES	PRIMO 3.0-1	PRIMO 3.5-1	PRIMO 3.6-1	PRIMO 4.0-1	PRIMO 4.6-1
Dimensiones (altura x anchura x profundidad)	645 x 431 x 204 mm				
Peso	21,5 kg				
Tipo de protección	IP 65				
Clase de protección	1				
Categoría de sobretensión (CC/ CA) ¹⁾	2 / 3				
Consumo nocturno	< 1 W				
Concepto de inversor	Sin transformador				
Refrigeración	Refrigeración de aire regulada				
Instalación	Instalación interior y exterior				
Margen de temperatura ambiente	-40 - +55 °C				
Humedad de aire admisible	0 - 100 %				
Máxima altitud	+000 m				
Tecnología de conexión CC	Conexión de 4x CC+ y 4x CC- bornes roscados 2,5 - 16 mm ²				
Tecnología de conexión principal	Conexión de 3 polos CA bornes roscados 2,5 - 16 mm ²				
Certificados y cumplimiento de normas	DIN V VDE 0126-1-1/A1, IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 61727, AS 4777-2, AS 4777-3, G83/2, G59/3, CEI 0-21, VDE AR N 4105				

RENDIMIENTO	PRIMO 3.0-1	PRIMO 3.5-1	PRIMO 3.6-1	PRIMO 4.0-1	PRIMO 4.6-1
Máximo rendimiento	97,9 %	98,0 %	98,0 %	98,0 %	98,0 %
Rendimiento europeo (η_{EU})	96,1 %	96,8 %	96,8 %	97,0 %	97,0 %
η con 5 % $P_{ac,r}$ ²⁾	80,8 / 82,5 / 82,5 %	80,8 / 82,5 / 82,5 %	80,8 / 82,5 / 82,5 %	80,8 / 82,5 / 82,5 %	80,8 / 82,5 / 82,5 %
η con 10 % $P_{ac,r}$ ²⁾	84,1 / 86,5 / 86,1 %	86,3 / 93,6 / 91,8 %	86,3 / 93,6 / 91,8 %	86,6 / 93,9 / 92,2 %	88,9 / 94,4 / 92,9 %
η con 20 % $P_{ac,r}$ ²⁾	90,3 / 95,5 / 94,8 %	91,6 / 96,2 / 95,2 %	91,6 / 96,2 / 95,2 %	92,2 / 96,7 / 95,6 %	93,0 / 97,0 / 95,9 %
η con 25 % $P_{ac,r}$ ²⁾	91,8 / 96,4 / 95,1 %	92,7 / 96,9 / 95,8 %	92,7 / 96,9 / 95,8 %	93,2 / 97,2 / 96,1 %	93,9 / 97,2 / 96,6 %
η con 30 % $P_{ac,r}$ ²⁾	92,7 / 96,9 / 96,0 %	93,5 / 97,2 / 96,3 %	93,5 / 97,2 / 96,3 %	94,0 / 97,2 / 96,8 %	94,5 / 97,3 / 96,9 %
η con 50 % $P_{ac,r}$ ²⁾	94,5 / 97,4 / 97,0 %	95,0 / 97,7 / 97,3 %	95,0 / 97,7 / 97,3 %	95,2 / 97,8 / 97,4 %	95,6 / 97,9 / 97,6 %
η con 75 % $P_{ac,r}$ ²⁾	95,4 / 97,9 / 97,7 %	95,6 / 97,8 / 97,8 %	95,6 / 97,8 / 97,8 %	95,8 / 97,9 / 97,8 %	96,0 / 97,9 / 97,8 %
η con 100 % $P_{ac,r}$ ²⁾	95,7 / 97,9 / 97,8 %	95,8 / 98,0 / 97,8 %	95,8 / 98,0 / 97,8 %	95,9 / 98,0 / 97,9 %	96,2 / 97,9 / 98,0 %
Rendimiento de adaptación MPP	> 99,9 %				

EQUIPAMIENTO DE SEGURIDAD	PRIMO 3.0-1	PRIMO 3.5-1	PRIMO 3.6-1	PRIMO 4.0-1	PRIMO 4.6-1
Medición del aislamiento CC	Sí				
Comportamiento de sobrecarga	Desplazamiento del punto de trabajo, limitación de potencia				
Seccionador CC	Sí				
Protección contra polaridad inversa	Sí				

INTERFACES	PRIMO 3.0-1	PRIMO 3.5-1	PRIMO 3.6-1	PRIMO 4.0-1	PRIMO 4.6-1
WLAN / Ethernet LAN	Fronius Solar.web, Modbus TCP SunSpec, Fronius Solar API (JSON)				
6 inputs y 4 inputs/outputs digitales	Interface receptor del control de onda				
USB (Conector A) ³⁾	Datalogging, actualización de inversores vía USB				
2 conectores RJ 45 (RS422) ⁴⁾	Fronius Solar Net				
Salida de aviso ⁴⁾	Gestión de la energía (salida de relé libre de potencial)				
Datalogger y Servidor web	Incluido				
Input externo ⁴⁾	Interface SO-Meter / Input para la protección contra sobretensión				
RS485	Modbus RTU SunSpec o conexión del contador				

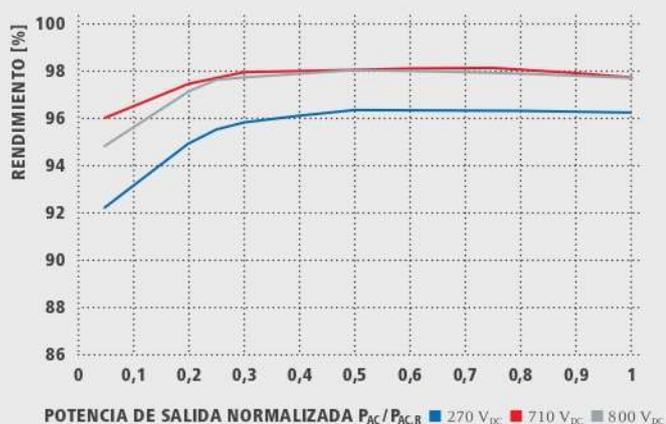
¹⁾ De acuerdo con IEC 62109-1.

²⁾ Y con U_{mpp} mín. / $U_{dc,r}$ / U_{mpp} máx.

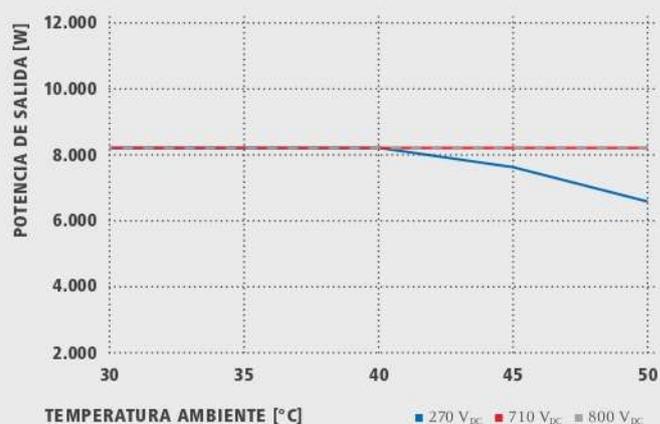
⁴⁾ También disponible en la versión light.

Más información sobre la disponibilidad de inversores en su país en www.fronius.es

CURVA DE RENDIMIENTO FRONIUS PRIMO 8.2-1



REDUCCIÓN DE TEMPERATURA FRONIUS PRIMO 8.2-1



DATOS TÉCNICOS FRONIUS PRIMO (5.0-1, 6.0-1, 8.2-1)

DATOS DE ENTRADA	PRIMO 5.0-1	PRIMO 6.0-1	PRIMO 8.2-1
Máxima corriente de entrada ($I_{di\ máx.1} / I_{di\ máx.2}$)	12 A / 12 A		18 A / 18 A
Máxima corriente de cortocircuito por serie FV (MPP_1/MPP_2)	18 A / 18 A		27 A / 27 A
Mínima tensión de entrada ($U_{di\ mín.}$)		80 V	
Tensión CC mínima de puesta en servicio ($U_{dc\ arranque}$)		80 V	
Tensión de entrada nominal ($U_{dc,n}$)		710 V	
Máxima tensión de entrada ($U_{dc\ máx.}$)		1.000 V	
Rango de tensión MPP ($U_{mpp\ mín.} - U_{mpp\ máx.}$)		240 - 800 V	270 - 800 V
Número de seguidores MPP		2	
Número de entradas CC		2 + 2	
Máxima salida del generador FV ($P_{di\ máx.}$)	7,5 kW _{plac.}	9,0 kW _{plac.}	12,3 kW _{plac.}

DATOS DE SALIDA	PRIMO 5.0-1	PRIMO 6.0-1	PRIMO 8.2-1
Potencia nominal CA ($P_{ac,n}$)	5.000 W	6.000 W	8.200 W
Máxima potencia de salida	5.000 VA	6.000 VA	8.200 VA
Corriente de salida CA ($I_{sc\ nom.}$)	21,7 A	26,1 A	35,7 A
Acoplamiento a la red (rango de tensión)		1 - NPE 220 V / 230 V (180 V - 270 V)	
Frecuencia (rango de frecuencia)		50 Hz / 60 Hz (+5 - 65 Hz)	
Coefficiente de distorsión no lineal		< 5 %	
Factor de potencia ($\cos \phi_{ac,n}$)		0,85 - 1 ind. / cap.	

DATOS GENERALES	PRIMO 5.0-1	PRIMO 6.0-1	PRIMO 8.2-1
Dimensiones (altura x anchura x profundidad)		645 x 431 x 204 mm	
Peso		21,5 kg	
Tipo de protección		IP 65	
Clase de protección		1	
Categoría de sobretensión (CC / CA) ¹⁾		2 / 3	
Consumo nocturno		< 1 W	
Concepto de inversor		Sin transformador	
Refrigeración		Refrigeración de aire regulada	
Instalación		Instalación interior y exterior	
Margen de temperatura ambiente		+0 - +55 °C	
Humedad de aire admisible		0 - 100 %	
Máxima altitud		+0.000 m	
Tecnología de conexión CC		Conexión de 4x CC+ y 4x CC- bornes roscados 2,5 - 16 mm ²	
Tecnología de conexión principal		Conexión de 3 polos CA bornes roscados 2,5 - 16 mm ²	
Certificados y cumplimiento de normas	DIN V VDE 0126-1-1/A1, IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 61727, AS 4777-2, AS 4777-3, G83/2, G59/3, CEI 0-21, VDE AR N 4105		

¹⁾ De acuerdo con IEC 62109-1.

RENDIMIENTO	PRIMO 5.0-1	PRIMO 6.0-1	PRIMO 8.2-1
Máximo rendimiento	98,0 %	98,0 %	98,1 %
Rendimiento europeo (η_{EU})	97,1 %	97,3 %	97,5 %
η con 5 % $P_{ac,r}$ ¹⁾	80,8 / 82,5 / 82,5 %	84,6 / 86,5 / 86,0 %	85,5 / 89,6 / 88,5 %
η con 10 % $P_{ac,r}$ ¹⁾	89,6 / 94,8 / 93,1 %	90,5 / 95,5 / 94,6 %	92,2 / 96,0 / 94,8 %
η con 20 % $P_{ac,r}$ ¹⁾	93,4 / 97,2 / 96,2 %	94,0 / 97,2 / 96,8 %	94,9 / 97,4 / 97,2 %
η con 25 % $P_{ac,r}$ ¹⁾	94,1 / 97,3 / 96,8 %	94,7 / 97,4 / 97,0 %	95,5 / 97,7 / 97,6 %
η con 30 % $P_{ac,r}$ ¹⁾	94,7 / 97,4 / 97,0 %	95,1 / 97,6 / 97,3 %	95,8 / 97,9 / 97,7 %
η con 50 % $P_{ac,r}$ ¹⁾	95,8 / 97,9 / 97,7 %	96,0 / 97,9 / 97,8 %	96,3 / 98,0 / 98,0 %
η con 75 % $P_{ac,r}$ ¹⁾	96,1 / 98,0 / 97,9 %	96,2 / 98,0 / 98,0 %	96,3 / 98,1 / 97,9 %
η con 100 % $P_{ac,r}$ ¹⁾	96,2 / 97,9 / 97,9 %	96,2 / 98,0 / 97,9 %	96,2 / 97,7 / 97,7 %
Rendimiento de adaptación MPP		> 99,9 %	

EQUIPAMIENTO DE SEGURIDAD	PRIMO 5.0-1	PRIMO 6.0-1	PRIMO 8.2-1
Medición del aislamiento CC		Sí	
Comportamiento de sobrecarga		Desplazamiento del punto de trabajo, limitación de potencia	
Seccionador CC		Sí	
Protección contra polaridad inversa		Sí	

INTERFACES	PRIMO 5.0-1	PRIMO 6.0-1	PRIMO 8.2-1
WLAN / Ethernet LAN	Fronius Solar.web, Modbus TCP SunSpec, Fronius Solar API (JSON)		
6 inputs y 4 inputs/outputs digitales	Interface receptor del control de onda		
USB (Conector A) ²⁾	Datalogging, actualización de inversores vía USB		
2 conectores RJ 45 (RS+22) ²⁾	Fronius Solar Net		
Salida de aviso ²⁾	Gestión de la energía (salida de relé libre de potencial)		
Datalogger y Servidor web	Incluido		
Input externo ²⁾	Interface SO-Meter / Input para la protección contra sobretensión		
RS485	Modbus RTU SunSpec o conexión del contador		

¹⁾ Y con U_{mpp} mín. / $U_{dc,r}$ / U_{mpp} máx.

²⁾ También disponible en la versión light.

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging

SOMOS TRES DIVISIONES CON UNA MISMA PASIÓN: SUPERAR LÍMITES.

/ No importa si se trata de tecnología de soldadura, energía fotovoltaica o tecnología de carga de baterías, nuestra exigencia está claramente definida: ser líder en innovación. Con nuestros más de 3.000 empleados en todo el mundo superamos los límites y nuestras más de 1.000 patentes concedidas son la mejor prueba. Otros se desarrollan paso a paso. Nosotros siempre damos saltos de gigante. Siempre ha sido así. El uso responsable de nuestros recursos constituye la base de nuestra actitud empresarial.

Para obtener información más detallada sobre todos los productos de Fronius y nuestros distribuidores y representantes en todo el mundo visite www.fronius.com

v04 Nov 2014 ES

Fronius España S.L.U.
Parque Empresarial LA CARPETANIA
Miguel Faraday 2
28906 Getafe (Madrid)
España
Teléfono +34 91 649 60 40
Fax +34 91 649 60 44
pv-sales-spain@fronius.com
www.fronius.es

Fronius International GmbH
Froniusplatz 1
4600 Wels
Austria
Teléfono +43 7242 241-0
Fax +43 7242 241-953940
pv-sales@fronius.com
www.fronius.com

FRONIUS PRIMO

/ El inversor comunicativo para la optimización de la gestión de energía



/ Tecnología SnapINverter



/ Comunicación de datos integrada



/ Diseño SuperFlex



/ Seguimiento inteligente GMPP



/ Smart Grid Ready



/ Inyección cero



/ Dentro de la gama SnapINverter y con un rango de potencia entre 3,0 y 8,2 kW, el inversor monofásico Fronius Primo es el equipo perfecto para cubrir las necesidades de cualquier hogar. Gracias a su doble MPPT y su innovador diseño SuperFlex, es capaz de sacar el máximo rendimiento de las instalaciones en tejado. Con el sistema de montaje SnapInverter, la instalación y mantenimiento son más fáciles que nunca. El inversor Fronius Primo puede completarse de manera opcional con un Fronius Smart Meter, que es un equipo que envía la información más completa al sistema de monitorización, consiguiendo además que el inversor no inyecte energía a la red eléctrica.

DATOS TÉCNICOS FRONIUS PRIMO (3.0-1, 3.5-1, 3.6-1, 4.0-1, 4.6-1)

DATOS DE ENTRADA	PRIMO 3.0-1	PRIMO 3.5-1	PRIMO 3.6-1	PRIMO 4.0-1	PRIMO 4.6-1
Máxima corriente de entrada ($I_{dc\ máx.1} / I_{dc\ máx.2}$)			12 A / 12 A		
Máxima corriente de cortocircuito por serie FV (MPP ₁ /MPP ₂)			18 A / 18 A		
Mínima tensión de entrada ($U_{dc\ mín.}$)			80 V		
Tensión CC mínima de puesta en servicio ($U_{dc\ arranque}$)			80 V		
Tensión de entrada nominal ($U_{dc,r}$)			710 V		
Máxima tensión de entrada ($U_{dc\ máx.}$)			1.000 V		
Rango de tensión MPP ($U_{mpp\ mín.} - U_{mpp\ máx.}$)		200 - 800 V		210 - 800 V	240 - 800 V
Número de seguidores MPP			2		
Número de entradas CC			2 + 2		
Máxima salida del generador FV ($P_{dc\ máx.}$)	4,5 kW _{pkc}	5,3 kW _{pkc}	5,5 kW _{pkc}	6,0 kW _{pkc}	6,9 kW _{pkc}

DATOS DE SALIDA	PRIMO 3.0-1	PRIMO 3.5-1	PRIMO 3.6-1	PRIMO 4.0-1	PRIMO 4.6-1
Potencia nominal CA ($P_{ac,r}$)	3.000 W	3.500 W	3.680 W	4.000 W	4.600 W
Máxima potencia de salida	3.000 VA	3.500 VA	3.680 VA	4.000 VA	4.600 VA
Corriente de salida CA ($I_{ac\ nom.}$)	13,0 A	15,2 A	16,0 A	17,4 A	20,0 A
Acoplamiento a la red (rango de tensión)	1 - NPE 220 V / 230 V (180 V - 270 V)				
Frecuencia (rango de frecuencia)	50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)				
Coefficiente de distorsión no lineal	< 5 %				
Factor de potencia ($\cos \varphi_{ac,r}$)	0,85 - 1 ind. / cap.				

DATOS TÉCNICOS FRONIUS PRIMO (3.0-1, 3.5-1, 3.6-1, 4.0-1, 4.6-1)

DATOS GENERALES	PRIMO 3.0-1	PRIMO 3.5-1	PRIMO 3.6-1	PRIMO 4.0-1	PRIMO 4.6-1
Dimensiones (altura x anchura x profundidad)	645 x 431 x 204 mm				
Peso	21,5 kg				
Tipo de protección	IP 65				
Clase de protección	1				
Categoría de sobretensión (CC/ CA) ¹⁾	2 / 3				
Consumo nocturno	< 1 W				
Concepto de inversor	Sin transformador				
Refrigeración	Refrigeración de aire regulada				
Instalación	Instalación interior y exterior				
Margen de temperatura ambiente	-40 - +55 °C				
Humedad de aire admisible	0 - 100 %				
Máxima altitud	+000 m				
Tecnología de conexión CC	Conexión de 4x CC+ y 4x CC- bornes roscados 2,5 - 16 mm ²				
Tecnología de conexión principal	Conexión de 3 polos CA bornes roscados 2,5 - 16 mm ²				
Certificados y cumplimiento de normas	DIN V VDE 0126-1-1/A1, IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 61727, AS 4777-2, AS 4777-3, G83/2, G59/3, CEI 0-21, VDE AR N 4105				

RENDIMIENTO	PRIMO 3.0-1	PRIMO 3.5-1	PRIMO 3.6-1	PRIMO 4.0-1	PRIMO 4.6-1
Máximo rendimiento	97,9 %	98,0 %	98,0 %	98,0 %	98,0 %
Rendimiento europeo (η_{EU})	96,1 %	96,8 %	96,8 %	97,0 %	97,0 %
η con 5 % $P_{ac,r}$ ²⁾	80,8 / 82,5 / 82,5 %	80,8 / 82,5 / 82,5 %	80,8 / 82,5 / 82,5 %	80,8 / 82,5 / 82,5 %	80,8 / 82,5 / 82,5 %
η con 10 % $P_{ac,r}$ ²⁾	84,1 / 86,5 / 86,1 %	86,3 / 93,6 / 91,8 %	86,3 / 93,6 / 91,8 %	86,6 / 93,9 / 92,2 %	88,9 / 94,4 / 92,9 %
η con 20 % $P_{ac,r}$ ²⁾	90,3 / 95,5 / 94,8 %	91,6 / 96,2 / 95,2 %	91,6 / 96,2 / 95,2 %	92,2 / 96,7 / 95,6 %	93,0 / 97,0 / 95,9 %
η con 25 % $P_{ac,r}$ ²⁾	91,8 / 96,4 / 95,1 %	92,7 / 96,9 / 95,8 %	92,7 / 96,9 / 95,8 %	93,2 / 97,2 / 96,1 %	93,9 / 97,2 / 96,6 %
η con 30 % $P_{ac,r}$ ²⁾	92,7 / 96,9 / 96,0 %	93,5 / 97,2 / 96,3 %	93,5 / 97,2 / 96,3 %	94,0 / 97,2 / 96,8 %	94,5 / 97,3 / 96,9 %
η con 50 % $P_{ac,r}$ ²⁾	94,5 / 97,4 / 97,0 %	95,0 / 97,7 / 97,3 %	95,0 / 97,7 / 97,3 %	95,2 / 97,8 / 97,4 %	95,6 / 97,9 / 97,6 %
η con 75 % $P_{ac,r}$ ²⁾	95,4 / 97,9 / 97,7 %	95,6 / 97,8 / 97,8 %	95,6 / 97,8 / 97,8 %	95,8 / 97,9 / 97,8 %	96,0 / 97,9 / 97,8 %
η con 100 % $P_{ac,r}$ ²⁾	95,7 / 97,9 / 97,8 %	95,8 / 98,0 / 97,8 %	95,8 / 98,0 / 97,8 %	95,9 / 98,0 / 97,9 %	96,2 / 97,9 / 98,0 %
Rendimiento de adaptación MPP	> 99,9 %				

EQUIPAMIENTO DE SEGURIDAD	PRIMO 3.0-1	PRIMO 3.5-1	PRIMO 3.6-1	PRIMO 4.0-1	PRIMO 4.6-1
Medición del aislamiento CC	Sí				
Comportamiento de sobrecarga	Desplazamiento del punto de trabajo, limitación de potencia				
Seccionador CC	Sí				
Protección contra polaridad inversa	Sí				

INTERFACES	PRIMO 3.0-1	PRIMO 3.5-1	PRIMO 3.6-1	PRIMO 4.0-1	PRIMO 4.6-1
WLAN / Ethernet LAN	Fronius Solar.web, Modbus TCP SunSpec, Fronius Solar API (JSON)				
6 inputs y 4 inputs/outputs digitales	Interface receptor del control de onda				
USB (Conector A) ³⁾	Datalogging, actualización de inversores vía USB				
2 conectores RJ 45 (RS422) ⁴⁾	Fronius Solar Net				
Salida de aviso ⁴⁾	Gestión de la energía (salida de relé libre de potencial)				
Datalogger y Servidor web	Incluido				
Input externo ⁴⁾	Interface SO-Meter / Input para la protección contra sobretensión				
RS485	Modbus RTU SunSpec o conexión del contador				

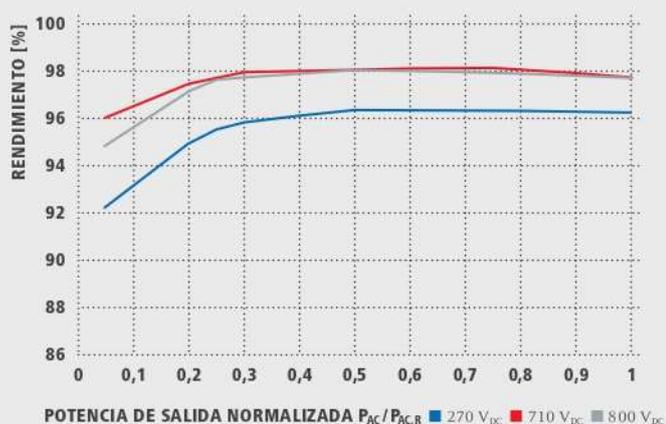
¹⁾ De acuerdo con IEC 62109-1.

²⁾ Y con U_{mpp} mín. / $U_{dc,r}$ / U_{mpp} máx.

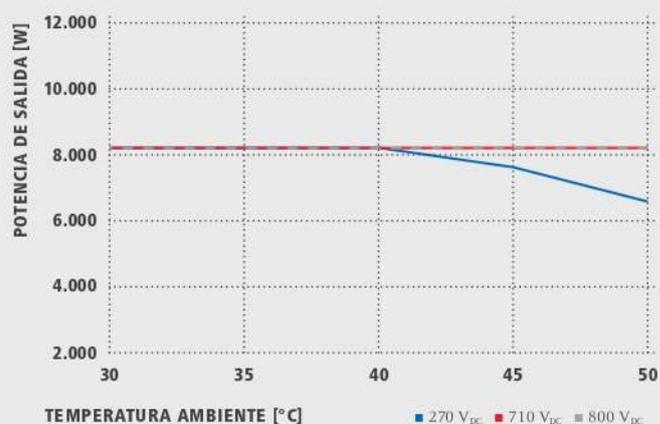
⁴⁾ También disponible en la versión light.

Más información sobre la disponibilidad de inversores en su país en www.fronius.es

CURVA DE RENDIMIENTO FRONIUS PRIMO 8.2-1



REDUCCIÓN DE TEMPERATURA FRONIUS PRIMO 8.2-1



DATOS TÉCNICOS FRONIUS PRIMO (5.0-1, 6.0-1, 8.2-1)

DATOS DE ENTRADA	PRIMO 5.0-1	PRIMO 6.0-1	PRIMO 8.2-1
Máxima corriente de entrada ($I_{di\ máx.1} / I_{di\ máx.2}$)	12 A / 12 A		18 A / 18 A
Máxima corriente de cortocircuito por serie FV (MPP_1/MPP_2)	18 A / 18 A		27 A / 27 A
Mínima tensión de entrada ($U_{di\ mín.}$)		80 V	
Tensión CC mínima de puesta en servicio ($U_{dc\ arranque}$)		80 V	
Tensión de entrada nominal ($U_{dc,n}$)		710 V	
Máxima tensión de entrada ($U_{dc\ máx.}$)		1.000 V	
Rango de tensión MPP ($U_{mpp\ mín.} - U_{mpp\ máx.}$)		240 - 800 V	270 - 800 V
Número de seguidores MPP		2	
Número de entradas CC		2 + 2	
Máxima salida del generador FV ($P_{di\ máx.}$)	7,5 kW _{plac.}	9,0 kW _{plac.}	12,3 kW _{plac.}

DATOS DE SALIDA	PRIMO 5.0-1	PRIMO 6.0-1	PRIMO 8.2-1
Potencia nominal CA ($P_{ac,n}$)	5.000 W	6.000 W	8.200 W
Máxima potencia de salida	5.000 VA	6.000 VA	8.200 VA
Corriente de salida CA ($I_{sc\ nom.}$)	21,7 A	26,1 A	35,7 A
Acoplamiento a la red (rango de tensión)		1 - NPE 220 V / 230 V (180 V - 270 V)	
Frecuencia (rango de frecuencia)		50 Hz / 60 Hz (+5 - 65 Hz)	
Coefficiente de distorsión no lineal		< 5 %	
Factor de potencia ($\cos \phi_{ac,n}$)		0,85 - 1 ind. / cap.	

DATOS GENERALES	PRIMO 5.0-1	PRIMO 6.0-1	PRIMO 8.2-1
Dimensiones (altura x anchura x profundidad)		645 x 431 x 204 mm	
Peso		21,5 kg	
Tipo de protección		IP 65	
Clase de protección		1	
Categoría de sobretensión (CC / CA) ¹⁾		2 / 3	
Consumo nocturno		< 1 W	
Concepto de inversor		Sin transformador	
Refrigeración		Refrigeración de aire regulada	
Instalación		Instalación interior y exterior	
Margen de temperatura ambiente		+0 - +55 °C	
Humedad de aire admisible		0 - 100 %	
Máxima altitud		+0.000 m	
Tecnología de conexión CC		Conexión de 4x CC+ y 4x CC- bornes roscados 2,5 - 16 mm ²	
Tecnología de conexión principal		Conexión de 3 polos CA bornes roscados 2,5 - 16 mm ²	
Certificados y cumplimiento de normas	DIN V VDE 0126-1-1/A1, IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 61727, AS 4777-2, AS 4777-3, G83/2, G59/3, CEI 0-21, VDE AR N 4105		

¹⁾ De acuerdo con IEC 62109-1.

RENDIMIENTO	PRIMO 5.0-1	PRIMO 6.0-1	PRIMO 8.2-1
Máximo rendimiento	98,0 %	98,0 %	98,1 %
Rendimiento europeo (η_{EU})	97,1 %	97,3 %	97,5 %
η con 5 % $P_{ac,r}$ ¹⁾	80,8 / 82,5 / 82,5 %	84,6 / 86,5 / 86,0 %	85,5 / 89,6 / 88,5 %
η con 10 % $P_{ac,r}$ ¹⁾	89,6 / 94,8 / 93,1 %	90,5 / 95,5 / 94,6 %	92,2 / 96,0 / 94,8 %
η con 20 % $P_{ac,r}$ ¹⁾	93,4 / 97,2 / 96,2 %	94,0 / 97,2 / 96,8 %	94,9 / 97,4 / 97,2 %
η con 25 % $P_{ac,r}$ ¹⁾	94,1 / 97,3 / 96,8 %	94,7 / 97,4 / 97,0 %	95,5 / 97,7 / 97,6 %
η con 30 % $P_{ac,r}$ ¹⁾	94,7 / 97,4 / 97,0 %	95,1 / 97,6 / 97,3 %	95,8 / 97,9 / 97,7 %
η con 50 % $P_{ac,r}$ ¹⁾	95,8 / 97,9 / 97,7 %	96,0 / 97,9 / 97,8 %	96,3 / 98,0 / 98,0 %
η con 75 % $P_{ac,r}$ ¹⁾	96,1 / 98,0 / 97,9 %	96,2 / 98,0 / 98,0 %	96,3 / 98,1 / 97,9 %
η con 100 % $P_{ac,r}$ ¹⁾	96,2 / 97,9 / 97,9 %	96,2 / 98,0 / 97,9 %	96,2 / 97,7 / 97,7 %
Rendimiento de adaptación MPP		> 99,9 %	

EQUIPAMIENTO DE SEGURIDAD	PRIMO 5.0-1	PRIMO 6.0-1	PRIMO 8.2-1
Medición del aislamiento CC		Sí	
Comportamiento de sobrecarga		Desplazamiento del punto de trabajo, limitación de potencia	
Seccionador CC		Sí	
Protección contra polaridad inversa		Sí	

INTERFACES	PRIMO 5.0-1	PRIMO 6.0-1	PRIMO 8.2-1
WLAN / Ethernet LAN	Fronius Solar.web, Modbus TCP SunSpec, Fronius Solar API (JSON)		
6 inputs y 4 inputs/outputs digitales	Interface receptor del control de onda		
USB (Conector A) ²⁾	Datalogging, actualización de inversores vía USB		
2 conectores RJ 45 (RS+22) ²⁾	Fronius Solar Net		
Salida de aviso ²⁾	Gestión de la energía (salida de relé libre de potencial)		
Datalogger y Servidor web	Incluido		
Input externo ²⁾	Interface SO-Meter / Input para la protección contra sobretensión		
RS485	Modbus RTU SunSpec o conexión del contador		

¹⁾ Y con U_{mpp} mín. / $U_{dc,r}$ / U_{mpp} máx.

²⁾ También disponible en la versión light.

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging

SOMOS TRES DIVISIONES CON UNA MISMA PASIÓN: SUPERAR LÍMITES.

/ No importa si se trata de tecnología de soldadura, energía fotovoltaica o tecnología de carga de baterías, nuestra exigencia está claramente definida: ser líder en innovación. Con nuestros más de 3.000 empleados en todo el mundo superamos los límites y nuestras más de 1.000 patentes concedidas son la mejor prueba. Otros se desarrollan paso a paso. Nosotros siempre damos saltos de gigante. Siempre ha sido así. El uso responsable de nuestros recursos constituye la base de nuestra actitud empresarial.

Para obtener información más detallada sobre todos los productos de Fronius y nuestros distribuidores y representantes en todo el mundo visite www.fronius.com

v04 Nov 2014 ES

Fronius España S.L.U.
Parque Empresarial LA CARPETANIA
Miguel Faraday 2
28906 Getafe (Madrid)
España
Teléfono +34 91 649 60 40
Fax +34 91 649 60 44
pv-sales-spain@fronius.com
www.fronius.es

Fronius International GmbH
Froniusplatz 1
4600 Wels
Austria
Teléfono +43 7242 241-0
Fax +43 7242 241-953940
pv-sales@fronius.com
www.fronius.com