



Introducción a la fotovoltaica I (1.8 Configuración del sistema)

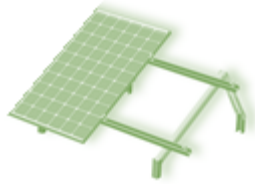
Componentes y funcionamiento de una
instalación fotovoltaica de conexión a red

Jean-Francois Picard
Product & training manager

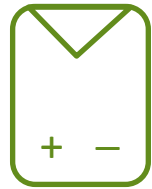
Jose María Vizquete Sánchez
Technical Manager

Componentes de un sistema fotovoltaico de conexión a red

Estructura y sistema de montaje



Módulos FV



Inversor FV



Optimizador de módulos



Batería



Medidor/Gestor energético



Portal Web, App Internet



Cargador batería



Hibrido



Cargador VE



¿Qué significa “configurar” una planta FV?

En primera instancia se entiende por establecer la cantidad y la distribución de los módulos FV a utilizar con un inversor determinado.

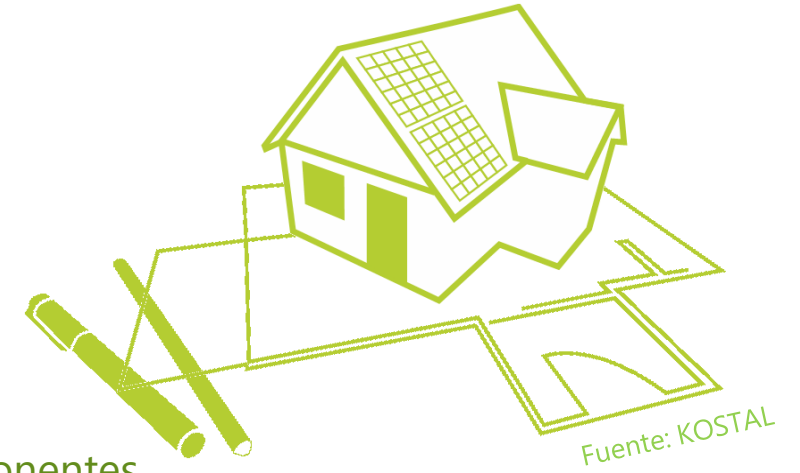
p.e.

¿Cuántos módulos en total? (marca y modelo)

¿Cuántos módulos/filas por entrada?

¿En serie o en paralelo?

Etc.



En segunda instancia, se deberá incluir también la elección de los otros componentes y su ubicación:

p.e.

- La estructura

- Los medidores energéticos

- Cableado

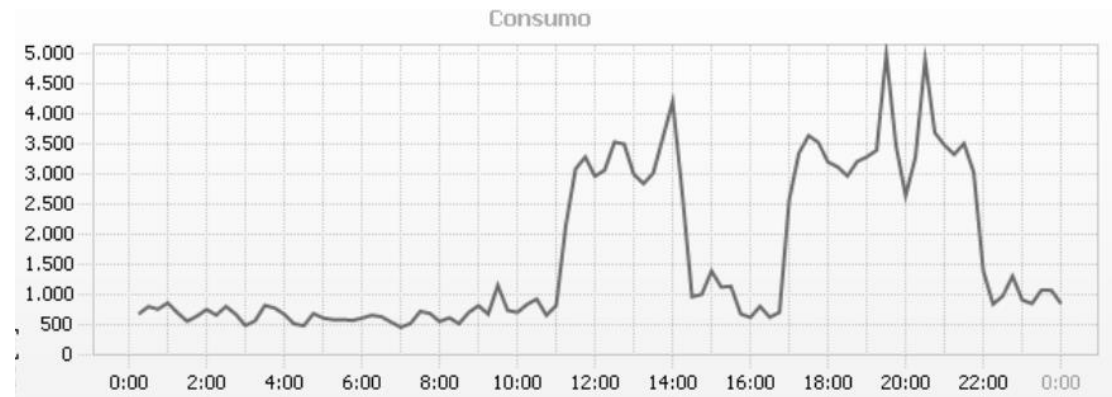
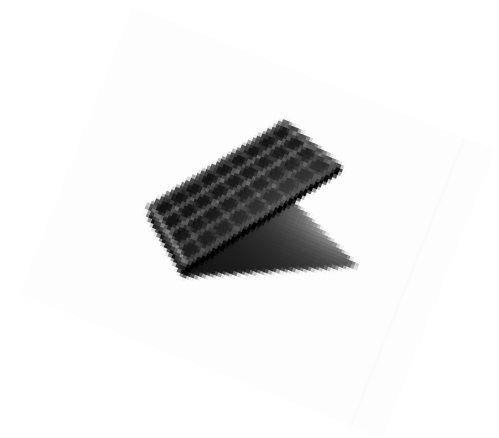
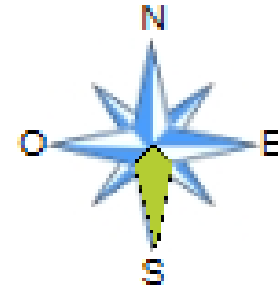
- Otros accesorios necesarios.

Todo eso entraría más bien en la parte denominada diseño del proyecto.

Aspectos a considerar para la configuración

El autoconsumo no es igual de rentable para todos los clientes.
Depende de varios factores, entre otros:

- Perfil de consumo del cliente
- Lugar geográfico de la instalación
- Tipo de tarifa, Precio de la energía
- Orientación / inclinación de los módulos
- Financiación
- Etc.



Aspectos a considerar para la configuración

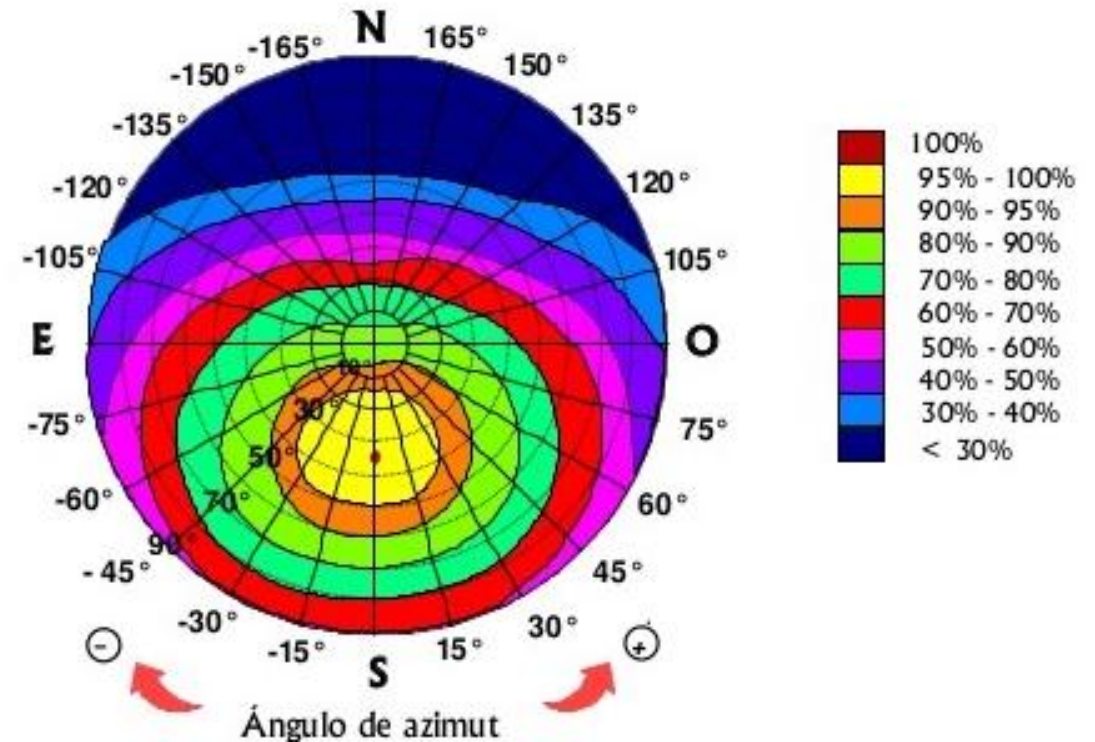
Una orientación al sur y con $\pm 30^\circ$ de inclinación es lo que más energía (kWh) produce a lo largo del año.

Pero, ¿Es realmente lo óptimo para el autoconsumo?
Y ¿Cuál es la diferencia de producción?



designed by freepik

Irradiación sobre superficies inclinadas



Aspectos a considerar para la configuración

1º Conocer las necesidades del cliente

- Perfil de consumo

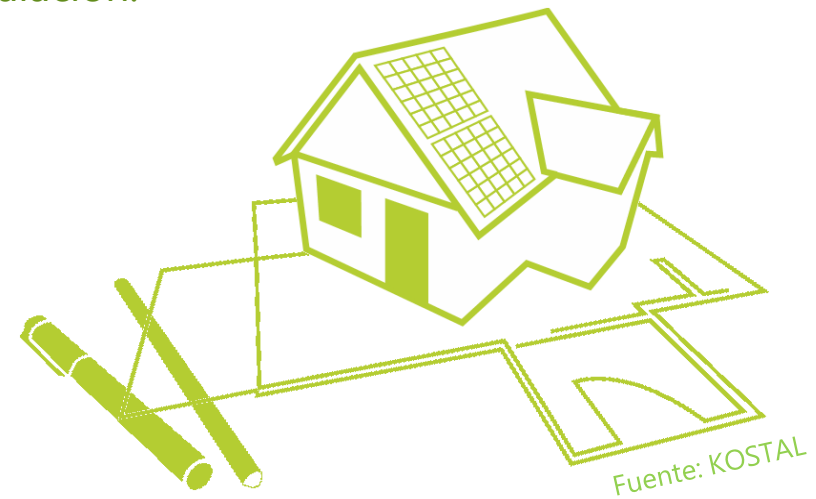
2º Determinar la potencia FV a instalar

- Según las limitaciones propias del edificio/lugar de instalación.
- Objetivo principal del cliente

3º Elegir componentes y realizar la configuración

- Módulos FV
- Inversor

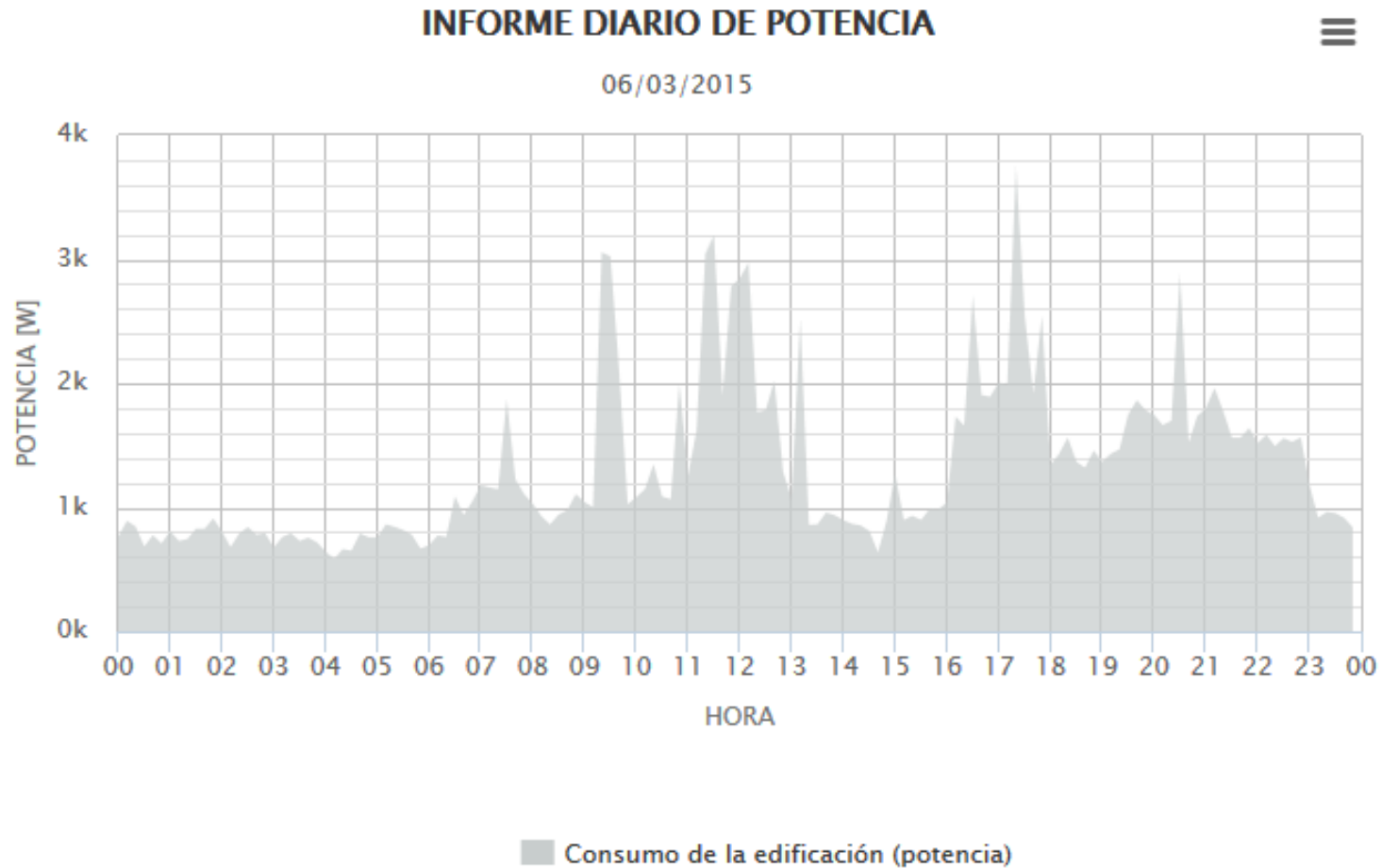
4º Analizar la rentabilidad del proyecto



Aspectos a considerar para la configuración

1º Conocer las necesidades del cliente

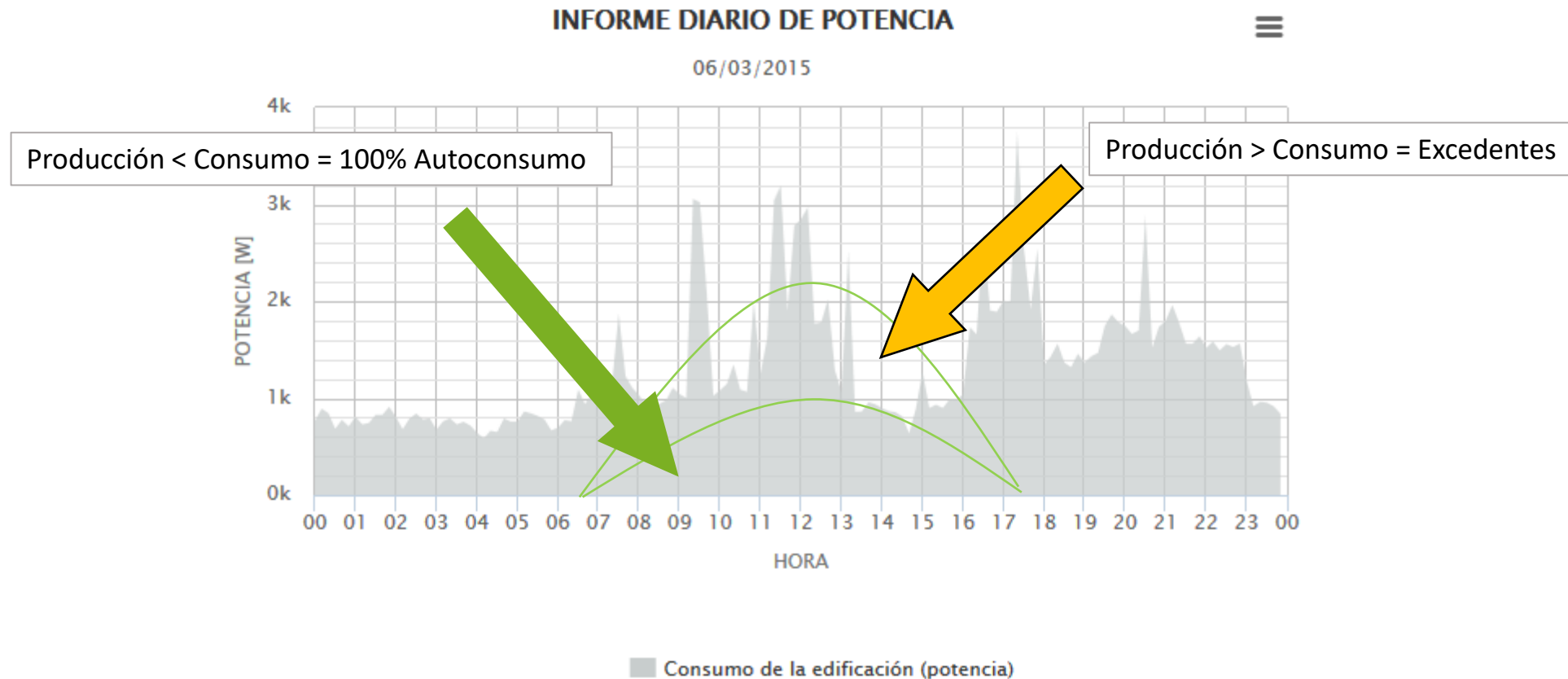
Medir el consumo horario del cliente (curva de potencia, kW)



Aspectos a considerar para la configuración

2º Determinar la potencia FV a instalar

Según las limitaciones propias del edificio/lugar de instalación
Según objetivo principal del cliente



Aspectos a considerar para la configuración

2º Determinar la potencia FV a instalar

¿Que potencia de inversor necesito?

Desgraciadamente no hay reglas fijas. ¡Depende!

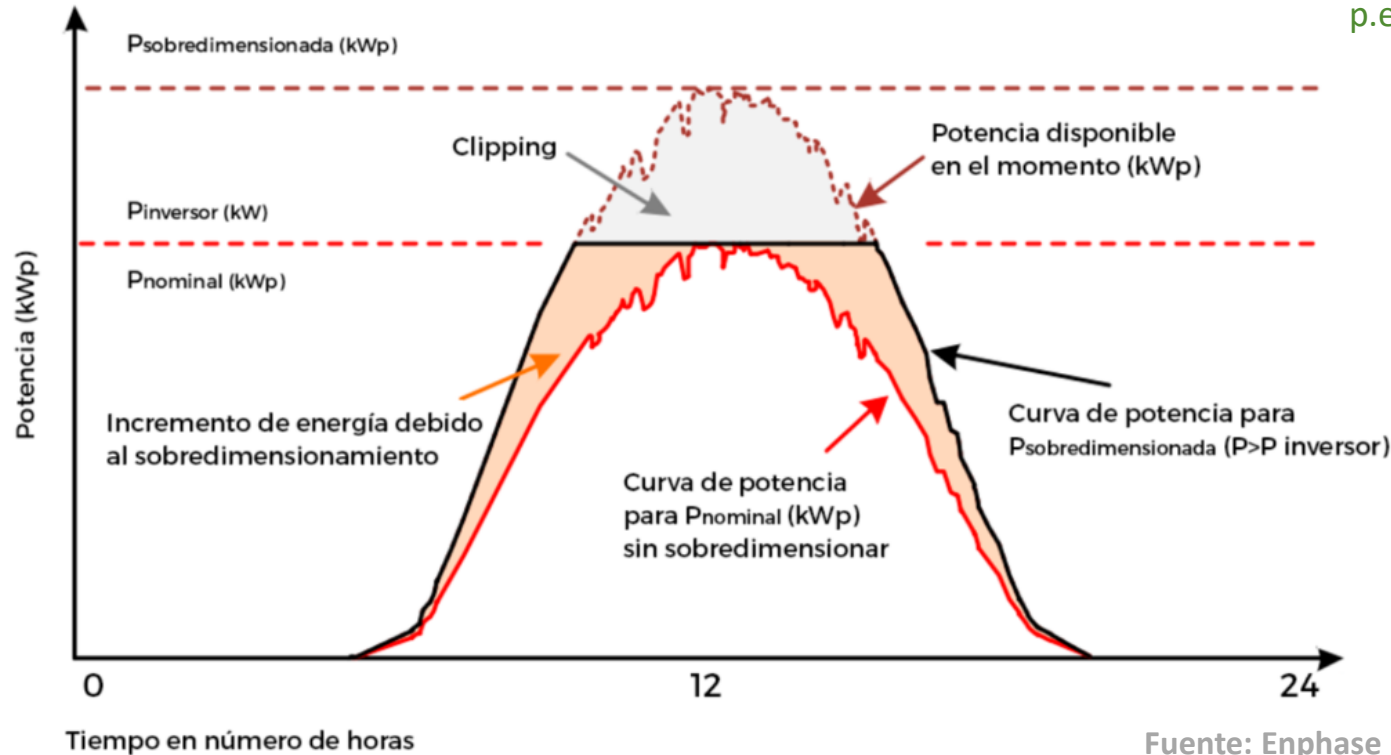
Pero para una instalación “estándar”, se suele admitir un mínimo de aprox. un 10% de más de potencia pico (módulos) que de potencia nominal (inversor). Incluso como regla “generalizada” cerca de un 20% de kWp/kW.

p.e. 20% = 12kWp de módulos con un inversor de 10 kW.

Hoy en día se comenta de llegar a ratios de DC/AC de hasta un 50% de más, según condiciones.

En todo caso, lo normal sería:

- 1º Determinar la potencia del generador. (según: uso, necesidad, superficie disponible, energía requerida)
- 2º Determinar la potencia del inversor en función del generador solar.
- 3º Determinar si el inversor debe tener varias entradas/MPPT para su posterior elección.



Por qué sobredimensionar

- Las condiciones STC casi nunca se cumplen
- Ej: Madrid

Año 2016	Inclinación: 30°	Inclinación: 15°	Inclinación: 0°
Horas anuales de luz ($Irr_{directa} > 0 \text{ W/m}^2$)	3756	3757	3821
Horas anuales con $Irr_{directa} > 800 \text{ W/m}^2$	274	235	131
Horas anuales con $Irr_{directa} > 900 \text{ W/m}^2$	73	86	19
Horas anuales con $Irr_{directa} > 1000 \text{ W/m}^2$	3	0	0
Horas anuales con $Irr_{directa} > 1000 \text{ W/m}^2$ y $T_{amb} < 25^\circ\text{C}$	1	0	0

Fuente: PVGIS, datos horarios de radiación

Fuente: Enphase

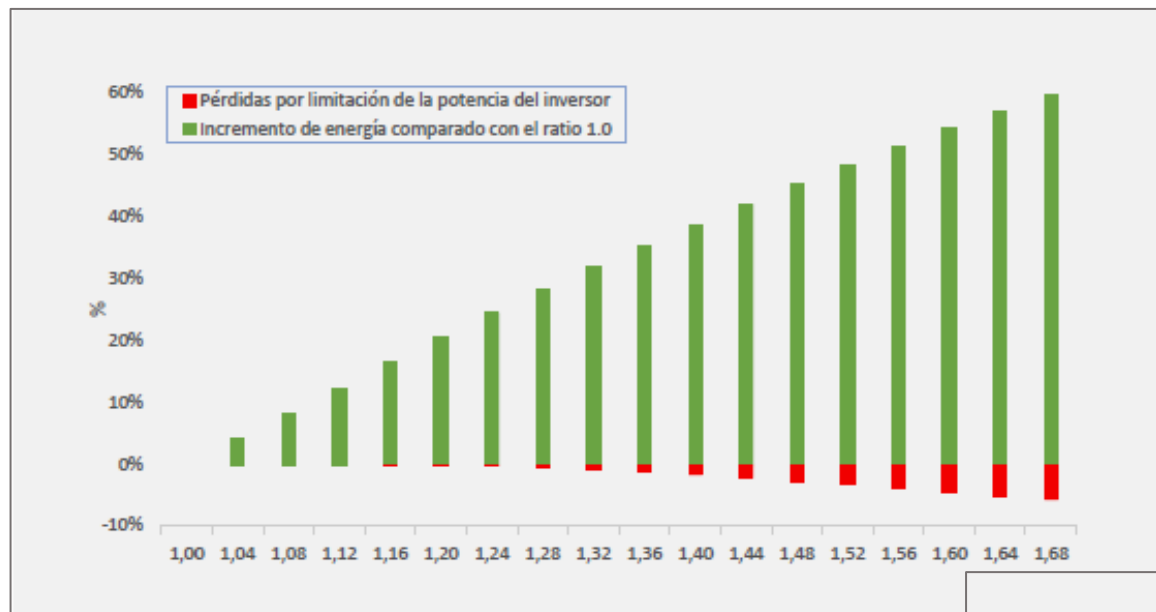


Gráfico 1: Amsterdam, inclinación: 25°, azimut: 180°.

Fuente: Enphase

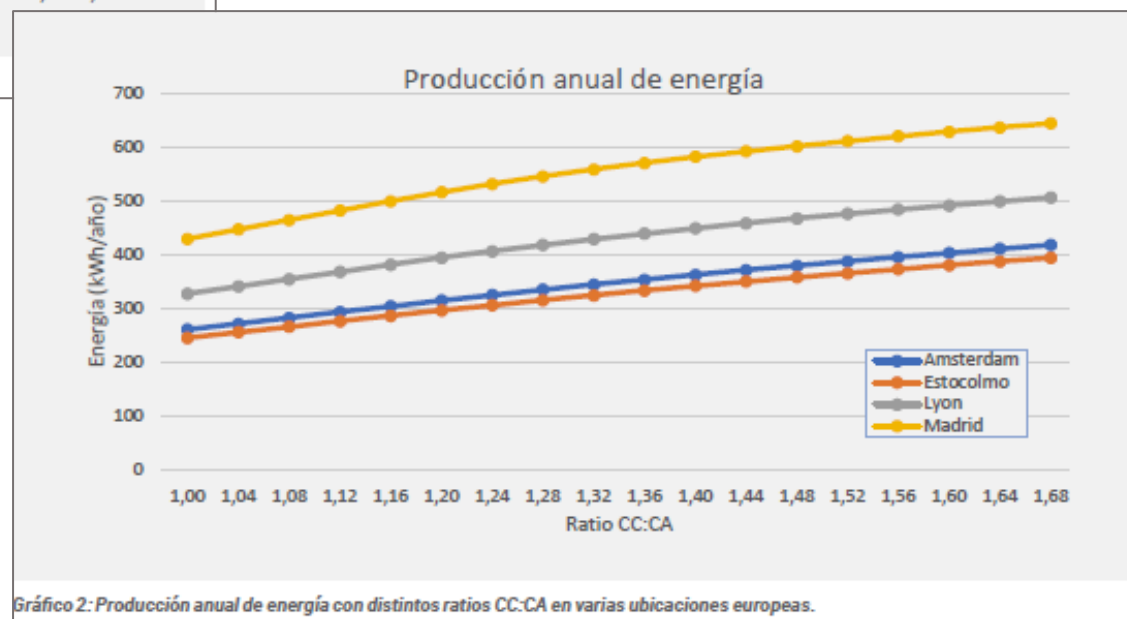


Gráfico 2: Producción anual de energía con distintos ratios CC:CA en varias ubicaciones europeas.

Fuente: Enphase

Aspectos a considerar para la configuración

3º Elegir componentes y realizar la configuración

Determinar los componentes que mejor se adaptan a la situación y realizar la configuración.
¿Qué tipo de módulos debo usar?

PERC



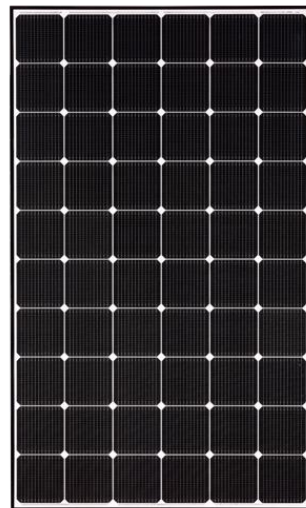
Mejor comportamiento frente a baja irradiancia

Half-cell



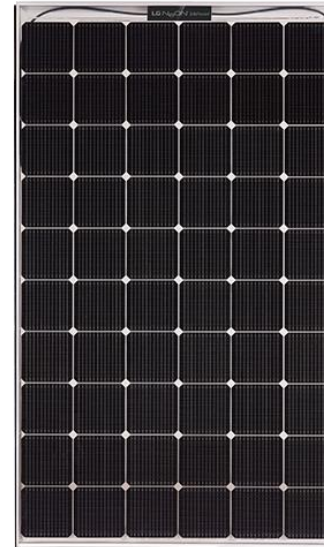
Menos pérdidas por sombras

Multi Bus Bar



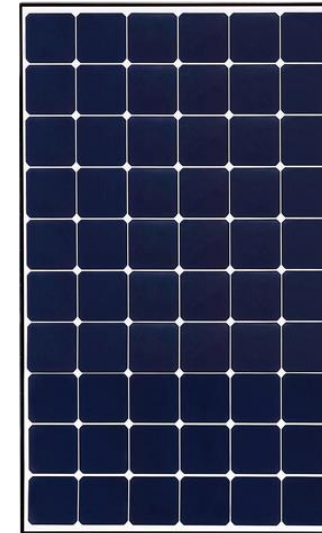
Más eficiente

Bifacial



Suelo reflectante

Back Contact



Alta Eficiencia

Full black



Estética

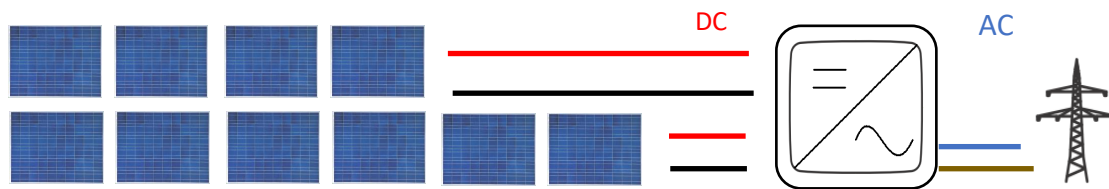
Aspectos a considerar para la configuración

3º Elegir componentes y realizar la configuración

Determinar los componentes que mejor se adaptan a la situación y realizar la configuración.
¿Qué tipo de inversor debo usar?



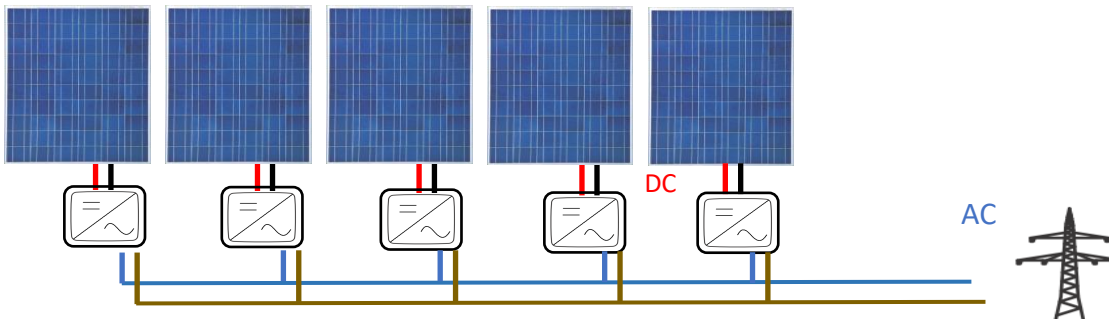
Inversor String / multi string



Pros

- Más económico
- Menos probabilidad de fallo (menos equipos)
- Posibilidad híbridos
- Etc.

Tecnología MLPE (micro inversor o optimizador)








Pros

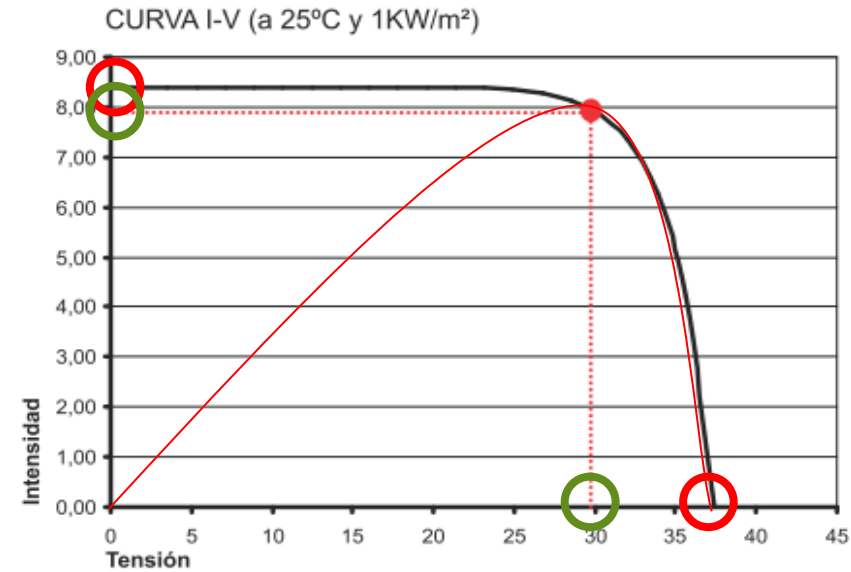
- Flexibilidad & Simplicidad
- Mayor producción
- Monitorización nivel modulo
- Máxima seguridad
- Garantía 25 años
- Etc.

Aspectos a considerar para la configuración



Principales parametros del módulo FV

-  Voc: Tensión de circuito abierto
-  Vpmp: Tensión en máxima potencia
-  Isc : Corriente de corto-circuito
-  Ipmp: Corriente de máxima potencia
-  PMP: Punto de máxima potencia (MPP: Maximal Power Point)



Relación con los parametros del inversor FV

La Voc resultante de las series FV no debe superar la Voc permitida del inversor. (@Temperatura min.)

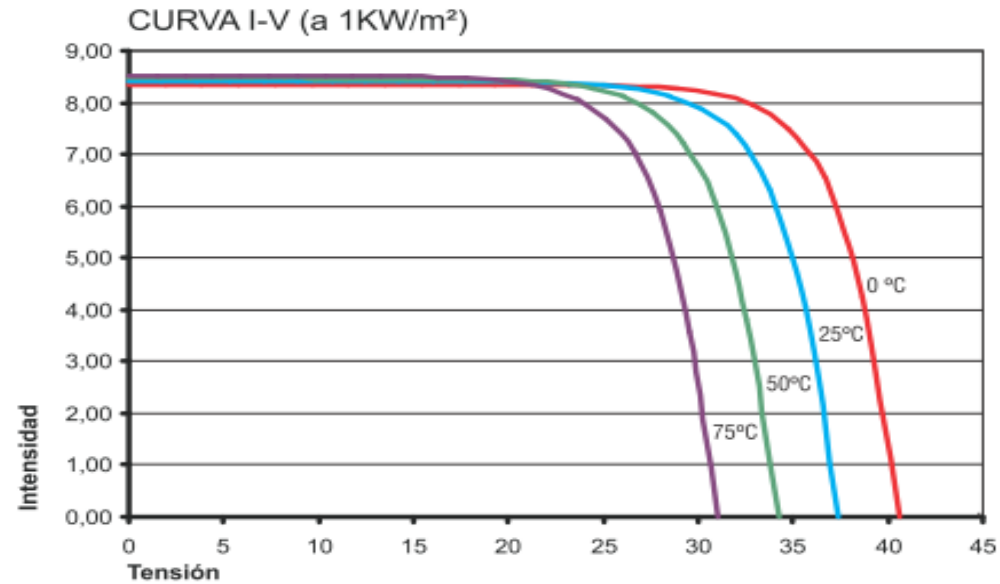
La Vpmp de las series deberia estar proxima a la tensión Vnom del inversor para una mayor eficiencia. (@Temperatura normal)

La Isc del modulo no debe superar la corriente admitida en las entradas del inversor. (@Temperatura maxima)

El PMP es el punto de trabajo que el inversor buscara en todo momento con el fin de obtener la maxima producción

Aspectos a considerar para la configuración

Características de un módulo FV en función de la temperatura



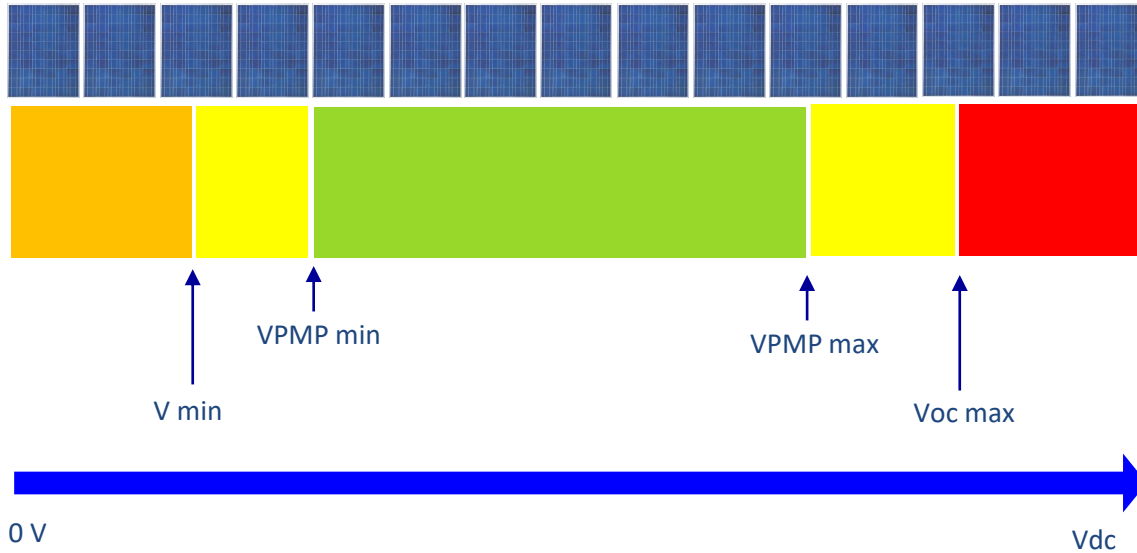
A menor temperatura, mayor tensión

Efecto importante sobre la tensión

Efecto casi nulo sobre la corriente

Aspectos a considerar para la configuración

Rango de tensión de funcionamiento, permitido



- Rango optimo de tensión de trabajo
- Tensión de trabajo fuera del rango MPP. Inversor trabaja, pero no optimo.
- Tensión de trabajo demasiado baja. Inversor no trabaja, pero no se estropea.
- Tensión de trabajo demasiado alta. Peligro de avería del inversor y/o módulos FV

Tensión de arranque (V min, start, init)

Por debajo, el inversor no trabaja. (Peor situación con temperatura máxima)

Rango de tensión PMP (Vpmp min/max)

Rango de tensión dentro del cual el inversor puede trabajar a potencia nominal. (En general, fuera de este rango puede trabajar, pero no a potencia nominal, siempre a menor potencia)

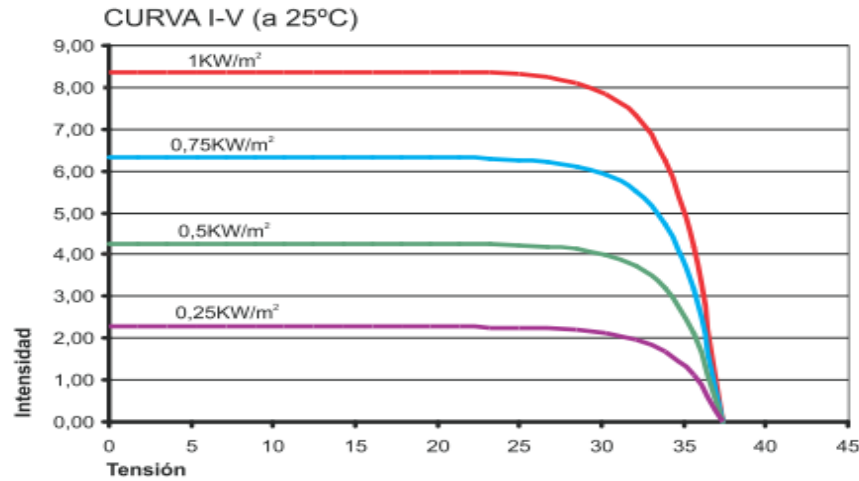
Peor situación: - V min, @temperatura alta
 - V max, @temperatura mínima

Tensión de circuito abierto (Voc)

Tensión máxima de circuito abierto que permiten los componentes del sistema, i.e. Inversor y módulos FV. Por encima de este valor los componentes están en riesgo de avería. (Peor situación con temperatura mínima)

Aspectos a considerar para la configuración

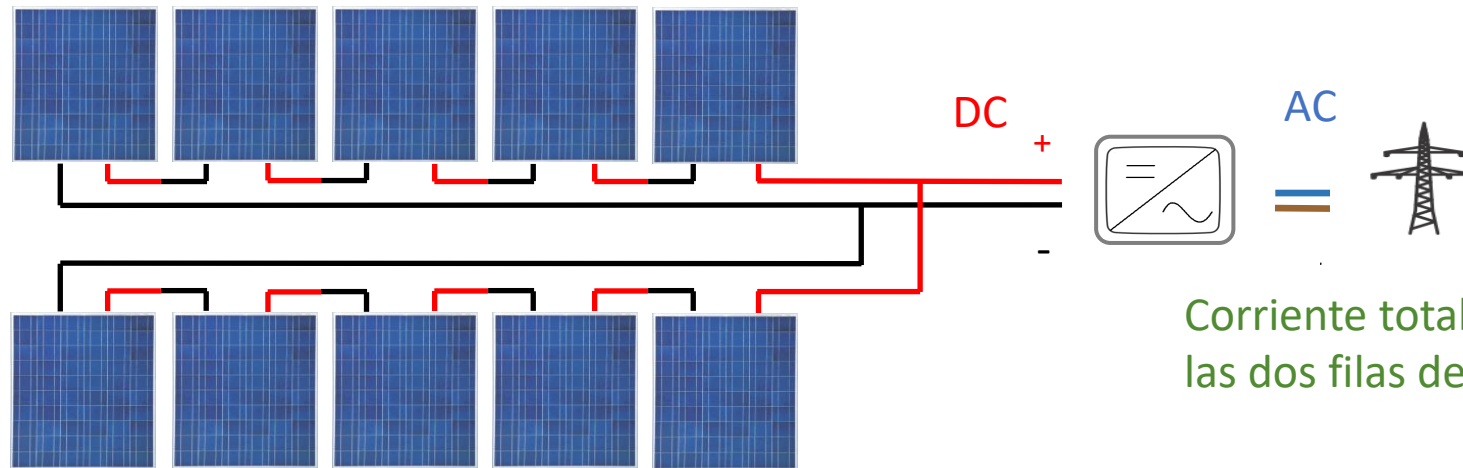
Corriente máxima admitida



Características de un módulo FV en función de la irradiancia

Efecto importante sobre la corriente

Efecto leve sobre la tensión

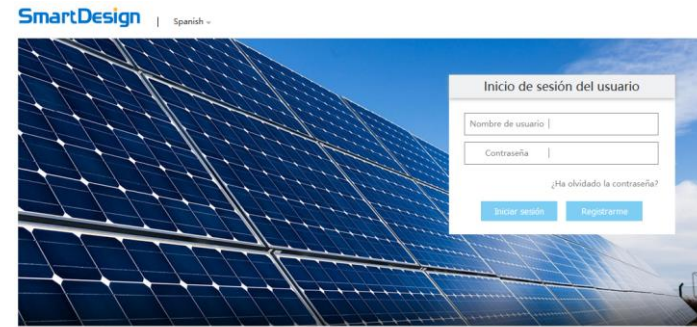


Corriente total CC = Suma de la corriente de las dos filas de modulos fotovoltaico

Diseño de la instalación con inversores String o Multistring



<https://www.sunnydesignweb.com>



<https://eu.smartdesign.huawei.com:31943/login/login.action?target=http%3A%2F%2Fwww.smartdesign.huawei.com%3A31943%2Findex.html>

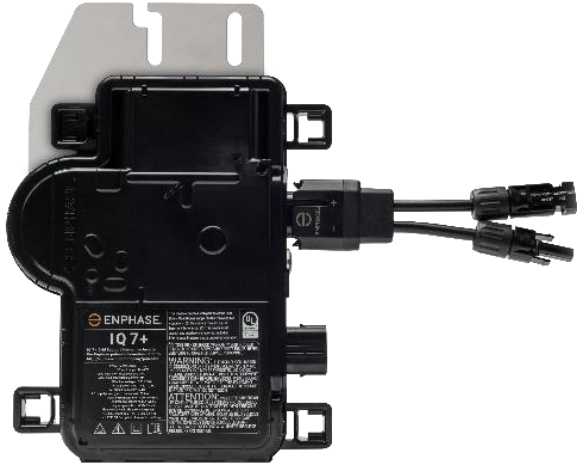


http://updates.solarschmiede.de/download.php?product=KOSTAL%20PIKO%20Plan%202.0&f=KostalSolarPlan_Setup.exe



<https://fronius.solarconfigurator.de/solar.configurator/quick>

 ENPHASE



1.

Compatibilidad con los módulos FV

- ¿Qué (modelo) de microinversor para qué módulo FV?

2.

Tamaño circuito CA

- ¿Cuántos micro-inversores en paralelo en un mismo circuito CA?
- ¿Cuántos micro-inversores por Q-Relay

3.

Aumento de tensión

- Aumento de tensión máxima < 2 %

1. Calculador de compatibilidad de módulos con los micro inversores Enphase

Información del módulo solar

Voc (tensión en circuito abierto) V

Vmp (tensión a la máxima potencia) V

Coefficiente de temperatura de Voc %/°C

Isc (corriente de cortocircuito) A

Intervalo de temperatura esperado °C

Reconozco que Enphase Energy no es responsable por mi uso de los datos que aquí se proporcionan.

[Comprobar compatibilidad](#)

Resultados de la Compatibilidad

Module Information	IQ 7	IQ 7+	IQ 7X
Voc - min temp	45.64 V	✓	
Voc - max temp	38.2 V	✓	
Vmp - min temp	37.29 V	✓	
Vmp - max temp	31.22 V	✓	
Isc	10.32 A	✓	

Estudio de ratio DC / AC

Table 13: IQ 7+ - Newark, -0.4%/°C simple efficiency model, 5.6% L_{total} , 180° azimuth, 25° tilt.

Module STC (Wdc)	DC:AC Ratio	Nominal DC:AC Ratio	Capacity factor	Annual energy (kWh)	Year one Inverter clipping loss (%)	Year one Inverter clipping loss (kWh)	Energy yield increase over 1.0 DC:AC ratio (%)
295	1.00	0.92	0.192	404	0.0%	0.0	0%
305	1.03	0.95	0.199	418	0.0%	0.0	3%
315	1.07	0.98	0.206	432	0.0%	0.0	7%
325	1.10	1.01	0.212	446	0.0%	0.0	10%
335	1.14	1.04	0.219	460	0.0%	0.0	14%
345	1.17	1.08	0.225	473	0.0%	0.0	17%
355	1.20	1.11	0.232	487	0.0%	0.1	20%
365	1.24	1.14	0.238	501	0.1%	0.4	24%
375	1.27	1.17	0.244	514	0.1%	0.8	27%
385	1.31	1.20	0.251	527	0.3%	1.5	30%
395	1.34	1.23	0.257	540	0.4%	2.4	34%
405	1.37	1.26	0.263	552	0.7%	3.8	37%
415	1.41	1.29	0.268	564	0.9%	5.6	40%
425	1.44	1.32	0.274	576	1.3%	7.9	42%
435	1.47	1.36	0.279	587	1.7%	10.7	45%
445	1.51	1.39	0.284	597	2.2%	14.0	48%
455	1.54	1.42	0.289	607	2.7%	17.7	50%
465	1.58	1.45	0.293	617	3.2%	21.8	53%
475	1.61	1.48	0.298	626	3.8%	26.1	55%
485	1.64	1.51	0.302	635	4.4%	30.9	57%
495	1.68	1.54	0.306	644	5.1%	36.2	59%
505	1.71	1.57	0.310	652	5.7%	41.7	61%

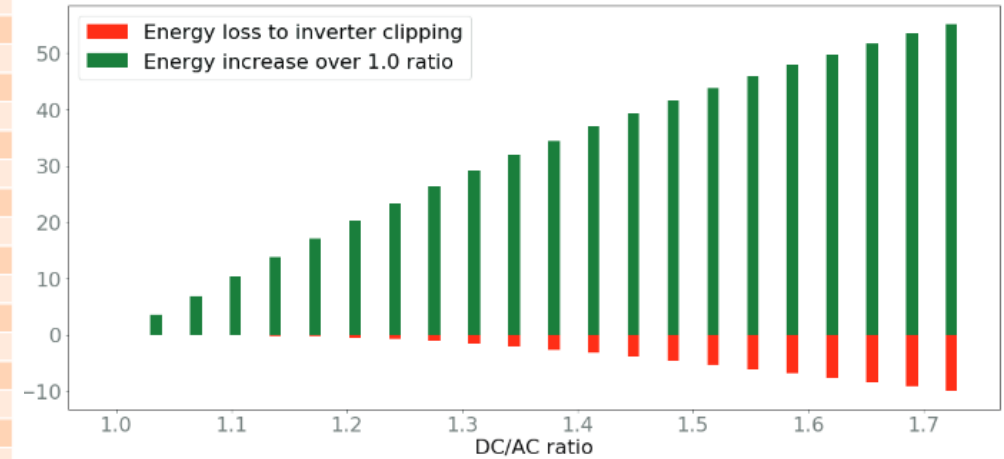


Figure 4: Newark 25° tilt 180° azimuth

Fuente: <https://enphase.com/sites/default/files/downloads/support/Enphase-Tech-Brief-Why-Larger-EN-US.pdf>

2. Tamaño circuito CA

Especificaciones Microinversor	IQ 7	IQ 7+	IQ 7X
Compatibilidad	60 cell	60 en 72 cell	96 cell
Potencia recomendada *	195 - 350 W y más	235-440 W y más	320 - 460 W y más
Máxima Potencia de Salida	240 VA 1.04 A en 230 V	290 VA 1.26 A en 230 V	315 VA 1.37 A en 230 V
Nº Total de inversores por circuito 16 A	12	10	9

* Enphase no tiene una limite de ratio potencia DC/AC

2. Tamaño circuito CA / cantidades de de Q Relay



Q Relay monofásico



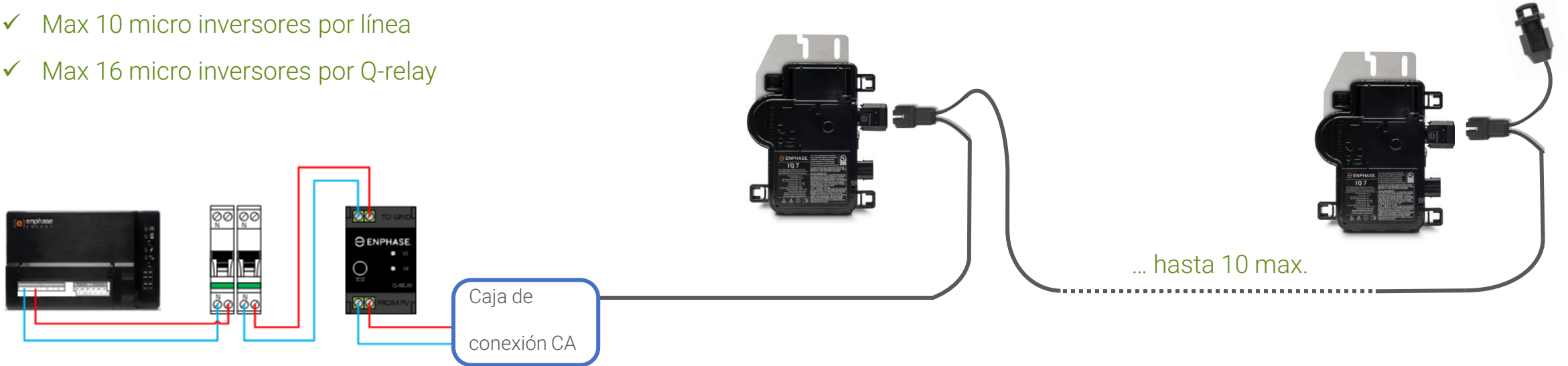
Q Relay trifásico

	Capacidad de corte	Cantidad maxima de inv. / Q-relay		
		IQ 7	IQ7+	IQ 7X
Q relay monofásico	4,8 kVA	20	16	15
Q relay trifásico	6 kVA / fase 18 kVA / total 3 fases	25 / fase	20 / fase	19 / fase

2. Tamaño circuito CA / cantidades de de Q Relay

Ejemplo con IQ7+

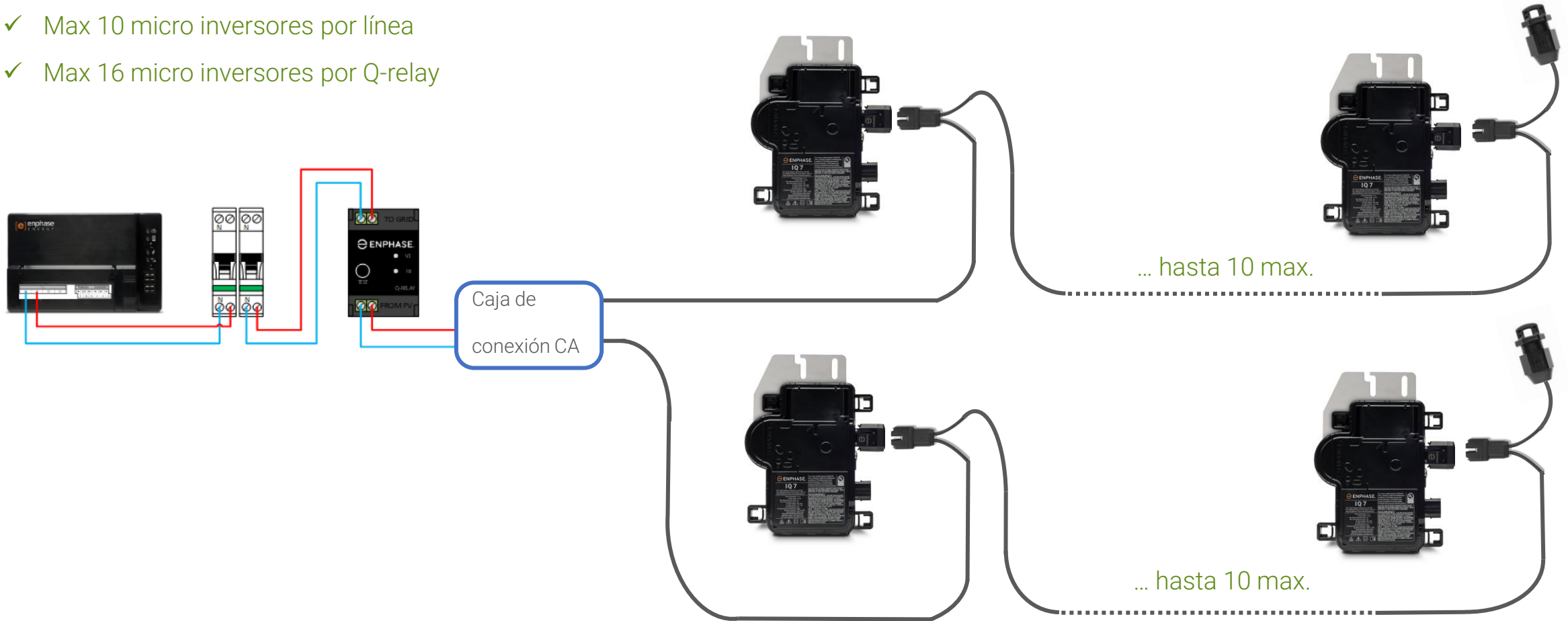
- ✓ Max 10 micro inversores por línea
- ✓ Max 16 micro inversores por Q-relay



2. Tamaño circuito CA / cantidades de de Q Relay

Ejemplo con IQ7+

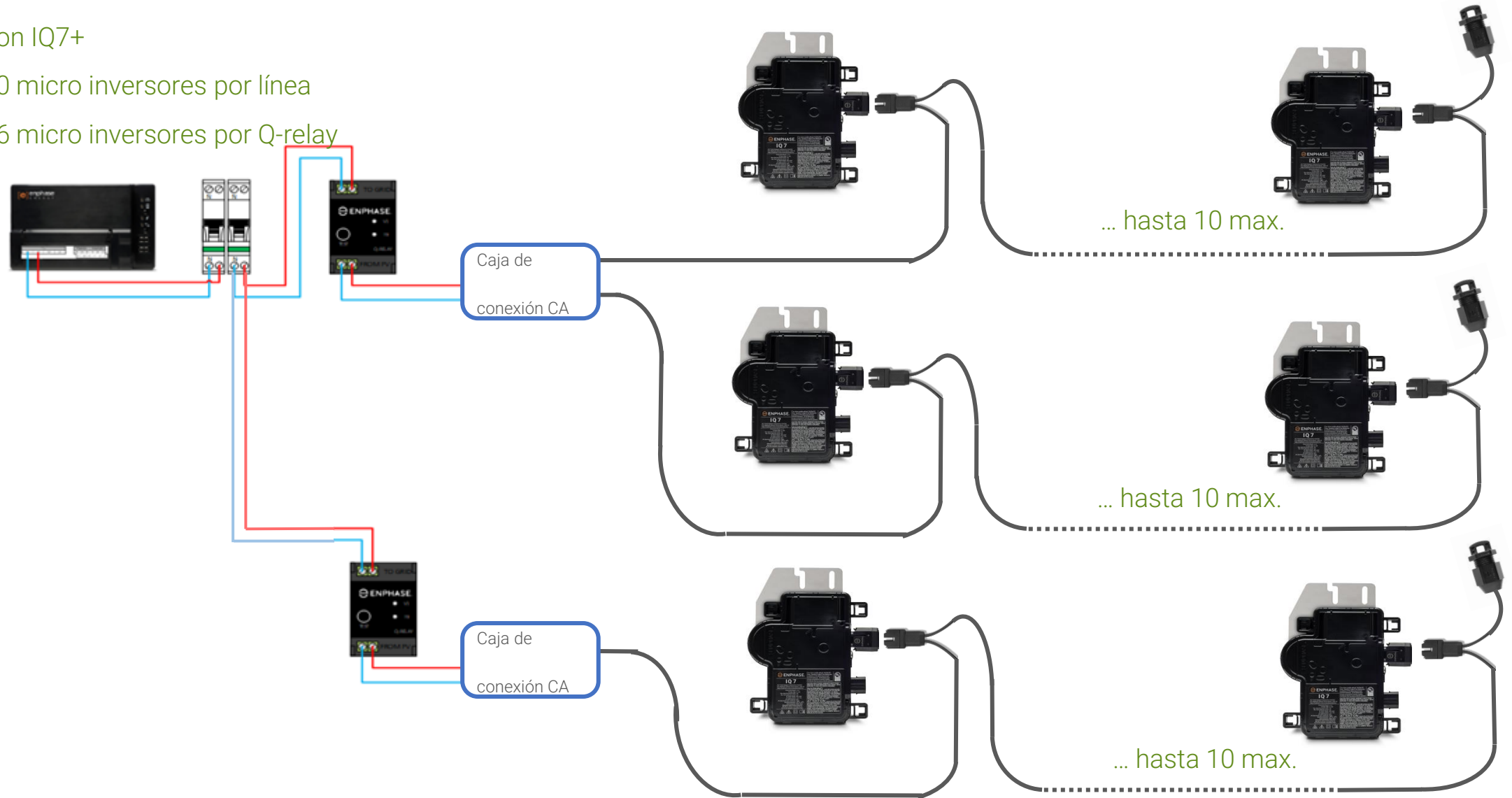
- ✓ Max 10 micro inversores por línea
- ✓ Max 16 micro inversores por Q-relay



2. Tamaño circuito CA / cantidades de de Q Relay

Ejemplo con IQ7+

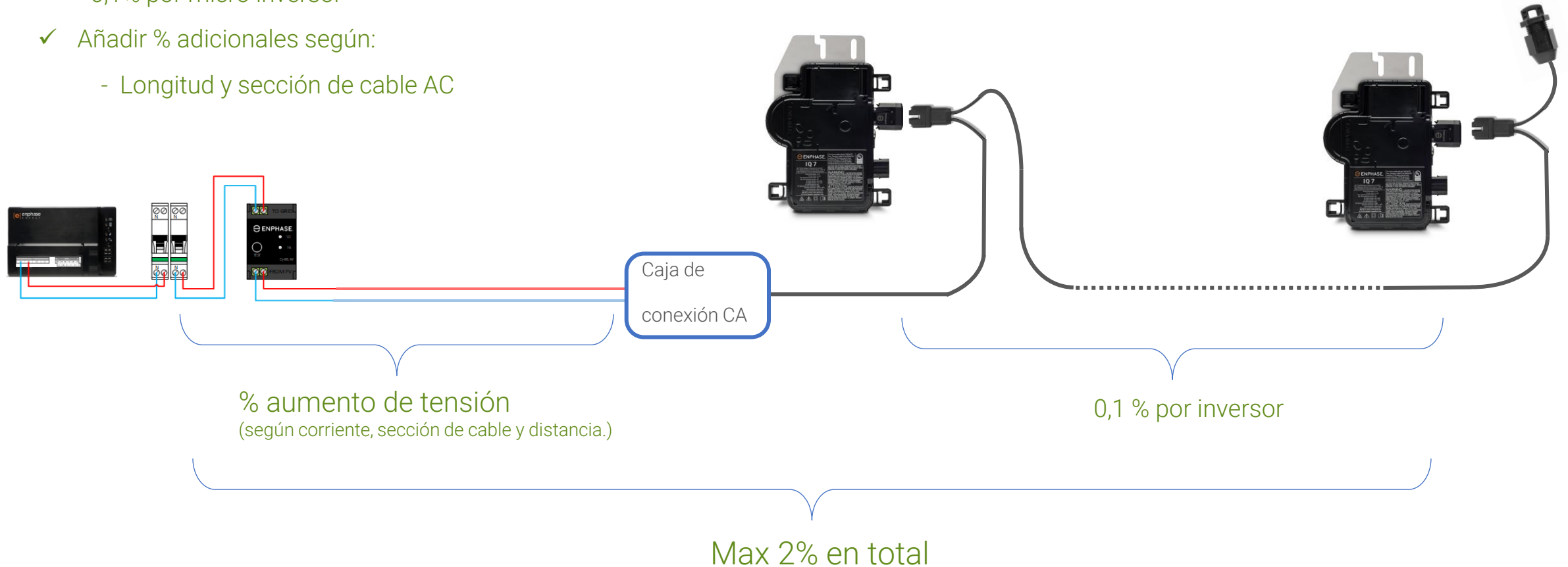
- ✓ Max 10 micro inversores por línea
- ✓ Max 16 micro inversores por Q-relay



3. Aumento de tensión (o caída de tensión)

Max 2% en total

- ✓ - 0,1% por micro inversor
- ✓ Añadir % adicionales según:
 - Longitud y sección de cable AC



solar**edge**



<https://designer.solaredge.com/sites>

1.

Compatibilidad optimizadores con módulos FV

¿Qué optimizador es apto para qué módulo FV?

2.

Modelo de inversor

¿Cuál es el inversor más adecuado?

3.

Tamaño circuito CC

¿Cuántos optimizadores en un mismo circuito CC?

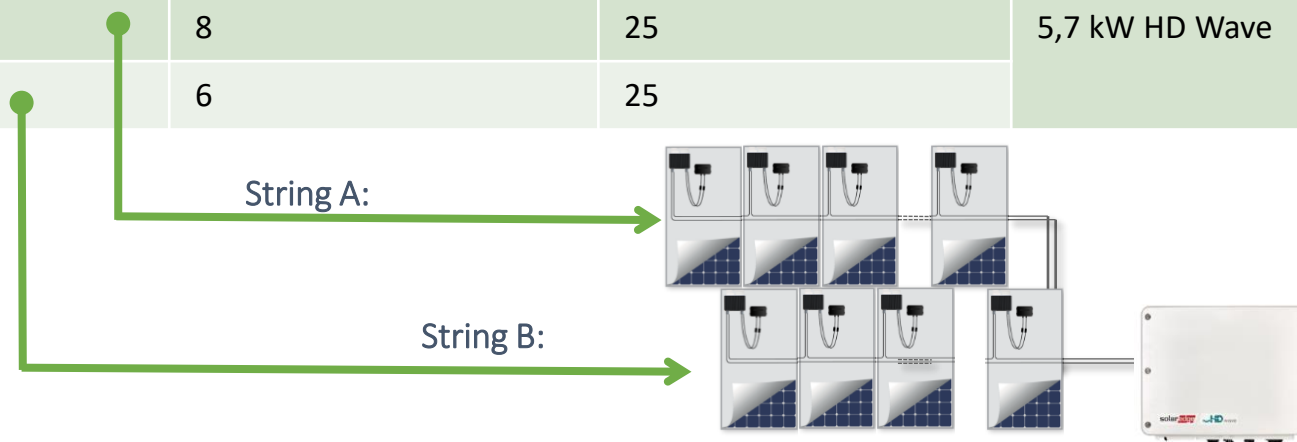
Gama HD WAVE



2,2 a 6 kW
8 a 10 kW

	SE2200H	SE3000H	SE3500H	SE3680H	SE4000H	SE5000H	SE6000H	SE8000H	SE10000H
Potencia nominal AC	2,2kW	3,0kW	3,5kW	3,68kW	4,0kW	5,0kW	6,0kW	8,0kW	10kW
Máxima potencia de CC	3,4kW	4,65kW	5,425kW	5,7kW	6,2kW	7,75kW	9,3kW	12,4kW	15,5kW
	Sobredimensionamiento FV permitido hasta el 155 %								
Interfaces de comunicación	Ethernet para el portal de monitorización. RS485 (protocolo interno) para energy meter, StoreEdge, etc.), Opciones adicionales: Antena Wi-Fi, ZigBee y GSM								

Optimizadores Compatibles	Mínimo por String	Maximo por String	Potencia máx. por String
P300, P370, P500	8	25	5,7 kW HD Wave
P404, P405, P505	6	25	



1:1 (1 optimizador por cada módulo)



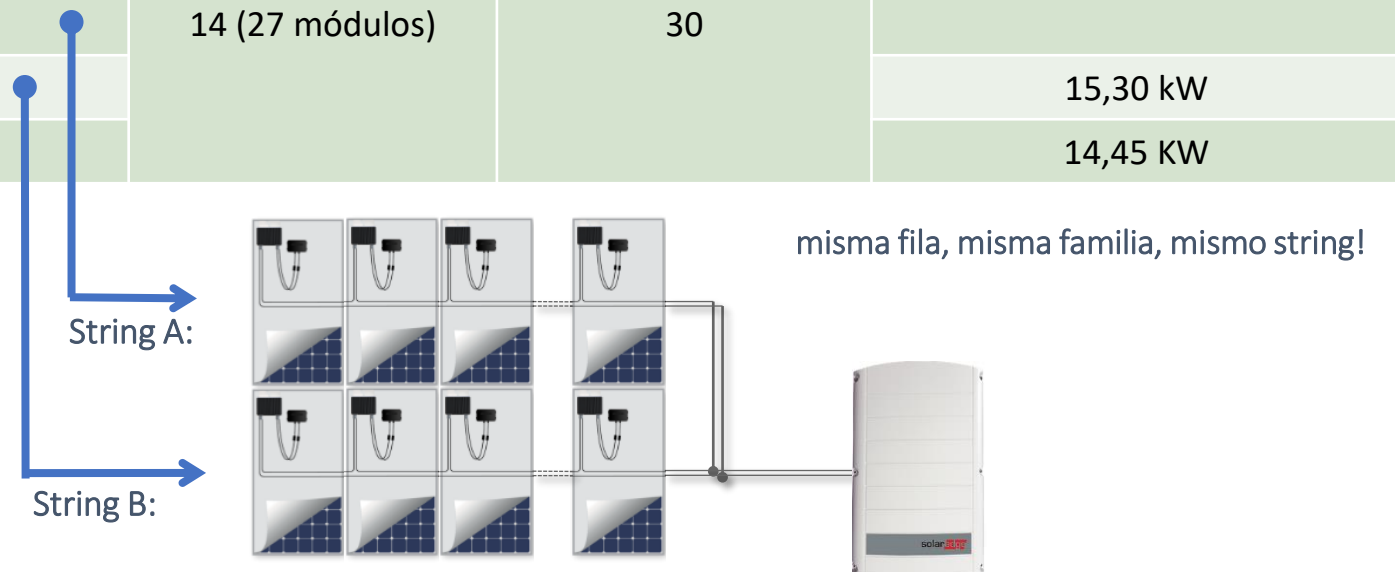
Parámetro	P300 <small>Descatalogado</small>	P370	P401 Nuevo	P404	P405	P485	P500	P505
Tipo de módulo compatible	60 células	60/72 células	60/72 células (Alta eficiencia)	60/72 células (String cortos)	Capa Fina	Módulos de tensión alta	96 células	Bifacial
Potencia Máxima de Entrada (@STC)	340W*	370W	400W	405W		485W	500W	505W
Valor Máximo Absoluto de la Tensión de Entrada (Voc a temp. + baja)	48V	60V		80V	125V		80V	83V
Rango de Operación MPPT	8-48V	8-60V		12.5-80V	12.5-105V		8-80V	12.5-83V
Corriente Máxima de Entrada (I _{sc})	11A	11A	11.75A	11A			10.1A	14A
Valores de salida (conectados al inversor SE)								
Máxima Tensión de Salida		60V			85V		60V	85V
Máxima Corriente de Salida		15A						

*Originalmente era 300W. Luego se subió a 320W al mismo tiempo que se informó de la descatalogación de este optimizador. Ahora se permite hasta 340W para los optimizadores de fabricación posterior al 01-10-2019 e instalados después del 07-04-2020 únicamente.

Inversor	Optimizador	# Mín. por String	# Máx. por String	Potencia máx. por String	
SE15K SE16K SE17K	P300, P370, P401, P500	16	50	11,25 kW	
SE25K SE27.6K	P404, P405, P485, P505	14	50		
SE50K SE55K SE82.8K					
SE15K (SOLO P650)	P600, P650, P700, P730, P801	14 (27 módulos)	30	13,50 kW	
SE16K SE17K	P800S, P800P, P850			12,75 kW	
SE25K SE27.6K	P950, P1100				
SE50K SE55K SE82.8K					
Gama MT salida a 480Vac	P300, P370, P401, P500	18	50	12,75 kW	
	P404, P405, P485, P505	14	50		
	SE33.3K	P600, P650, P700, P730, P801	14 (27 módulos)	30	
	SE66.6K				15,30 kW
	SE100K				14,45 kW
	P800S, P800P, P850				
	P950, P1100				

Excepción:

En redes a 230/400V: Están permitidos strings de hasta 13,500W si la diferencia de potencia entre los strings no supera 2,000W.





Parametro	P600 Descatalogado	P650	P730	P800p	P801 Nuevo	P800S P850	P950 Nuevo
	≥SE15K		≥SE16K				
Tipo de módulo compatible	2x 60-cell		2x 72-cell	2x 96-cell (5"cell, Dual Input)	2x 72-cell	2x High Power & Bifacial	
Potencia de Entrada @STC (Pot. Max mod.)	660W* (2x330)		730W (2x365)	800W (2x400)		850W (2x425)	950W (2x475)
Valor Máximo Absoluto de la Tensión de Entrada (Voc a temp. + baja)	96V		125	83V		125V	
Rango de Operación MPPT	12.5-80V		12.5-105V	12.5-83V		12.5-105V	
Corriente Máxima de Entrada (I _{sc})	11A			7A	11A	12.5A	
	Valores de salida (conectados al inversor SE)						
Máxima Tensión de Salida	85V						
Máxima Corriente de Salida	15A			18A	15A	18A	17A

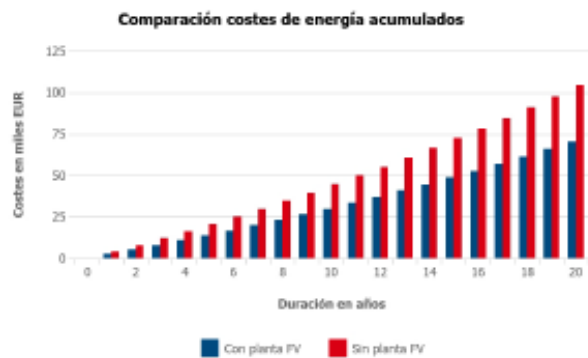
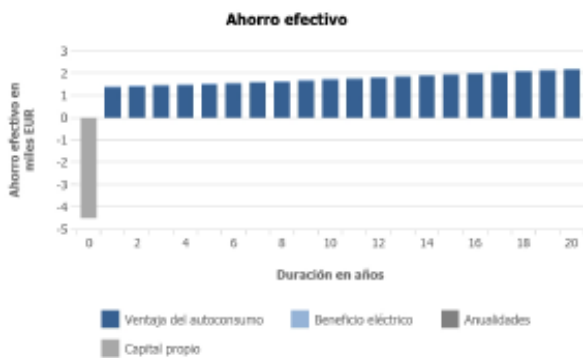
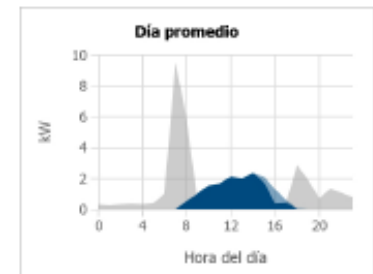
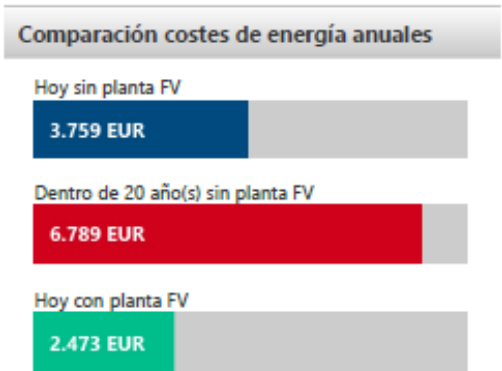
Verificar Compatibilidad de los módulos con los optimizador con el software Online ‘SolarEdge Designer’

*Originalmente era 600W y 650W para el P600 y P650 respectivamente. Luego se subio a 650W (P600) al mismo tiempo que se informo de la descatalogación del P600. Ahora se permite hasta 660W para los dos modelos, siempre que la fabricación sea posterior al 01-10-2019 y esten instalados despues del 07-04-2020 unicamente.

En caso de número impar de módulos fotovoltaicos en una cadena se permite instalar un optimizador de potencia P650/P730/P850/P800p/P801/P950 conectado a únicamente un solo módulo fotovoltaico. Al conectar un solo módulo al P800p los conectores de entrada no utilizados de la otra entrada deben ser sellados con el par de sellos suministrados.

4º Analizar la viabilidad y rentabilidad del proyecto

Detalles	
Costes de la energía ahorrados en el primer año (aprox.)	1.282 EUR
Ahorro total al cabo de 20 año(s)	28.977 EUR
Costes de la energía ahorrados al cabo de 20 año(s) (aprox.)	33.756 EUR
Remuneración al cabo de 20 año(s)	1.541 EUR
Tiempo de amortización estimado en años (aprox.)	4
Costes de producción de electricidad a lo largo de 20 año(s) (aprox.)	0,061 EUR/kWh
Rentabilidad anual	22,92 %
Inversión total	4.504,50 EUR



<https://www.amara-e.com/agenda-formaciones/>

Ae-solar
Academy Lab

“La educación es el arma más poderosa que puedes usar para cambiar el mundo”



Descubre nuestras aulas interactivas, donde podrás aprender y resolver todas tus preguntas.



¡Gracias!

Jean-Francois Picard
Product & training manager

Jose María Vizquete Sánchez
Technical Manager

amarAe