



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior de Linares

Trabajo Fin de Grado

**ESTUDIO TECNO-ECONÓMICO
COMPARATIVO ENTRE UNA
INSTALACIÓN SOLAR EN MODO
AUTOCONSUMO Y UNA
INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA
AISLADA CON CÁLCULO DE
SISTEMA SOLAR TÉRMICO DE ACS**

Alumno: Rafael Vilches Berzosa

Tutor: David Vera Candeas

Depto.: Departamento de Energía Eléctrica

Septiembre 2019

INDICE

Tabla de contenido

1	RESUMEN Y OBJETIVOS.....	1
2	ANEXOS A LA MEMORIA	3
2.1.1	ANEXO I: ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	3
2.1.2	ANEXO II: ÍNDICE DE TABLAS	4
2.1.3	ANEXO III: FICHAS TECNICAS	5
2.1.4	ANEXO IV: CÁLCULO DEL SISTEMA DE ACS	5
2.1.5	ANEXO V: CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN AISLADA	5
2.1.6	ANEXO VI: CÁLCULO DE AMORTIZACIONES	5
3	INTRODUCCIÓN.....	6
3.1	RADIACIÓN SOLAR.....	6
3.1.1	EFFECTO FOTOELÉCTRICO.....	7
3.2	RESUMEN RD 244/2019 DE 5 DE ABRIL 2019	8
4	MARCO TEÓRICO	9
4.1	INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS.....	9
4.1.1	MÓDULOS SOLARES FOTOVOLTAICOS	10
4.1.2	ESTRUCTURA METÁLICA DE SOPORTE	15
4.1.3	INCLINACIÓN Y ORIENTACIÓN.....	16
4.1.4	INVERSORES	18
4.1.5	BATERÍAS.....	22
4.1.6	REGULADOR	27
4.2	INSTALACIONES SOLARES TÉRMICAS	29
4.2.1	SISTEMA DE CAPTACIÓN.....	30
4.2.2	SISTEMAS DE ACUMULACIÓN	32
4.2.3	SISTEMA DE TUBERÍAS	34
4.2.4	SISTEMA DE BOMBEO.....	35
4.2.5	SISTEMA AUXILIAR.....	36
5	MATERIALES Y METODOS.....	37
5.1	INSTALACION TERMOSOLAR DE ACS	37

5.1.1	PREVISION DE CARGAS.....	37
5.1.2	MÉTODO F-CHART	38
5.1.3	CAPTADOR SOLAR Y SISTEMA DE ACUMULACIÓN	44
5.1.4	FLUIDO CALOPORTADOR.....	44
5.1.5	SISTEMA HIDRAULICO	45
5.2	INSTALACION FOTOVOLTAICA AISLADA	46
5.2.1	PREVISION DE CARGAS.....	46
5.2.2	MODULOS FOTOVOLTAICOS	47
5.2.3	INVESOR.....	48
5.2.4	REGULADOR	49
5.2.5	ACUMULADOR	50
5.3	INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO	53
5.3.1	OBJETIVO DE LA INSTALACIÓN DE AUTOCONSUMO	53
5.3.2	DATOS DE PARTIDA	53
5.3.3	PREVISION DE CARGAS.....	54
5.3.4	KIT PARA AUTOCONSUMO.....	55
5.4	APORTACION SOLAR EN LA ZONA DE LA VIVIENDA.....	56
5.5	UBICACIÓN DE LA VIVIENDA	58
5.6	RESUMEN DE LAS INSTALACIONES	59
5.7	SOFTWARE UTILIZADO	60
6	RESULTADOS Y DISCUSIONES	61
6.1	CÁLCULO PARA LA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA.....	61
6.1.1	PÉRDIDAS POR ORIENTACIÓN Y SOMBRAS	61
6.1.2	RESULTADOS OBTENIDOS PARA LA INSTALACION SOLAR TERMICA DE ACS	62
6.2	CÁLCULO Y RESULTADOS DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA AISLADA.....	65
6.2.1	CALCULO DE ED.....	65
6.2.2	MÓDULOS SOLARES FOTOVOLTAICOS	66
6.2.3	REGULADOR	67
6.2.4	ACUMULADOR	67
6.2.5	INVERSOR	67
6.2.6	ESQUEMA ELECTRICO.....	68

6.3	CÁLCULO Y RESULTADOS PARA LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO	69
6.3.1	CALCULO DE PRODUCCION MENSUAL Y AHORRO ENERGETICO	69
6.3.2	MÓDULOS SOLARES E INVERSOR	72
6.3.3	ESQUEMA ELECTRICO	72
7	PRESUPUESTOS Y AMORTIZACIONES	73
7.1.1	PRESUPUESTOS DE LAS INSTALACIONES	73
7.1.2	TIEMPO DE AMORTIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES.....	75
8	CONCLUSIONES FINALES	78
9	NORMATIVA Y REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79

1 RESUMEN Y OBJETIVOS

Cada vez son más los particulares que deciden ahorrar en electricidad mediante instalaciones eléctricas fotovoltaica.

Se puede tomar como ejemplo exitoso una vivienda unifamiliar en la provincia de Córdoba con cubierta inclinada de teja y 26 módulos fotovoltaicos instalados para cubrir una potencia demandada por un sistema de climatización de geotermia que proporciona independencia de gas/diesel. Además se permite verter a la red eléctrica los excedentes de producción de modo legal. Esta vivienda hace realidad el ideal de vivienda “cero emisiones”, pues su producción eléctrica es superior al consumo anual.

En cuanto a una instalación aislada siempre ha sido más recomendable para quizá esas zonas de interior donde es un gasto elevado hacer llegar el tráfico de energía eléctrica.

Cabe destacar el uso de estas instalaciones en granjas y ganaderías en las que la energía solar fotovoltaica supone un excelente recurso a la hora de disminuir la factura eléctrica en este ámbito, a parte de una notoria disminución del consumo de combustible y contribuir con unas instalaciones más respetuosas con el medioambiente.

Un claro ejemplo es una granja porcina emplazada en Oliola (Lleida) que daba cabida a 4000 cerdos de engorde, además de un almacén para la maquinaria agrícola. En la cubierta de las naves se instalaron unos paneles cuya potencia ascendía a los 6,63 kW y para gestionarla se requirieron unos tres inversores híbridos de 5000 VA interconectados para proporcionar una salida trifásica necesaria y hacer funcionar algunos equipos de la granja, además de un banco de baterías que aportaría la autonomía necesaria para satisfacer las necesidades de energía de la granja.

El estudio técnico que se presentará consiste en comparar un sistema de autoconsumo frente a otro sistema de generación eléctrica fotovoltaico aislado y la introducción de un sistema de ACS, en una vivienda unifamiliar ubicada en Andújar (provincia de Jaén), de manera que estos sistemas satisfagan la demanda energética.

- Sistema de generación eléctrica fotovoltaico aislado.
- Sistema de generación eléctrica fotovoltaico para autoconsumo.
- Sistema de generación de ACS solar térmico.

El primer paso es calcular todas las necesidades energéticas de la vivienda, teniendo en cuenta todos los condicionantes, como son la ubicación, el periodo de diseño el

tamaño de la vivienda o el número de personas que la habitan. Una vez conocidos los consumos se pasará al cálculo del sistema térmico y los sistemas fotovoltaicos.

El sistema fotovoltaico con la conexión a red (autoconsumo) estará compuesto por una serie de módulos fotovoltaicos que recogerán la energía procedente del sol para transformarla posteriormente en energía eléctrica que tendrá como finalidad abastecer las necesidades de la vivienda y evitar el mayor consumo posible aportado por la compañía.

Para el caso del sistema aislado, la intención es aprovechar toda la energía eléctrica aportada de la misma forma que el sistema anterior, con la particularidad de almacenar la energía no consumida para su posterior aprovechamiento. Será necesario tener en cuenta los meses con poca aportación solar y calcular el sistema en función a estos meses.

La opción de introducir el sistema solar térmico es para apoyar a el sistema aislado a la hora de suministrar energía, puesto que estos sistemas no suelen soportar grandes demandas en viviendas unifamiliares; ya que a día de hoy el método de almacenaje de energía sigue siendo una opción complicada y costosa.

El objetivo principal de este estudio es saber que opción podría ser más interesante a la hora del consumo en esta vivienda, atendiendo en gran medida a los parámetros económicos sin descuidar el paso de los años, puesto que la tecnología evoluciona y cada vez son más los que se independizan energéticamente.

2 ANEXOS A LA MEMORIA

2.1.1 ANEXO I: ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Efecto fotoeléctrico	7
Ilustración 2: Panel fotovoltaico monocristalino	10
Ilustración 3: Panel fotovoltaico policristalino	10
Ilustración 4: Irradiancia-Temperatura	11
Ilustración 5: Temperatura-Irradiancia	12
Ilustración 6: Representación I-V	12
Ilustración 7: Conexión en paralelo	13
Ilustración 8: Conexión en serie	14
Ilustración 9: Conexión mixta	14
Ilustración 10: Módulos colocados de forma coplanar	15
Ilustración 11: Módulos que giran con seguimiento solar	15
Ilustración 12: Azimut y ángulo	16
Ilustración 13: Ángulo óptimo de inclinación	16
Ilustración 14: Distancia mínima entre módulos	17
Ilustración 15: Inversor para aislada de 375W	18
Ilustración 16: Inversor-cargador de 1600W	19
Ilustración 17: Inversor 3 en 1 de 2000W	19
Ilustración 18: Inversor de autoconsumo de 2500W	20
Ilustración 19: Inversor híbrido de 3000W	21
Ilustración 20: Conexión en serie	22
Ilustración 21: Conexión en paralelo	22
Ilustración 22: Batería monoblock ácido-plomo	24
Ilustración 23: Batería monoblock de ciclo profundo	24
Ilustración 24: Batería monoblock AGM	24
Ilustración 25: Batería monoblock GEL	25
Ilustración 26: Batería monoblock ión-litio	25
Ilustración 27: Baterías estacionarias plomo-ácido abiertas	26
Ilustración 28: Baterías estacionarias GEL	26
Ilustración 29: Regulador cargador	27
Ilustración 30: Regulador tipo serie	28
Ilustración 31: Regulador tipo paralelo	28
Ilustración 32: Esquema de una instalación ACS incluyendo bomba y acumuladores	29
Ilustración 33: Captador solar plano	30
Ilustración 34: Captador solar de tubos de vacío	31
Ilustración 35: Sistema de captación y acumulación	32
Ilustración 36: Funcionamiento del sistema de acumulación por termofisión	33
Ilustración 37: Interacumulador con serpentines	34
Ilustración 38: Representación de todos los circuitos para una instalación solar térmica de ACS	35

Ilustración 39: Kit de Captación y Acumulación	44
Ilustración 40: Modulo fotovoltaico policristalino de la marca Parsec Solar.....	47
Ilustración 41: Inversor Victron Phoenyx	48
Ilustración 42: Conexión de los módulos y disposición en el tejado.....	49
Ilustración 43: Regulador MPPT Victron-Energy	50
Ilustración 44: Batería Estacionaria 24V	52
Ilustración 45: Kit de autoconsumo.....	55
Ilustración 46: Datos en PVGIS	56
Ilustración 47: Emplazamiento de la vivienda en la sierra de Andújar	58
Ilustración 48: Vista del tejado de la vivienda	58
Ilustración 49: Comparación entre la demanda mensual de energía térmica y su producción.	64
Ilustración 50: Esquema eléctrico unifamiliar del sistema aislado.....	68
Ilustración 51: Comparativa de producción eléctrica con el consumo mensual.....	70
Ilustración 52: Esquema eléctrico unifilar del sistema FV de autoconsumo.....	72

2.1.2 ANEXO II: ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Valores ACS.....	37
Tabla 2: Temperatura del agua de la red por provincia	39
Tabla 3: Temperatura ambiente media diaria durante las horas de sol	42
Tabla 4: Electrodomésticos que deben ser cubiertos.....	46
Tabla 5: Consumo mensual de electricidad	54
Tabla 6: Producción de electricidad media diaria	57
Tabla 7: Irradiación anual.....	57
Tabla 8: Resumen de las instalaciones fotovoltaicas.....	59
Tabla 9: Resumen de la instalación de ACS.....	60
Tabla 10: Cálculo de la demanda térmica mensual y anual	62
Tabla 11: Cálculo de D1 para cada mes del año.....	62
Tabla 12: Cálculo de D2 para cada mes del año.....	63
Tabla 13: Valor de f (Porcentaje de la demanda de ACS cubierta por el sistema solar térmico).....	63
Tabla 14: Porcentaje de la demanda cubierta cada mes (kWh aportados por la instalación solar térmica).....	64
Tabla 15: Cálculo de ED	65
Tabla 16: Cálculo del número de módulos.....	66
Tabla 17: Resultados para las necesidades del Regulador	67
Tabla 18: Resultado de potencia de inversor.....	67
Tabla 19: Producción mensual por cada kW instalado en la provincia de Jaén.....	69
Tabla 20: Porcentaje de ahorro y sobrante de energía.....	71
Tabla 21: Presupuesto autoconsumo	73
Tabla 22: Presupuesto aislada.....	73
Tabla 23: Presupuesto termosolar.....	74

Tabla 24: Gasto anual actual	74
Tabla 25: Gasto anual con autoconsumo	75
Tabla 26: Amortización de la instalación de autoconsumo	76
Tabla 27: Amortización de las instalaciones de aislada y termo-solar.....	77

2.1.3 ANEXO III: FICHAS TECNICAS

[MODULOS FOTOVOLTAICOS](#)

[BATERIAS OPZS](#)

[INVERSOR AISLADA](#)

[KIT AUTOCONSOMO](#)

[REGULADOR](#)

[KIT TERMOSOLAR](#)

2.1.4 ANEXO IV: CÁLCULO DEL SISTEMA DE ACS

Presentado en hojas de cálculo.

2.1.5 ANEXO V: CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN AISLADA

Presentado en hojas de cálculo.

2.1.6 ANEXO VI: CÁLCULO DE AMORTIZACIONES

Presentado en hojas de cálculo.

3 INTRODUCCIÓN

3.1 RADIACIÓN SOLAR

Antes de nada se deberá saber cómo funciona un sistema fotovoltaico, y es que estos sistemas transforman la energía procedente de la luz solar en energía eléctrica. La irradiación que emite el Sol se recoge sobre una superficie normalmente perpendicular a este en el exterior de la atmósfera, puede considerarse como constante e igual a 1.367 W/m^2 . Uno de los efectos más destacados es que la posición de la superficie que se encarga de recolectar esta energía tenga cierto ángulo de orientación e inclinación para asegurar un mayor rendimiento de la energía que se está obteniendo.

- Radiación solar: Se define como las radiaciones electromagnéticas que son emitidas por el Sol en un espectro desde el infrarrojo hasta el ultravioleta.
- Irradiancia: Es una magnitud que indica la potencia recibida por una unidad de superficie determinada. Se expresa en W/m^2
- Irradiación: Se entiende por irradiación la cantidad de irradiancia que es recibida durante un periodo de tiempo. Se expresa en Wh/m^2

3.1.1 EFECTO FOTOELÉCTRICO

Este proceso de transformación mencionado anteriormente se denomina efecto fotoeléctrico, que básicamente consiste en transformar parcialmente la radiación que hay en la luz solar y convertirla en energía eléctrica. Las células de las que están compuestos los módulos fotovoltaicos es donde se realiza esta transformación, pues están compuestas por materiales semiconductores.

El funcionamiento de estas células se podría explicar de la siguiente manera:

Un fotón llega a la superficie de la célula y este es absorbido. El fotón transporta una energía y al ser absorbido por la célula, esa energía es transmitida a los electrones de los átomos que componen la célula fotovoltaica. Cuando se absorbe la energía del fotón los electrones que estaban en la célula comienzan a saltar y al liberarse circulan a través de un circuito eléctrico.

A continuación en la ilustración 1 se puede observar cual es el movimiento de los fotones y los electrones.

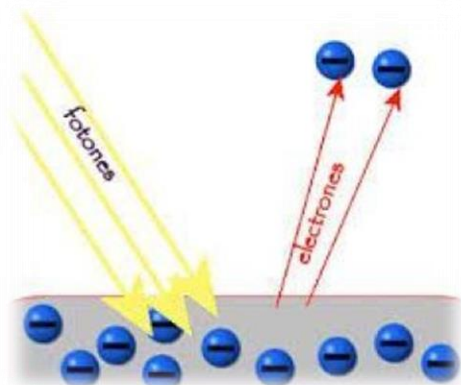


Ilustración 1: Efecto fotoeléctrico

3.2 RESUMEN RD 244/2019 DE 5 DE ABRIL 2019

Lo primero se especificará el autoconsumo compartido que permite la implantación de coeficientes de reparto dinámicos. Quiere decir que la energía que es generada en un sistema compartido se podrá compartir entre los distintos usuarios en función de quien este consumiendo en cada momento, y por lo tanto se tendrá un mejor aprovechamiento de la instalación.

Si se habla de autoconsumo individual las opciones que se pueden barajar son si se verte a red o no. En el caso de que el usuario quisiera verter a red la compañía eléctrica conoce nuestra cantidad de vertido por lo que no será necesario la instalación de un contador; si por el contrario la opción es de no verter los sobrantes es necesario la implantación de un sistema de inyección cero.

Una vez que la instalación de autoconsumo quede registrada no se podrán hacer modificaciones durante un plazo de 12 meses.

La nueva normativa ahora permite instalar sistemas de generación para autoconsumo monofásicos de hasta 15 kW, cuando antes los autoconsumos para monofásica estaban limitados a 5kW.

La potencia máxima de la instalación ahora vendrá dada por la potencia del inversor o la suma de inversores. Una instalación con una producción de 4 kW de potencia y un inversor de 12 kW quedará reflejada como instalación de autoconsumo de 12 kW.

Aprobación del balance neto (compensación de energía producida y no consumida) en instalaciones de hasta 100 kW y en el periodo de 1 mes.

4 MARCO TEÓRICO

4.1 INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS

Podemos dividir las instalaciones eléctricas fotovoltaicas en dos grupos. Uno de ellos estará conectado a red y se encargará de aportar una cantidad de energía extra para así consumir menos cantidad de electricidad de la compañía, el segundo; por el contrario se separará completamente de la compañía eléctrica y aportará toda la energía que necesite la vivienda.

Para el primer caso tenemos las **instalaciones fotovoltaicas conectadas a red o autoconsumo**, que consisten en un grupo de módulos fotovoltaicos acoplados a un inversor cuya función es transformar la energía que proporcionan estos módulos en corriente alterna, para ser posteriormente usada por la mayoría de equipos que suelen componer una vivienda u establecimiento.

Por otro lado, en **las instalaciones aisladas** toda la energía producida irá destinada al consumo. Estarán compuestas al igual que las de autoconsumo por una serie de módulos fotovoltaicos que recogerán la energía solar pero con la particularidad de que esta energía no será consumida en el momento, si no que la sobrante será almacenada en sistemas de acumulación para su posterior uso y así poder disponer de energía solar incluso en los días que no haya Sol.

En ambos grupos se utilizarán los mismos módulos fotovoltaicos pero hay que diferenciar los demás equipos que tendrán funciones variables.

Por una parte en las instalaciones de autoconsumo los inversores encargados de transformar la corriente continua en alterna serán monofásicos o trifásicos, en función con la cantidad de potencia máxima necesaria y también habrá que incluir un inyector a red que permitirá verter los sobrantes de energía a la compañía y de esta manera recibir un incentivo económico por kW aportado.

Por otro lado en el sistema aislado los inversores serán diferentes y se incluirá un sistema de acumulación para almacenar la energía además de reguladores que controlarán y estabilizarán el sistema para prevenir sobrecargas.

4.1.1 MÓDULOS SOLARES FOTOVOLTAICOS

La gran mayoría de todos los módulos fotovoltaicos son monocristalinos y policristalinos, que están formados por unas células solares colocadas en agrupaciones. Cada una de las células es capaz de proporcionar una tensión de 0,5 V y una potencia que ronda los 4W (estos valores variarán en función de las dimensiones de la célula y del material del que esta esté compuesta).

Para fabricar un panel fotovoltaico es necesario que el silicio se funda a altas temperaturas y se cristalice en lingotes. Estos lingotes son cortados en finas obleas y así poder hacer células individuales.

Los módulos policristalinos son fabricados de forma similar, con la diferencia de que en estos se utiliza un silicio de bajo coste.

Por lo general los paneles monocristalinos ofrecen una mayor eficiencia, pero en las condiciones de radiación con las que trabajan esta diferencia de rendimiento es prácticamente despreciable.

En las ilustraciones 2 y 3 se aprecia la diferencia de un módulo monocristalino (células más oscuras) con respecto a un módulo policristalino.



Ilustración 2: Panel fotovoltaico monocristalino



Ilustración 3: Panel fotovoltaico policristalino

4.1.1.1 MAGNITUDES CARACTERÍSTICAS DE UN MÓDULO FOTOVOLTAICO

Estas son las características a tener en cuenta sobre un panel fotovoltaico para poder dimensionar una instalación:

- Intensidad y tensión en el punto de máxima potencia (**I_{pmp} y V_{pmp}**): Este valor hacer referencia a la tensión y la corriente en el punto en el que la potencia aportada por el módulo es la máxima potencia posible.
- Potencia pico (**P_{max}**): Este es el valor máximo que alcanza la potencia expresado en W
- Tensión a circuito abierto (**$R \rightarrow \infty$**): Es representado mediante las siglas V_{oc} o V_{ca} e indica el valor máximo teórico de tensión que puede aportar un módulo solar fotovoltaico.
- Corriente de cortocircuito (**$R \rightarrow 0$**): Es representado por las siglas I_{sc} o I_{cc} y se define como la corriente máxima teórica que puede proporcionar un módulo solar fotovoltaico.

4.1.1.2 CURVAS CARACTERÍSTICAS

Las curvas de un panel fotovoltaico (curva I-V) son las que representan los valores de tensión y corriente, medidos de manera experimental, de un módulo fotovoltaico que está sometido a unas ciertas condiciones.

Si se varia una resistencia externa desde 0 a infinito, se podrán medir varias valores que interpolándolos formarán la curva característica que se refleja a continuación en la ilustración 4.

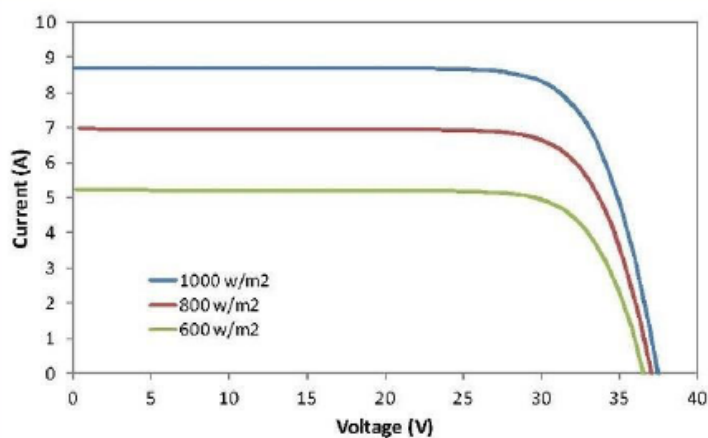


Ilustración 4: Irradiancia-Temperatura

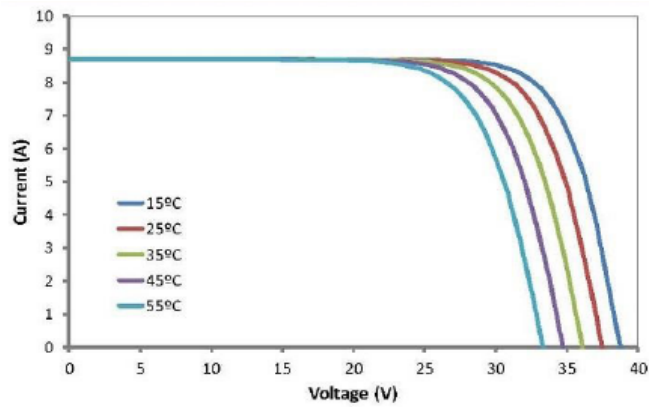


Ilustración 5: Temperatura-Irradiancia

En la ilustración 4 la irradiancia adopta distintos valores mientras que la temperatura se mantiene constantes, por el contrario en la ilustración 5 es la irradiancia la que permanece constante mientras que la temperatura tiene unos valores distintos.

El punto de máxima potencia será donde se indique que el área del rectángulo será la máxima posible.

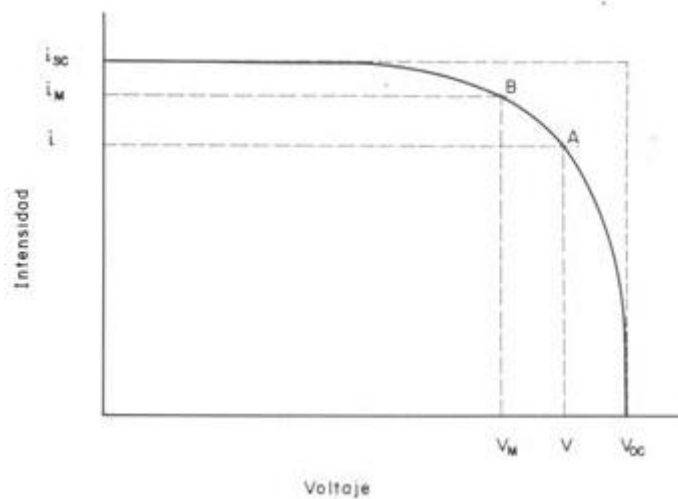


Ilustración 6: Representación I-V

- Potencia máxima:

$$P_{max} = I_{pmp} \times V_{pmp} \quad \text{Ec. 1}$$

- Factor de forma: Es el cociente entre la potencia máxima y la multiplicación de la tensión a circuito abierto con la intensidad a cortocircuito, como se comprueba en la ecuación 2.

$$FF = \frac{V_{pmp} \times I_{pmp}}{V_{ca} \times I_{cc}} \quad \text{Ec. 2}$$

Se debe saber que el calor produce un efecto indeseado en los paneles fotovoltaicos, ya que la diferencia de potencial eléctrico que producen las células solares es menor cuanto mayor es la temperatura, lo que provoca que la eficiencia del sistema disminuya.

4.1.1.3 ASOCIACIÓN SERIE Y PARALELO

Los módulos fotovoltaicos deberán ir asociados de las siguientes formas en función a la tensión o intensidad que queramos obtener, ya que el sistema puede correr peligro por un voltaje no adecuado.

- Conexión en paralelo: En esta conexión se conectan por separado todos los polos positivos con los positivos y los negativos con los negativos. De esta forma se consigue una tensión constante y una corriente que aumenta o disminuye. La corriente total es la suma de todas las corrientes generadas por el panel fotovoltaico.

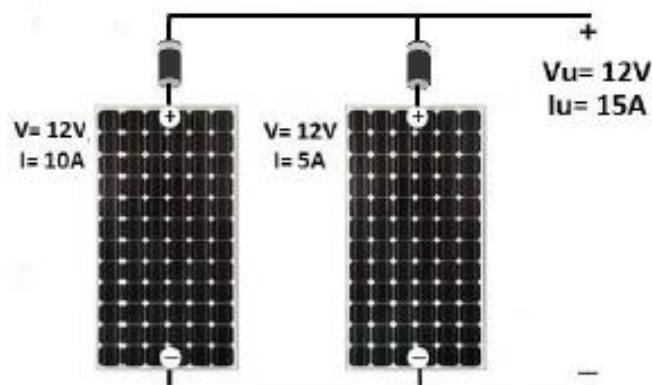


Ilustración 7: Conexión en paralelo

- **Conexión en serie:** El polo positivo se conecta con el negativo de cada panel y así de forma sucesiva. De esta manera se consigue que la corriente se mantenga de forma constante mientras que la tensión aumente. Para saber cual es la tensión final será igual a la suma de las tensiones de cada panel fotovoltaico.

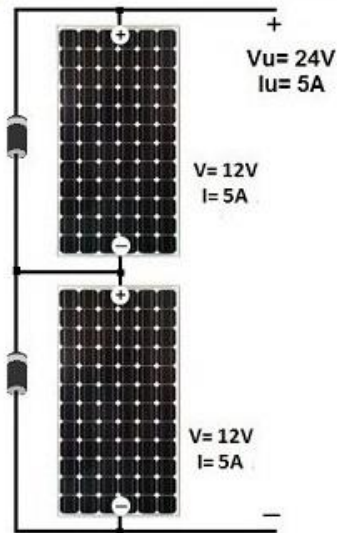


Ilustración 8: Conexión en serie

- **Conexión mixta:** Se encuentra asociada tanto en serie como en paralelo.

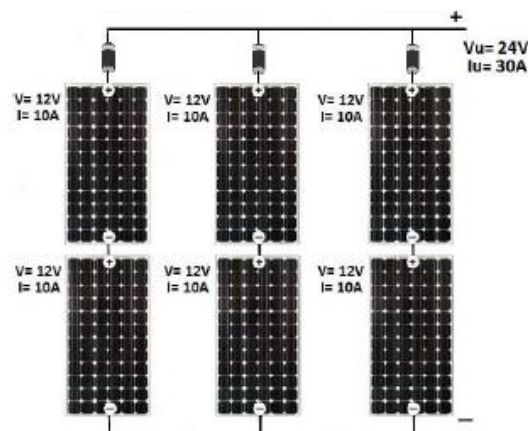


Ilustración 9: Conexión mixta

4.1.2 ESTRUCTURA METÁLICA DE SOPORTE

Es necesario encontrar la orientación e inclinación más adecuada para los módulos fotovoltaicos, para ello estarán colocados sobre una estructura metálica, puede ser de aluminio, acero inoxidable o hierro galvanizado. Una vez colocados en la estructura se definirá la distribución del conjunto de módulos con el objetivo de llegar al mayor rendimiento posible. Las maneras en los que pueden ser colocados son muy variadas. Se pueden encontrar en cubiertas de edificios con inclinación o en estructuras planas, sobre pilares o postes.



Ilustración 10: Módulos colocados de forma coplanar

Las hay también motorizadas con un dispositivo de orientación mediante seguimiento solar. Supone un mayor costo adicional a parte de un mantenimiento pero aumenta de forma significativa el rendimiento de la instalación. Esta tecnología es especialmente interesante en instalaciones fotovoltaicas cuyo objetivo es producir una gran cantidad de energía eléctrica para verterla a la red.



Ilustración 11: Módulos que giran con seguimiento solar

4.1.3 INCLINACIÓN Y ORIENTACIÓN

Se ha comentado anteriormente que colocar los módulos con una inclinación adecuada y una óptima orientación se conseguirá un mayor rendimiento de producción.

Como se ve en la siguiente imagen, la inclinación (β) representa el ángulo que forman los módulos respecto al plano vertical. El valor óptimo de este ángulo dependerá principalmente de la ubicación de la estructura y del periodo de diseño.

El ángulo α o conocido como azimut representa la orientación de los paneles. Siempre que sea posible la orientación de los paneles será Sur.

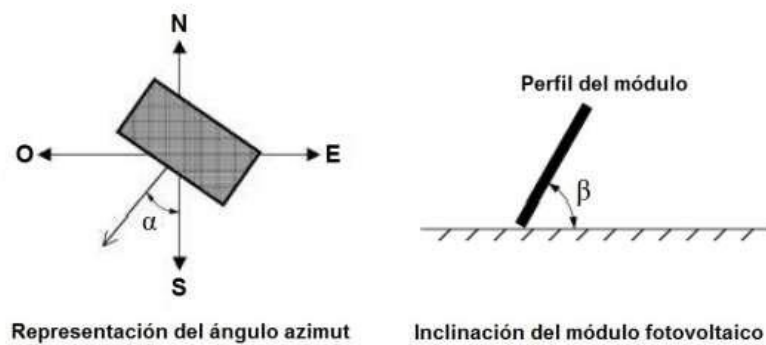


Ilustración 12: Azimut y ángulo

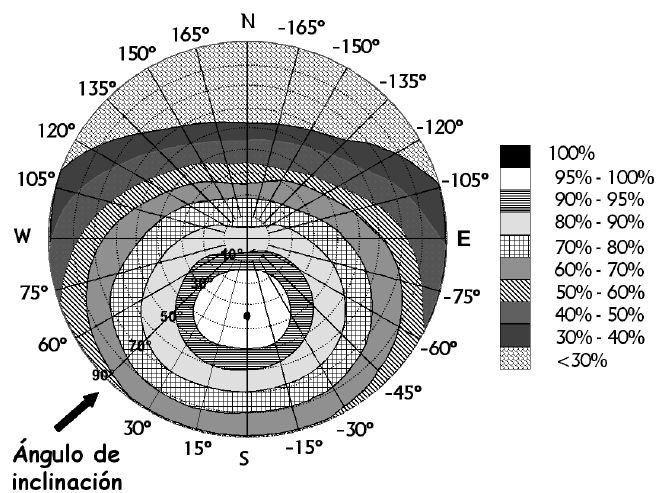


Ilustración 13: Ángulo óptimo de inclinación

Lo ideal para la instalación en el caso de la vivienda que se está estudiando los módulos irán con orientación Sur que es precisamente donde mira la fachada principal y tendrán una inclinación de 30°.

4.1.3.1 ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN DE LOS MÓDULOS

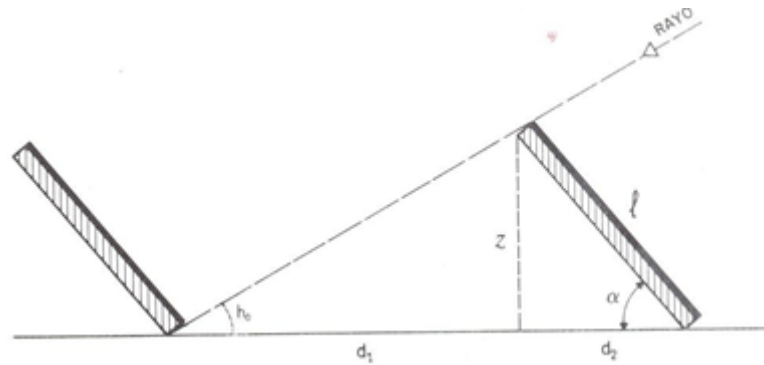


Ilustración 14: Distancia mínima entre módulos

Aplicando las siguientes expresiones se obtiene la distancia mínima de separación entre los módulos, para que la sombra de los módulos no interfiera en el área de captación del módulo trasero.

$$h_o = (90^\circ - \text{latitud}) - 23.5^\circ \quad \text{Ec. 3}$$

Donde la distancia de un módulo a otro se calcula con la expresión:

$$d = d_1 + d_2 = \frac{z}{\tan h_o} + \frac{z}{\tan \alpha} = l * \frac{\text{sen} \alpha}{\tan h_o} + l * \frac{\text{sen} \alpha}{\tan \alpha} \quad \text{Ec. 4}$$

Al introducir una estructura coplanar estas distancias mínimas no se tendrían en cuenta, puesto que los módulos se colocan tumbados y paralelos entre sí. Si la producción de electricidad es menor con esta posición se aumenta el número de módulos para llegar a cubrir la demanda necesaria.

Las estructuras coplanares suelen ser más acertadas en lugares donde tengan una perfecta orientación Sur y una inclinación del tejado considerable (en torno a unos 20 o 30°)

4.1.4 INVERSORES

El inversor es el equipo que se encarga de transformar la corriente continua que llega a través de los módulos en corriente alterna, debido a que es la que se utiliza principalmente para el funcionamiento de la mayoría de electrodomésticos y demás equipos de una vivienda.

Dependiendo del tipo de instalación se deberá diferenciar dos grupos de inversores, los inversores para conexión a red o los inversores para una instalación aislada.

4.1.4.1 TIPOS DE INVERSORES

4.1.4.1.1 Para instalación aislada

Los inversores de las instalaciones aisladas se utilizan en aquellas zonas en las que no hay conexión a la red eléctrica y son capaces de convertir la corriente continua de la batería a corriente alterna de 220V para alimentar los consumos de la vivienda. Es necesario el uso de las baterías y pueden generar una onda senoidal directamente extrayendo así energía de las baterías.

Se utilizan principalmente para proporcionar luz en localizaciones sin conexión a la red eléctrica como pueden ser por ejemplo casas de campo, caravanas, barcos... Dentro de este grupo se pueden diferenciar varios tipos de inversores para instalaciones de aislada.

Inversor de aislada: Además de transformar la corriente en alterna también están programados para detener el suministro cuando la tensión de la batería es demasiado baja y así evitar posibles sobrecargas. Por otra parte incorporan protecciones contra la sobretensión, cortocircuito de salida, inversión de la polaridad y excesiva temperatura.



Ilustración 15: Inversor para aislada de 375W

Inversor cargador: Los inversores cargadores llevan incorporado un cargador interno que es capaz de cargar las baterías usando una fuente de alimentación de 220V externa. La ventaja de estos inversores-cargadores es que el sistema trabaja ajeno a las condiciones meteorológicas pudiendo funcionar incluso en los días de lluvia o con nula producción solar. Al incorporar este cargador, cuando una fuente auxiliar de energía esta presente, (el caso de la energía producida por módulos), toda la energía suministrada a la vivienda proviene de una fuente auxiliar y al mismo tiempo se cargan las baterías, de esta forma se aprovecha la energía de la fuente auxiliar al máximo.



Ilustración 16: Inversor-cargador de 1600W

Inversor 3 en 1: Los inversores 3 en 1 incorporan inversor de baterías, regulador de carga y cargador de baterías, lo que permite a estos dispositivos gestionar toda la energía. Gracias a su facilidad de instalación, su reducido peso y su bajo coste, estos inversores con cada vez más utilizados en las instalaciones solares.



Ilustración 17: Inversor 3 en 1 de 2000W

4.1.4.1.2 Para instalación de autoconsumo

Este otro tipo de inversores se utilizan en instalaciones con conexión a la red eléctrica. Van equipados con seguidores del punto de máxima potencia (MPPT) para maximizar la producción de los paneles solares. La corriente proveniente de los módulos fotovoltaicos como ya se sabe se transforma a corriente alterna (AC), de esta manera la energía puede ser consumida en la vivienda o bien inyectada a la red eléctrica para su venta.

Dentro de este grupo de inversores se puede distinguir los siguientes equipos de conexión a red:

Inversores de consumo directo: Estos aparatos transforman la corriente continua de las placas fotovoltaicas y es inyectada directamente en el interior de la vivienda. Al ser la tensión de inyección ligeramente superior a la tensión de la red eléctrica, hace que toda la energía que proviene de los módulos fotovoltaicos sea consumida con prioridad, en vez de la energía de la red. Por lo tanto el consumo de la vivienda será abastecido con la energía solar mientras esta sea suficiente, en el caso de que el consumo sea mayor a la producción que el equipo está proporcionando se compensará esa falta de energía con la de la red. En los casos donde la producción solar es superior al consumo que se efectúa en la vivienda, ese excedente es vertido a la red.



Ilustración 18: Inversor de autoconsumo de 2500W

Inversores de autoconsumo con baterías: Los inversores de autoconsumo con baterías además de realizar las funciones de los inversores de autoconsumo normales, son también capaces de almacenar el excedente de la energía que se capta con los módulos fotovoltaicos en unas baterías para poder ser utilizadas en otras ocasiones.



Ilustración 19: Inversor híbrido de 3000W

4.1.4.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS INVERSORES

- **Potencia de salida:** La potencia de salida del inversor puede estar expresada en vatios o en voltio-amperios (VA). La diferencia entre uno u otro es el factor de potencia que dependerá de la eficiencia del inversor y de las cargas o consumos conectados a él.
- **Temperatura:** La temperatura puede limitar a la salida de los inversores limitando el máximo de potencia que podrían llegar a entregar y el tiempo durante el cual entregarán esa potencia. A mayor paso de corriente mayor temperatura, por lo que todos los inversores serán capaces de suministrar potencia de salida nominal a temperatura estándar de unos 25°C.
- **Pico de potencia máxima:** Por lo general, todos los inversores deberían de ser capaces de poder suministrar hasta el doble de potencia nominal de salida durante un breve periodo de tiempo, para así poder soportar el tránsito de arranque de las cargas más exigentes como pueden ser las de los motores o compresores.

4.1.5 BATERÍAS

Siempre ha habido una necesidad de almacenamiento de energía, puesto que las horas de producción no siempre tienen que coincidir con las horas de consumo. Son muchas las formas de almacenar energía, pero en el caso de instalaciones fotovoltaicas la energía es almacenada en baterías.

Las baterías son sistemas recargables donde se produce un almacenamiento de energía eléctrica en forma de energía química. Durante la fase de carga se produce la transformación de energía eléctrica en energía química, mientras que en la fase de la descarga ocurre totalmente lo contrario.

Las baterías deben cumplir dos misiones:

- Suministrar potencia superior a la que podría suministrar el sistema de módulos
- Mantener el nivel de tensión estable.

Una batería consiste en colocar varios acumuladores conectados en serie o en paralelo, para dar la tensión de salida y la capacidad de almacenamiento más adecuadas en cada caso. Es el mismo método que se explica en la distribución de los paneles solares, en serie se mantiene la corriente y se aumenta la tensión y en paralelo ocurre todo lo contrario, la tensión es constante mientras que la intensidad es la suma de todas las demás corrientes.

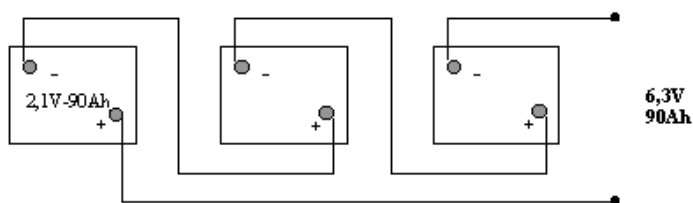


Ilustración 20: Conexión en serie

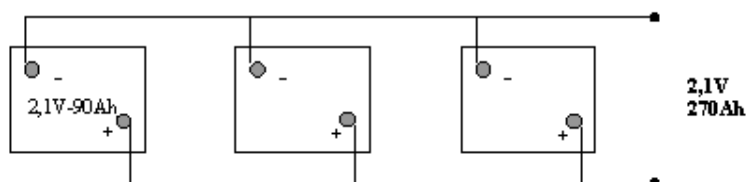


Ilustración 21: Conexión en paralelo

4.1.5.1 CARACTERISTICAS DE UNA BATERÍA

Las características de las baterías son definidas mediante los siguientes conceptos:

- Capacidad: Es la cantidad de corriente eléctrica que puede suministrar, se mide en amperios hora (Ah). Los parámetros que define la capacidad de una batería son:
 - Duración de descarga
 - Intensidad de descarga
 - Temperatura
 - Tensión final
- Rendimiento: Se puede definir como la relación que existe entre la energía suministrada durante la descarga y la energía que se necesita para cargar completamente las baterías.
- Vida útil: Se mide por la cantidad de ciclos de carga y descarga que es capaz de realizar una batería. Así, si se le somete a un trabajo de muchos ciclos diarios, la batería solo durará algunos meses, mientras que si el régimen es de un ciclo al día la batería puede durar años.
- Velocidad de carga y descarga: Indica la descarga completa en un periodo continuo de una hora.

4.1.5.2 TIPOS DE BATERÍAS

Los tipos de baterías se pueden separar en función de sus consumos. Si son instalaciones con consumos bajos y esporádicos se utilizarán baterías monoblock que tienen menor vida útil pero a su vez menor coste. Por el contrario si las instalaciones son de consumos medios o altos las baterías tendrán que ser estacionarias, puesto que su vida útil es mayor.

4.1.5.2.1 Baterías monoblock

Monoblock plomo-ácido abiertas: Cuenta con unos 350 ciclos de carga y descarga y no muy buena respuesta frente a descargas profundas o sobredescargas, se recomienda en estas baterías no sobrepasar nunca el 50% de descarga. Aptas para aquellas instalaciones solares de iluminación con consumos pequeños.



Ilustración 22: Batería monoblock ácido-plomo

Monoblock ciclo profundo: Son muy parecidas a las de plomo pero están reforzadas para poder soportar mayores profundidades de descarga, entorno al 70-80%. Mas recomendables para las instalaciones solares de bajos consumos.



Ilustración 23: Batería monoblock de ciclo profundo

Monoblock AGM: Estas baterías están selladas y no requieren mantenimiento. Tienen una mayor respuesta del voltaje frente a la descarga y se recomiendan más para unas instalaciones de consumos medios..



Ilustración 24: Batería monoblock AGM

Monoblock GEL: Las baterías de GEL tienen características muy similares a las baterías AGM, pero en el caso de las de GEL el electrolito está inmovilizado, lo que le

proporciona una mayor estabilidad de tensión a la batería, mejor respuesta frente a la temperatura, menor pérdida de electrolito y un gran número de ciclos de carga y descarga. Estas baterías son perfectas para las instalaciones fotovoltaicas y utilizadas con inversores de autoconsumo con baterías.



Ilustración 25: Batería monoblock GEL

Monoblock ion-litio: Cuentan con las mejores prestaciones gracias a sus altas profundidades de descarga del 80% sin producir daños y su gran rapidez de carga.



Ilustración 26: Batería monoblock ión-litio

4.1.5.2.2 Baterías estacionarias

Estacionarias plomo-ácido abiertas: Son las baterías que más se aconsejan para el uso fotovoltaico. Requieren un mantenimiento mínimo y es solamente rellenarlas cada cierto tiempo con agua destilada. Producen una excelente respuesta frente a las descargas profundas.



Ilustración 27: Baterías estacionarias plomo-ácido abiertas

Estacionarias GEL: Son las baterías que presentan mejor respuesta frente a la temperatura, una mayor estabilidad de tensión a la salida y no requieren mantenimiento ya que no hay fuga de gases porque están selladas. Su esperanza de vida es de más de 20 años, aunque su gran inconveniente es su elevado coste frente a las baterías estacionarias de plomo-ácido.



Ilustración 28: Baterías estacionarias GEL

4.1.6 REGULADOR

El regulador tiene la misión de controlar la corriente que es absorbida por la batería con el fin de que en ningún momento pueda sobrecargarse de forma indebida, evitando dentro de lo posible aprovechar el exceso de energía que pueden aportar los módulos fotovoltaicos. El regulador tiene como función controlar el voltaje e impedir la corriente de energía una vez que la batería este completamente llena

Funciones:.

- Evita sobrecargas en las baterías
- Impide la sobredescarga de las baterías
- Asegura el funcionamiento del sistema en el punto de máxima potencia



Ilustración 29: Regulador cargador

Para seleccionar un regulador adecuado a la instalación fotovoltaica en la que se trabaje a los parámetros mas importantes a tener en cuenta son la tensión del sistema l máxima corriente de carga.

4.1.6.1 TIPO DE INSTALACIÓN

4.1.6.1.1 Regulador tipo serie

Los reguladores serie realizan la función de desconectar el panel de las baterías cuando se alcanza el estado de plena carga. Como elemento regulador se emplea un dispositivo capaz de conducir la corriente deseada en la carga, de soportar la diferencia de tensión y que también este provisto de un sistema térmico que pueda ceder al ambiente el calor generado por la pérdida de potencia, sin llegar a alcanzar una temperatura peligrosa para la instalación.

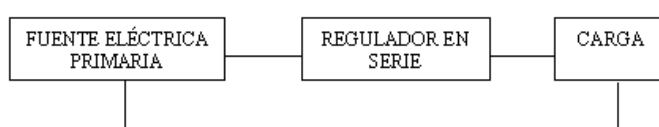


Ilustración 30: Regulador tipo serie

4.1.6.1.2 Regulador tipo paralelo

Los reguladores tipo paralelo detectan la tensión en bornes de la batería y cuando el potencial alcanza un valor establecido se crea una vía de baja resistencia para el grupo solar, derivando de esta manera la corriente y apartándola de las baterías. Los reguladores tipo paralelo han de disipar toda la corriente de salida del panel cuando el sistema de baterías llega a su estado de carga total.

En los reguladores en paralelo la energía que es disipada en el regulador disminuye cuando aumenta la carga. Por otra parte el regulador en paralelo también presenta un elemento que disipa el calor, la resistencia R , que es donde circula corriente del regulador y de la carga.

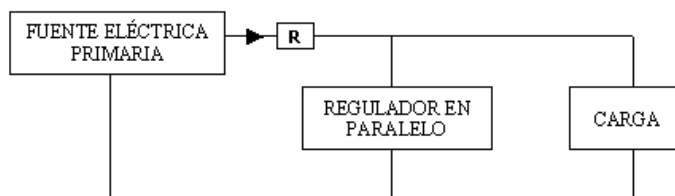


Ilustración 31: Regulador tipo paralelo

4.2 INSTALACIONES SOLARES TÉRMICAS

Las instalaciones solares térmicas son capaces de convertir la energía solar que llega sobre la superficie de un captador en energía térmica. Esta energía se traspassa a un fluido (normalmente agua mezclada con un fluido anticongelante), y de este fluido pasará al agua que estará dentro de un sistema de acumulación. Una vez que el agua está a la temperatura adecuada será transportada a través de un sistema de tuberías hasta los puntos donde será consumida, pasando por un sistema de calentamiento auxiliar en el caso de que sea necesario aportar más energía térmica extra al agua.

La función es:

- Captar la energía del sol y convertirla en energía térmica.
- Almacenar esta energía térmica para se utilizada cuando sea necesario.



Ilustración 32: Esquema de una instalación ACS incluyendo bomba y acumuladores

Sus aplicaciones son de uso doméstico o dirigidas al sector terciario, en el cual las emisiones de los combustibles fósiles que abundan en los sistemas tradicionales tienen una repercusión más nociva.

De esta manera se consigue disminuir sensiblemente las emisiones gaseosas originadas por estos sistemas convencionales de generación de agua caliente como son por ejemplo el butano, propano, gasóleo y gas natural.

Los componentes principales de las instalaciones solares térmicas son los siguientes:

- Sistema de captación
- Sistema de acumulación
- Sistema de tuberías
- Sistema de bombeo
- Sistema auxiliar

4.2.1 SISTEMA DE CAPTACIÓN

El captador solar es el principal elemento de toda instalación térmica. Su misión es la transformar la energía que recoge del sol en calor para transferido al fluido de trabajo del circuito primario solar. Hay una amplia gama de sistemas de captación de radiación solar, aunque la elección de un sistema u otro dependerá principalmente de si las instalaciones se tratan de temperaturas altas (para producción de energía eléctrica superiores a 400°C), bajas (ACS inferiores a 90°C) o medias (entre 90 y 400°C para producción de vapor o aceite térmico).

Captador solar plano: Se trata del captador solar mas extendido con aumentos de temperatura de hasta 60°C. El vidrio que cubre el captador no solo protege la instalación si que a su vez permite conservar el calor produciendo un efecto invernadero que mejora el rendimiento del captador.



Ilustración 33: Captador solar plano

Captadores solares no vidriados: Estos captadores no tienen cubierta que lo aíslas del exterior, por lo tanto tienen mayores pérdidas de calor. Se utilizan para las aplicaciones de muy baja temperatura como por ejemplo el calentamiento de piscinas. Estas temperaturas rondan los 22-33°C.

Captador solar de vacío: Está formado por colectores lineales alojados en tubos de vidrio al vacío. El panel tiene estructura parecida a la de un peine, con un mástil que conduce el fluido, y una serie de tubos a modo de púas donde se produce la captación de la radiación solar.

La diferencia de los captadores planos y los captadores de tubos de vacío consiste en el aislamiento. En los planos se pueden comprobar pérdidas por convección, mientras que en los captadores de tubos estas pérdidas se ven bastante reducidas, gracias a que estos están aislados al vacío.



Ilustración 34: Captador solar de tubos de vacío

Los principales parámetros que influyen sobre la eficiencia de un colector solar son:

- ✓ Cuanto mayor sea el nivel de aislamiento menores serán las pérdidas por conducción.
- ✓ La absorptividad y transmitancia de la superficie.
- ✓ La orientación e inclinación del captador.

4.2.2 SISTEMAS DE ACUMULACIÓN

Este sistema se encarga de acumular el agua calentada por el sistema anterior para su posterior consumo. Tiene dos aperturas, una entrada para que circule el agua fría y una salida para que lo haga el agua caliente. La fría entra por debajo del acumulador donde se encuentra con el intercambiador, a medida que se calienta se desplaza hacia arriba, que es desde donde saldrá el agua caliente para su consumo.

También dispone de un sistema para evitar la corrosión que genera el agua caliente que se encuentra almacenada en el depósito y así no hacer daños sobre los materiales. Por fuera tiene una capa de material aislante que evita pérdidas de calor y está cubierto por un material que protege el aislamiento de posibles humedades y golpes.

Como se puede comprobar en la ilustración 35 este será el sistema de captación y acumulación.

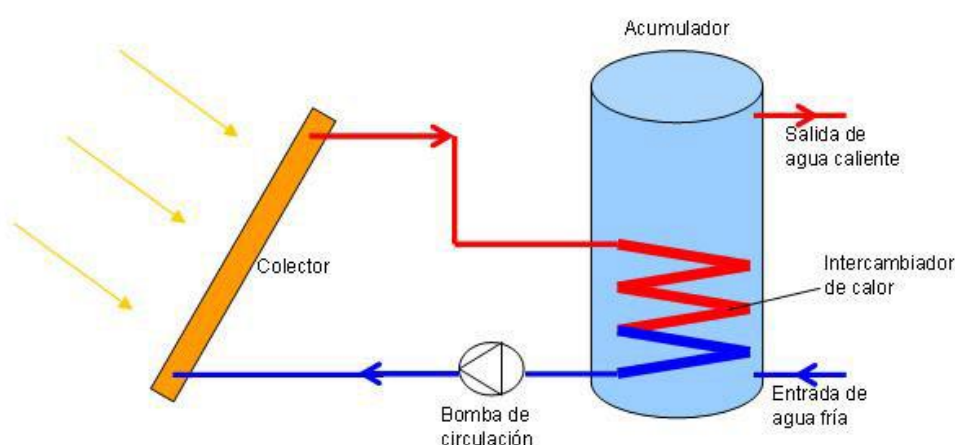


Ilustración 35: Sistema de captación y acumulación

Existen varios tipos de acumuladores, pero los más utilizados son:

Termofisión: Estos acumuladores aprovechan la diferencia de densidad del agua cuando esta a distintas temperaturas, de esta forma el agua caliente se puede mover a través del circuito. Al ser menos densa el agua caliente tiende a subir, por lo que el depósito siempre se coloca por encima del panel, evitando la instalación de una bomba de circulación.

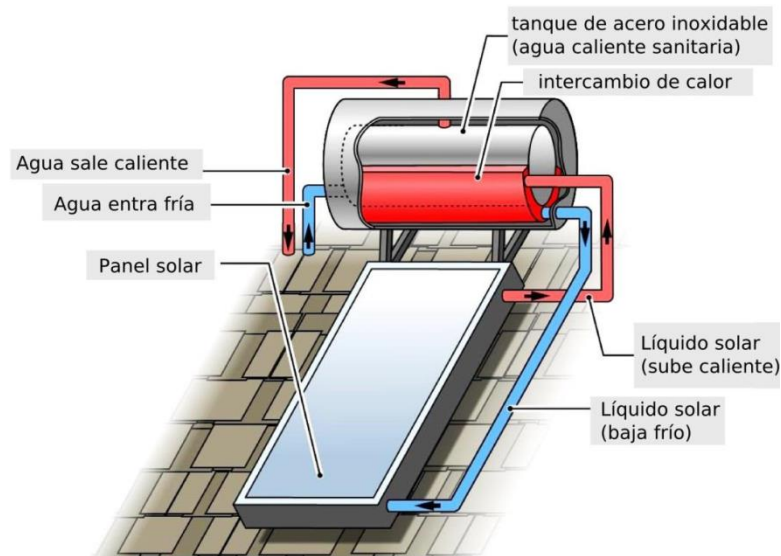


Ilustración 36: Funcionamiento del sistema de acumulación por termofisión

El fluido de la instalación se calienta por la luz solar sobre el colector. Debido a las diferencias de temperaturas éste sube a la parte superior del captador y transmite su calor al depósito, enfriándose y volviendo a la parte baja, repitiéndose este proceso constantemente.

Este tipo de sistemas son sencillos de montar, no necesitan alimentación eléctrica y no ocupan espacio en el interior de la vivienda, pero al estar el depósito a la intemperie, las pérdidas por convección, conducción y radiación son mayores, especialmente en invierno.

Acumuladores cilíndricos sin intercambiador: Son básicamente un depósito cuyo objetivo es almacenar el agua, su rendimiento es más bajo que los interacumuladores.

Interacumuladores: Tienen dos circuitos de circulación que son independientes, el fluido de trabajo nunca llega a mezclarse con el ACS, ya que se hace pasar por dos colectores solares mientras su temperatura va aumentando. Una vez sale de los colectores llega al serpentín que se encuentra dentro del acumulador consiguiendo de esta manera que el fluido de trabajo ceda su energía térmica al ACS.

Este tipo de acumuladores puede tener uno o más serpentines dependiendo del sistema de apoyo auxiliar. El agua fría entra por la parte inferior del acumulador mientras que el agua caliente se extra por la parte superior.



Ilustración 37: Interacumulador con serpentines

4.2.3 SISTEMA DE TUBERÍAS

Este sistema se encarga de distribuir toda el ACS a los diferentes puntos de consumo que tenga la vivienda. Por una parte debe ser capaz de soportar elevadas presiones y también ciertas temperaturas de funcionamiento (en torno a unos 60°C), por la otra deberá tener un recorrido corto y recto, evitando de esta manera las máximas pérdidas de carga que se puedan producir en este transporte.

Hay que destacar que el material con el cual estén hechas las tuberías no puede reaccionar con el líquido que transporten ni deteriorarse por el.

4.2.4 SISTEMA DE BOMBEO

A veces es necesario introducir un bombeo para impulsar el agua para que esta se mueva por el sistema de tuberías. Se necesitará introducir una o dos bombas en el sistema cuando la acumulación no sea en el sistema termosifónico, si no mediante un depósito vertical con un intercambiador intermedio.

En los sistemas de circulación forzada en el circuito primario el funcionamiento de las bombas se regulará siempre mediante el sistema de control diferencial, se instalarán unos termostatos para medir la temperatura del agua en la parte mas caliente del acumulador (parte superior) y la parte de salida de los captadores. Estos sensores tendrán la responsabilidad de regular el funcionamiento y paro de la bomba, de tal forma que, si la temperatura de salida del sistema de captadores es mayor en una determinada cantidad a la temperatura del agua en la parte mas alta del acumulador, la bomba se activa, y si es al contrario, la bomba se para para evitar el enfriamiento del agua en el sistema de acumulación.

Es necesario instalar una bomba de circulación en el circuito secundario siempre que haya que elevar el agua desde el lugar de acumulación hasta el lugar de consumo. En sistemas termosifónicos que normalmente se colocan en la parte más alta del edificio, no suele ser necesario instalar bombas de circulación para el circuito secundario siempre y cuando la red de tuberías de ACS este bien diseñada.

A continuación en la ilustración 38 se muestra el esquema de todos los circuitos de la instalación.

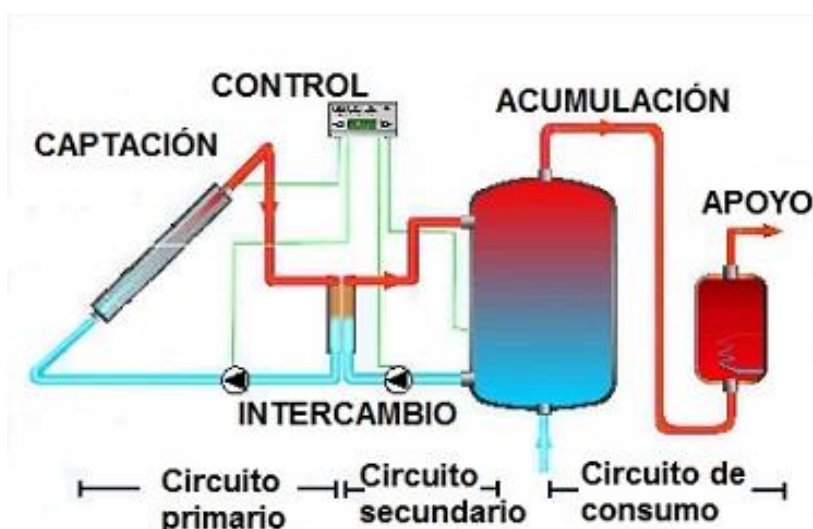


Ilustración 38: Representación de todos los circuitos para una instalación solar térmica de ACS

4.2.5 SISTEMA AUXILIAR

En ocasiones será necesario tener instalado un sistema auxiliar que sirva de apoyo a los captadores solares para el calentamiento de agua, por si estos no fueran capaces de proporcionar la energía térmica suficiente o por si algún casual fallaran o estuvieran dañados.

Hay muchas alternativas posibles, pero si lo que se busca es el ahorro energético quizá una de las mejores opciones sería un calentador de gas butano, capaz de aportar de forma instantánea la energía necesaria para elevar la temperatura del ACS a los 60°C que es la temperatura recomendada. Este tipo de calentadores no necesitan acumulación ya que son capaces de generar y transmitir de forma instantánea a el agua de la red toda la energía térmica necesaria para elevar su temperatura.

5 MATERIALES Y METODOS

Se recopilarán todos los datos de consumo eléctrico y ACS en la vivienda, gastos mensuales abonados a la compañía eléctrica, emplazamiento de la vivienda, datos de aportación solar en dicha zona y el consumo mínimo que se necesitará para la instalación aislada, ya que será un consumo menor al actual para reducir cantidad de Whora/día.

5.1 INSTALACION TERMOSOLAR DE ACS

5.1.1 PREVISION DE CARGAS

Para hacer una estimación lo más exacta posible de la demanda de ACS se recurrirá a la sección HE4 del Código Técnico de la Edificación. En la tabla 1 se encuentran los valores de demanda de ACS aproximados en litros/día por persona que se deberá tener en cuenta a la hora de dimensionar la instalación.

Criterio de demanda	Litros ACS/día a 60° C	
Viviendas unifamiliares	30	por persona
Viviendas multifamiliares	22	por persona
Hospitales y clínicas	55	por cama
Hotel ****	70	por cama
Hotel ***	55	por cama
Hotel/Hostal **	40	por cama
Camping	40	por emplazamiento
Hostal/Pensión *	35	por cama
Residencia (ancianos, estudiantes, etc)	55	por cama
Vestuarios/Duchas colectivas	15	por servicio
Escuelas	3	por alumno
Cuarteles	20	por persona
Fábricas y talleres	15	por persona
Administrativos	3	por persona
Gimnasios	20 a 25	por usuario
Lavanderías	3 a 5	por kilo de ropa
Restaurantes	5 a 10	por comida
Cafeterías	1	por almuerzo

Tabla 1: Valores ACS

Se trata de una vivienda unifamiliar compuesta por 4 personas por lo que serán necesarios unos 120 litros/día ya que cada persona puede tener hasta 30 litros por día de gasto diario.

5.1.2 MÉTODO F-CHART

La instalación estará dimensionada de tal forma que pueda cubrir todas las exigencias de la normativa vigente en relación con las instalaciones de ACS..

El dimensionamiento se realizará cumpliendo la regla de que ningún mes del año la energía producida por la instalación podrá superar el 110% de la demanda del consumo y nunca más de tres meses seguidos el 100% de la demanda.

Se usará el método F-Chart para el cálculo de esta instalación y a continuación se irán mostrando las fórmulas necesarias para dicho procedimiento.

La ecuación 5 indica la demanda térmica de la instalación en kWh/mes y kWh/año

$$Q_{acs} = D * N * \rho * C_p * \Delta T * \frac{1}{3600} \quad \text{Ec. 5}$$

Siendo:

Q_{acs} = Carga calorífica mensual de calentamiento Carga de ACS (kWh/mes)

$D(T)$ = Consumo diario de ACS (L/día)

N = Días del mes

ρ = Densidad del agua (Kg/l)

C_p agua= Calor específico del agua (4,186 KJ/ (Kg*K))

ΔT = Diferencia entre la temperatura a la que se suministrará el agua destinada a ACS (60°) y la temperatura del agua de la red (°C)

Tabla 4. Temperatura mínima media del agua de la red general, en °C, obtenida a partir de medidas directas. Los datos han sido agrupados en seis perfiles característicos. (Fuente: CENSOLAR).

Nota: También se podrán tomar en consideración los valores indicados en la norma UNE 94002.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
1 ÁLAVA	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	9,3
2 ALBACETE	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	9,3
3 ALICANTE	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3
4 ALMERÍA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3
5 ASTURIAS	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10,3
6 ÁVILA	4	5	7	9	10	11	12	11	10	9	7	4	8,3
7 BADAJOZ	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10,3
8 BALEARES	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3
9 BARCELONA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3
10 BURGOS	4	5	7	9	10	11	12	11	10	9	7	4	8,3
11 CÁCERES	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10,3
12 CÁDIZ	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3
13 CANTABRIA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3
14 CASTELLÓN	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3
15 CEUTA	8	9	10	12	13	13	14	13	13	12	11	8	11,3
16 CIUDAD REAL	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	9,3
17 CÓRDOBA	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10,3
18 LA CORUÑA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3
19 CUENCA	4	5	7	9	10	11	12	11	10	9	7	4	8,3
20 GERONA	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10,3
21 GRANADA	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10,3
22 GUADALAJARA	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10,3
23 GUIPÚZCOA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3
24 HUELVA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3
25 HUESCA	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	9,3
26 JAÉN	8	9	11	13	14	15	17	16	14	13	11	7	12,3
27 LEÓN	4	5	7	9	10	11	12	11	10	9	7	4	8,3
28 LÉRIDA	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	9,3
29 LUGO	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10,3
30 MADRID	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10,3
31 MÁLAGA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3
32 MELILLA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3
33 MURCIA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3
34 NAVARRA	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	9,3
35 ORENSE	5	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10,2
36 PALENCIA	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	9,3
37 LAS PALMAS	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3
38 PONTEVEDRA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3
39 LA RIOJA	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10,3
40 SALAMANCA	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	9,3
41 STA. C. DE TENERIFE	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3
42 SEGOVIA	4	5	7	9	10	11	12	11	10	9	7	4	8,3
43 SEVILLA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3
44 SORIA	4	5	7	9	10	11	12	11	10	9	7	4	8,3
45 TARRAGONA	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10,3
46 TERUEL	4	5	7	9	10	11	12	11	10	9	7	4	8,3
47 TOLEDO	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10,3
48 VALENCIA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3
49 VALLADOLID	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	9,3
50 VIZCAYA	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10,3
51 ZAMORA	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	9,3
52 ZARAGOZA	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	9,3

Tabla 2: Temperatura del agua de la red por provincia

Según la tabla 2 al ser Jaén una zona V la instalación debe abastecer al menos un 70% de la demanda diaria.

La ecuación utilizada para este cálculo es la numero 6:

$$f = 1.029D1 - 0.065D2 - 0.245D1^2 + 0.0018D2^2 + 0.0215D1^3 \quad \text{Ec. 6}$$

Con la D1 se puede expresar la relación absorbida por la placa del captador solar plano y la carga calorífica total de calentamiento durante un mes. La expresión es la indicada en la ecuación 7.

$$D1 = \frac{Ea}{Qacs} \quad Ec. 7$$

La ecuación 8 indica la la energía absorbida por el captador.

$$Ea = Sc * F't(\tau\alpha) * R1 * N \quad Ec. 8$$

Siendo:

Sc= Superficie del captador solar (m2)

R1= Radiación diaria media mensual que incide sobre la superficie del captador solar plano por unidad de superficie (kWh/ (m2 día))

N= Días del mes

$F't(\tau\alpha)$ = Factor adimensional dado por la expresión numero 9

$$F't(\tau\alpha) = Ft(\sigma\alpha)n \left[\frac{\tau\alpha}{(\tau\alpha)n} \right] * (F't/Ft) \quad Ec. 9$$

Dónde:

$Ft(\sigma\alpha)n$ =Factor de eficiencia óptica del captador (η_0).

$\left[\frac{\tau\alpha}{(\tau\alpha)n} \right]$ = Modificador del ángulo de incidencia, en general se toma para este coeficiente un valor constante de 0,96 para superficie transparente sencilla o 0,94 para superficie transparente doble.

$(F't/Ft)$ = Factor de corrección del conjunto de captadores e intercambiadores. Se recomienda que el valor tomado sea de 0,95.

D2 indica la relación entre las pérdidas de energía en el captador y la carga calorífica de calentamiento durante un mes para una temperatura determinada, como se muestra en la ecuación 10.

$$D2 = \frac{Ep}{Qacs} \quad \text{Ec. 10}$$

La energía perdida por el captador se calcula mediante la ecuación 11:

$$Ep = Sc * F't * UL * (100 - Ta) * \Delta t * J1 * J2 \quad \text{Ec. 11}$$

Donde:

Sc= Superficie del captador solar (m2)

Ta= Temperatura media mensual del ambiente durante las horas del periodo diurno.

Δt = Tiempo considerado en segundos.

$F't UL = F't UL (F't/Ft)$

Siendo:

$F't UL$ = Pendiente de la curva característica del captador (coeficiente global de pérdidas del captador, K1, curva de rendimiento)

$(F't/Ft)$ = Factor de corrección del conjunto de captadores e intercambiadores. Se recomienda que el valor tomado sea de 0,95.

$J1$ = Factor de corrección por almacenamiento. Se obtendrá mediante la ecuación 12.

$$J1 = \left[\frac{kg \text{ acumulación}}{75Sc} \right]^{\wedge} - 0.025 \quad \text{Ec. 12}$$

Es recomendable que el volumen de acumulación sea similar a D(T) diaria.

La ecuación 13 relaciona la temperatura mínima del ACS, la del agua de red y la media mensual ambiente, dando lugar a $J2$ que es el factor de corrección para ACS.

$$J2 = \frac{11.6 + 1.18T_{ac} + 3.68T_t - 2.32T_{ta}}{100 - ta} \quad \text{Ec. 13}$$

Donde:

T_{ac} =Temperatura mínima requerida del ACS

T_t = Temperatura del agua de la red

t_a = Temperatura media mensual del ambiente durante las horas del periodo diurno.

Para obtener el valor de J2 y D2 será necesaria la tabla 3 que indica la temperatura de red por mes y provincia. Cabe destacar además de esta tabla la importancia de la temperatura media mensual del ambiente durante las horas diarias.

Temperatura ambiente media durante las horas de sol, en °C. (Fuente: CENSOLAR).

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
1 ÁLAVA	7	7	11	12	15	19	21	21	19	15	10	7	13,7
2 ALBACETE	6	8	11	13	17	22	26	26	22	16	11	7	15,4
3 ALICANTE	13	14	16	18	21	25	28	28	26	21	17	14	20,1
4 ALMERÍA	15	15	16	18	21	24	27	28	26	22	18	16	20,5
5 ASTURIAS	9	10	11	12	15	18	20	20	19	16	12	10	14,3
6 ÁVILA	4	5	8	11	14	18	22	22	18	13	8	5	12,3
7 BADAJOZ	11	12	15	17	20	25	28	28	25	20	15	11	18,9
8 BALEARES	12	13	14	17	19	23	26	27	25	20	16	14	18,8
9 BARCELONA	11	12	14	17	20	24	26	26	24	20	16	12	18,5
10 BURGOS	5	6	9	11	14	18	21	21	18	13	9	5	12,5
11 CÁCERES	10	11	14	16	19	25	28	28	25	19	14	10	18,3
12 CÁDIZ	13	15	17	19	21	24	27	27	25	22	18	15	20,3
13 CANTABRIA	11	11	14	14	16	19	21	21	20	17	14	12	15,8
14 CASTELLÓN	13	13	15	17	20	24	26	27	25	21	16	13	19,2
15 CEUTA	15	15	16	17	19	23	25	26	24	21	18	16	19,6
16 CIUDAD REAL	7	9	12	15	18	23	28	27	20	17	11	8	16,3
17 CÓRDOBA	11	13	16	18	21	26	30	30	26	21	16	12	20
18 LA CORUÑA	12	12	14	14	16	19	20	21	20	17	14	12	15,9
19 CUENCA	5	6	9	12	15	20	24	23	20	14	9	6	13,6
20 GIRONA	9	10	13	15	19	23	26	25	23	18	13	10	17
21 GRANADA	9	10	13	16	18	24	27	27	24	18	13	9	17,3
22 GUADALAJARA	7	8	12	14	18	22	26	26	22	16	10	8	15,8
23 GUIPÚZCOA	10	10	13	14	16	19	21	21	20	17	13	10	15,3
24 HUELVA	13	14	16	20	21	24	27	27	25	21	17	14	19,9
25 HUESCA	7	8	12	15	18	22	25	25	21	16	11	7	15,6
26 JAÉN	11	11	14	17	21	26	30	29	25	19	15	10	19
27 LEÓN	5	6	10	12	15	19	22	22	19	14	9	6	13,3
28 LÉRIDA	7	10	14	15	21	24	27	27	23	18	11	8	17,1
29 LUGO	8	9	11	13	15	18	20	21	19	15	11	8	14
30 MADRID	6	8	11	13	18	23	28	26	21	15	11	7	15,6
31 MÁLAGA	15	15	17	19	21	25	27	28	26	22	18	15	20,7
32 MELILLA	15	15	16	18	21	25	27	28	26	22	18	16	20,6
33 MURCIA	12	12	15	17	21	25	28	28	25	20	16	12	19,3
34 NAVARRA	7	7	11	13	16	20	22	23	20	15	10	8	14,3
35 ORENSE	9	9	13	15	18	21	24	23	21	16	12	9	15,8
36 PALENCIA	5	7	10	13	16	20	23	23	20	14	9	6	13,8
37 LAS PALMAS	20	20	21	22	23	24	25	25	26	25	23	21	22,9
38 PONTEVEDRA	11	12	14	16	18	20	22	23	20	17	14	12	16,6
39 LA RIOJA	7	9	12	14	17	21	24	24	21	16	11	8	15,3
40 SALAMANCA	6	7	10	13	16	20	24	23	20	14	9	6	14
41 STA. C. DE TENERIFE	19	20	20	21	22	24	26	27	26	25	23	20	22,8
42 SEGOVIA	4	6	10	12	15	20	24	23	20	14	9	5	13,5
43 SEVILLA	11	13	14	17	21	25	29	29	24	20	16	12	19,3
44 SORIA	4	6	9	11	14	19	22	22	18	13	8	5	12,6
45 TARRAGONA	11	12	14	16	19	22	25	26	23	20	15	12	17,9
46 TERUEL	5	6	9	12	16	20	23	24	19	14	9	6	13,6
47 TOLEDO	8	9	13	15	19	24	28	27	23	17	12	8	16,9
48 VALENCIA	12	13	15	17	20	23	26	27	24	20	16	13	18,8
49 VALLADOLID	4	6	9	12	17	21	24	23	18	13	8	4	13,3
50 VIZCAYA	10	11	12	13	16	20	22	22	20	16	13	10	15,4
51 ZAMORA	6	7	11	13	16	21	24	23	20	15	10	6	14,3
52 ZARAGOZA	8	10	13	16	19	23	26	26	23	17	12	9	16,8

Tabla 3: Temperatura ambiente media diaria durante las horas de sol

Teniendo los parámetros D1 y D2 se podrá obtener la fracción de la carga calorífica mensual aportada por el sistema de generación de ACS. La energía útil que capta el sistema se calcula mediante la ecuación 14 como se muestra a continuación.

$$Q_u = f * Q_{acs} \quad \text{Ec. 14}$$

Haciendo un sumatorio de todos los meses de demanda térmica y de energía útil se podrá calcular la cobertura anual del sistema gracias a la ecuación 15.

$$Cobertura\ solar\ anual = \frac{\sum_{mes\ 1}^{mes\ 12} Q_{acs}}{\sum_{mes\ 1}^{mes\ 12} Q_u} \quad \text{Ec. 15}$$

5.1.3 CAPTADOR SOLAR Y SISTEMA DE ACUMULACIÓN

El principal componente por el que estará compuesta la instalación termo-solar para ACS será un equipo domestico de circulación natural. El captador plano tiene una superficie de captación de unos 2,23m² ya que es el mínimo de los modelos que se han comprobado, cabe destacar que una superficie de 2m² también sería suficiente.

El sistema que se va a instalar es el kit de la empresa Tusol que consta de los siguientes componentes:

- Depósito de doble envolvente
- Captadores térmicos
- Estructura (válida para cubierta plana o inclinada)
- Todas las conexiones necesarias, aislamiento para los latiguillos, válvulas de seguridad de primario y secundario y garrafa de 3 litros de propilenglicol concentrado.

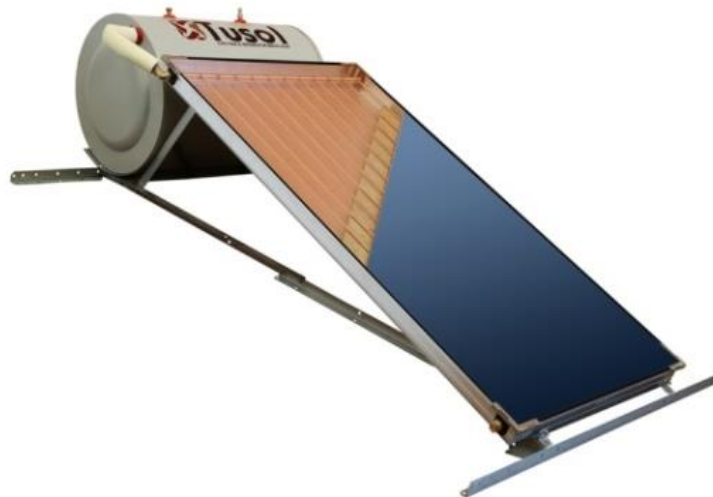


Ilustración 39: Kit de Captación y Acumulación

5.1.4 FLUIDO CALOPORTADOR

Para el circuito primario no se utilizará agua. De esta manera se evitarán problemas debido a la congelación del líquido en invierno. En su lugar se utilizará un fluido solar de la Marca Vaillant, compuesto por agua mezclada con propilenglicol en una concentración entre el 42 y el 45% .

La temperatura de congelación de este líquido es de -28°C.

5.1.5 SISTEMA HIDRAULICO

El sistema estará formado por 2 circuitos con 2 fluidos de trabajo distintos.

El circuito primario estará trabajando con agua mezclada con poliglicol. Circulará por el captador solar plano que se encuentra en la parte baja, y gracias a una diferencia de densidades pasará hacia el termosifón donde ahí intercambiará calor con el agua que este acumula para calentarla. Una vez se ha llevado a cabo este proceso el agua glicolada se enfría, volviendo a circular hacia la parte inferior del captador solar plano y vuelta a empezar.

El circuito secundario de ACS se encarga de conectar el depósito de acumulación con la toma de red estando este también conectado a los puntos de consumo. El fluido que trabaja en este circuito si será agua.

Según la exigencia del Pliego de Condiciones Técnicas para las instalaciones de baja temperatura ha de comprobarse que la velocidad por la que el agua debe circular por las tuberías debe ser inferior a 2m/s siempre y cuando la tubería transcurra por locales habitados y puede incrementarse hasta 3m/s cuando el tramo sea al exterior o por locales que no estén habitados, así como que la pérdida de carga unitaria en tuberías nunca puede llegar a superar 40 mm de columna de agua por metro lineal.

5.2 INSTALACION FOTOVOLTAICA AISLADA

5.2.1 PREVISION DE CARGAS

Para el caso de la instalación fotovoltaica aislada, el consumo de grandes potencias como podrían ser resistencias para proporcionar calor, aires acondicionados, vitrocerámica etc... deberá ser reemplazados por otras fuentes de energía distintas a la electricidad.

El consumo diario de la instalación aislada será de unos 10 kWh al día.

En la tabla 4 se muestra la cantidad de electrodomésticos que serán incluidos junto con sus potencias y su uso diario para poder calcular la cantidad de energía diaria que se necesita

Todos los electrodomésticos y equipos de la vivienda son de corriente alterna, por lo que se deprecia la corriente continua.

	ELEMENTO	Nº	POTENCIA (W)	CICLO (h/día)
CONSUMO DE ED	Lámparas	12	10	8
	Afeitadora (con cargador)	1	0,7	0,01
	Horno eléctrico	1	950	0,3
	Calefactor	1	963,1	0,2
	Cadena música, equipo música	1	46	0,1
	Cargador teléfono móvil	3	40	3
	Exprimidora	1	35	0,03
	Lavadora	1	330	1
	Microondas	1	640	0,3
	Nevera-congelador	1	120	14
	PC iMac sobremesa	1	150	2
	Portátil MacBook pro I5-2410	1	63,5	1,5
	Router ADSL/Wifi	1	10,12	24
	Secador pelo	1	825	0,2
	Timbre de pared	1	10	0,01
	Tostadora	1	900	0,1
	TV Plasma, 50-56 pulgadas	1	474	1
	Ventilador de techo	4	70	8
	Videoconsola PS3	1	194	1

Tabla 4: Electrodomésticos que deben ser cubiertos

La fórmula para poder sacar este valor queda reflejada en la ecuación 16.

$$Ed = \sum \frac{Edc}{\eta_{reg}} + \sum \frac{Eac}{\eta_{reg} * \eta_{inv}}$$

Ec. 16

5.2.2 MODULOS FOTOVOLTAICOS

La instalación constará de 16 módulos fotovoltaicos de la marca Parsec Solar PS-275P. Es aconsejable que el número de paneles sea par, ya que eso ayuda a evitar que se produzcan desequilibrios en la instalación y permite más opciones a la hora de definir las conexiones entre placas (serie y paralelo).

La ecuación número 17 expresa como poder calcular este valioso dato.

$$Pp(Wp) = \frac{Ed * Gstd}{G(\alpha, \beta) * PR} \quad Ec. 17$$

Siendo:

E_D el consumo expresado en kWh/día

$G_{STD} = 1 \text{ kW/m}^2$

PR igual a 0,6 en sistemas con inversor y batería.

G es H_{OPT} del peor mes (Diciembre) citado en el apartado de materiales y métodos.



Ilustración 40: Modulo fotovoltaico policristalino de la marca Parsec Solar

5.2.3 INVERSOR

La potencia determinará cual es el inversor que trabajará la instalación, puesto que este debe ser capaz de soportar la máxima potencia que pueda generar el sistema.

Se dimensionará la potencia mínima del inversor a través de la ecuación 18 que se muestra a continuación.

$$P_{inv} = \frac{P_{ac} * F_{simul}}{\eta_{inv}} \quad Ec. 18$$

Siendo:

P_{inv} : Potencia mínima del inversor. (kW)

P_{AC} : Suma de las potencias de las cargas en alterna. (kW)

F_{simul} : Coeficiente de simultaneidad de la instalación.

η_{inv} : Rendimiento del inversor.

El inversor que mejor cumple con las necesidades de esta instalación es un inversor de la marca Victron y es el modelo Phoenix de 24V que ofrece unos 5000VA de potencia, permitiendo unos picos de hasta 10000 W.



Ilustración 41: Inversor Victron Phoenix

5.2.4 REGULADOR

El encargado de soportar toda la tensión a circuito abierto y la corriente a cortocircuito será el regulador. Esta corriente y tensión va a depender de la forma de conexión en las que estén colocados los paneles fotovoltaicos.

Como se dispone de un número par de módulos las conexiones pueden establecerse en 2 agrupaciones en paralelo y 8 en serie o por el contrario de forma inversa, 8x2.

Al tener un tejado de 200 m², dejando 50 m² para tener el sistema de captación solar térmica bastante alejado de la instalación fotovoltaica se cuentan aun con 150 m² de superficie, por lo que la forma de dimensionar los módulos no es un problema.

Tomando como referencia esta separación considerable entre módulo con estructura metálica incluida para evitar sombras de unos 4 m² por módulo se obtiene

8 (serie) x 2 (paralelo)

8 (paralelo) x 2 (serie)

16 módulos x 4 m² = 64 m² por lo que hay tejado suficiente para instalar más módulos en un futuro si se quisiera ampliar la instalación.

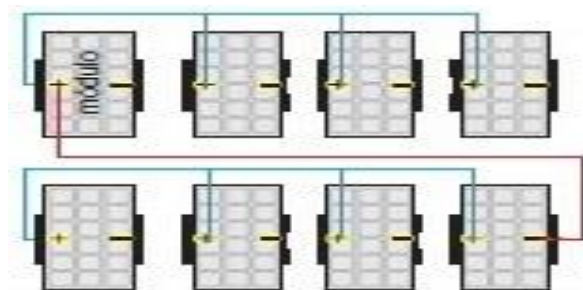


Ilustración 42: Conexión de los módulos y disposición en el tejado

La corriente que debe soportar el regulador en caso de cortocircuito será la expresada por la ecuación 19.

$$I_{\text{regulador}} = 1,1 * \text{número de placas en paralelo} * I_{sc} \text{ placas} \quad \text{Ec. 19}$$

Se multiplica por 1.1 ya que hay que aplicar un margen de seguridad del 10%

En el caso de la tensión que soportará el regulador a circuito abierto viene dada por la ecuación 20.

$$V_{\text{regulador}} = 1,1 * \text{número de placas en serie} * V_{oc} \text{ placas} \quad \text{Ec. 20}$$

El regulador seleccionado es un MPPT Victron-Energy 150/100 capaz de trabajar con una potencia fotovoltaica nominal de hasta 2900W para una tensión de acumulación de 24V y de 5800W a 48V.



Ilustración 43: Regulador MPPT Victron-Energy

5.2.5 ACUMULADOR

Se debe escoger un sistema de acumulación capaz de recolectar la energía aportada por el sistema y que además pueda abastecer una autonomía mínima de 3 días.

Al tener el sistema una potencia comprendida entre 2000 Y 5000W es recomendable que el sistema de acumulación trabaje a una tensión de 24V. Cabe destacar que en ningún momento el sistema de acumulación puede superar el 80% de descarga, ya que puede atraer graves consecuencias.

Para calcular esta autonomía mínima se hará uso de la ecuación número 21

$$Cb(Ah) = \frac{A * Ld}{PD_{max} * \eta_{regulador} * \eta_{inversor} * \eta_{acumulador}} \quad Ec. 21$$

Siendo:

A: Los días de autonomía.

PD_{max}: Profundidad de descarga máxima (%).

LD: Consumo diario medio de la carga (Ah/día), que se calcula mediante la ecuación 22.

$$Ld = \frac{Ed}{U_{nominal}} \quad Ec. 22$$

Siendo:

Ed: Demanda energética estimada (Wh/día).

U_{nominal}: Tensión nominal del sistema de acumulación (V).

El sistema de acumulación estará formado por 12 vasos de baterías de 2V

La batería escogida es una batería estacionaria 24V Bauer Energy 2232Ah 12 OPzS ya que permite un número elevado de descargas a una profundidad superior al 70%.

Puede que se este frente a una de las mejores gamas de baterías para instalaciones fotovoltaicas aisladas.



Ilustración 44: Batería Estacionaria 24V

5.3 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO

5.3.1 OBJETIVO DE LA INSTALACIÓN DE AUTOCONSUMO

A diferencia de la instalación fotovoltaica aislada, lo que se pretende con esta instalación es seguir teniendo el consumo habitual en la vivienda sin necesidad de prescindir de ningún electrodoméstico o tiempo de duración de cualquier aparato eléctrico. La opción es tener un sistema que en las horas de máximo consumo (mañanas y tardes) proporcione electricidad de manera que bajen los kWh aportados con la compañía eléctrica en las horas pico que es cuando por lo general, la tarifa de nuestra compañía tiene los precios más elevados.

El objetivo de esta instalación es aprovechar las horas de sol para autoabastecernos y consumir de la compañía eléctrica en casos en los que nuestro equipo no pueda aportar energía, como son las noches y los días nublados.

5.3.2 DATOS DE PARTIDA NECESARIOS PARA EL CÁLCULO

Para establecer una instalación que cumpla con la demanda de la vivienda se deberán tener en cuenta los siguientes datos.

CONSUMO MEDIA MENSUAL	464
PRECIO CONSUMO (kWh)	0,135587
POTENCIA DEMANDADA MENSUAL MEDIA (kW)	4,4
PRECIO POTENCIA kW DIA	0,112875
ENERGIA MEDIA MENSUAL REACTIVA (kVArh)	0
PRECIO ENERGIA REACTIVA (kVArh)	0
DESCUENTO SOBRE CONSUMO (%)	0,00%
IMPUESTO SOBRE LA ELECTRICIDAD (%)	5,1126963%
ALQUILER DE EQUIPOS (MES)	0,8

Estos datos son sacados de las facturas que se han ido pagando a la compañía eléctrica durante el último año. Sabiendo que consumo mensual suele tener la vivienda se puede establecer una instalación que satisfaga las necesidades para cada mes

LOCALIDAD:	JAEN
CONSUMO ANUAL	kWh 5,564
AHORRO MAX. ANUAL(kWh) 6,403	TANTO % 115,1%
NUMERO DE MODULOS NECESARIOS:	6,1
NUMERO DE MODULOS PROPUESTOS:	12
WATIOS DEL MODULO PROPUESTO	265

5.3.3 PREVISION DE CARGAS

Para poder obtener la cantidad de kWh y saber cuanta energía diaria debería cubrir la instalación se recopilará la información mediante las facturas mensuales de la compañía eléctrica. En ellas aparecen los consumos mensuales reflejados en la tabla 5 y mediante un desglose diario se podrá sacar una demanda mínima de energía necesaria que la instalación deberá cubrir.

	POTENCIA KW	CONSUMO ACTIVA (KW/H)
ENERO	4,4	760
FEBRERO	4,4	649
MARZO	4,4	637
ABRIL	4,4	439
MAYO	4,4	336
JUNIO	4,4	323
JULIO	4,4	337
AGOSTO	4,4	217
SEPTIEMBRE	4,4	338
OCTUBRE	4,4	440
NOVIEMBRE	4,4	510
DICIEMBRE	4,4	578

Tabla 5: Consumo mensual de electricidad

Sabiendo el consumo mensual se puede hacer una estimación aproximada de unos 16 kWh al día.

5.3.4 KIT PARA AUTOCONSUMO

Para poder saber que numero de módulos son necesarios para abastecer de forma satisfactoria el consumo mensual se realiza la ecuación 23.

$$\frac{1000 * 0,5 * \sum_{\text{diciembre}}^{\text{enero}} \text{Potencias}}{\sum_{\text{diciembre}}^{\text{enero}} \text{Produccion} * P \text{ modulo}} \quad \text{Ec. 23}$$

La instalación constará de 16 módulos fotovoltaicos Parsec Solar PS-265P, es aconsejable que el número de paneles sea par, ya que eso ayuda a evitar que se produzcan desequilibrios en la instalación y permite más opciones a la hora de definir las conexiones entre placas (serie y paralelo).

Para saber cual es el inversor más idóneo en esta instalación se usa la ecuación 24.

$$\text{Nº módulos} * \text{POTENCIA (W)} * \text{rendimiento INVERSOR (90\%)} \quad \text{Ec. 24}$$

El inversor que se elegirá es el Kostal Pico Monofásico MP Plus 4.2 kW ya que la mejor opción es adquirir un pack de autoconsumo de 4.2 kW que cuenta con módulos, inversor e inyector de autoconsumo SDM 230 en el caso de que no se quiera verter a red.

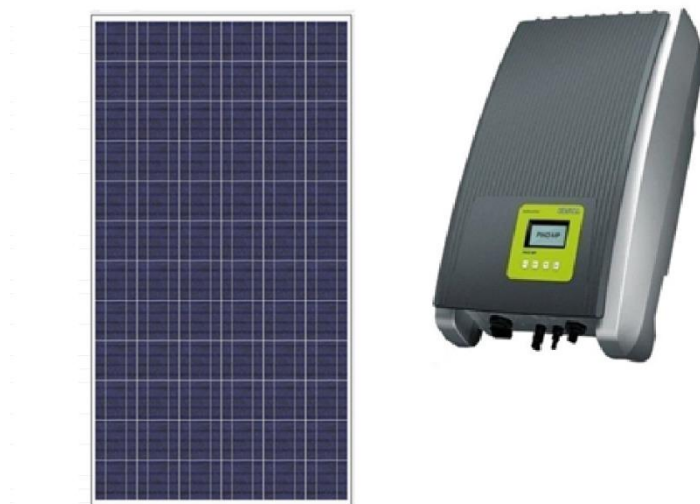


Ilustración 45: Kit de autoconsumo

5.4 APORTACION SOLAR EN LA ZONA DE LA VIVIENDA

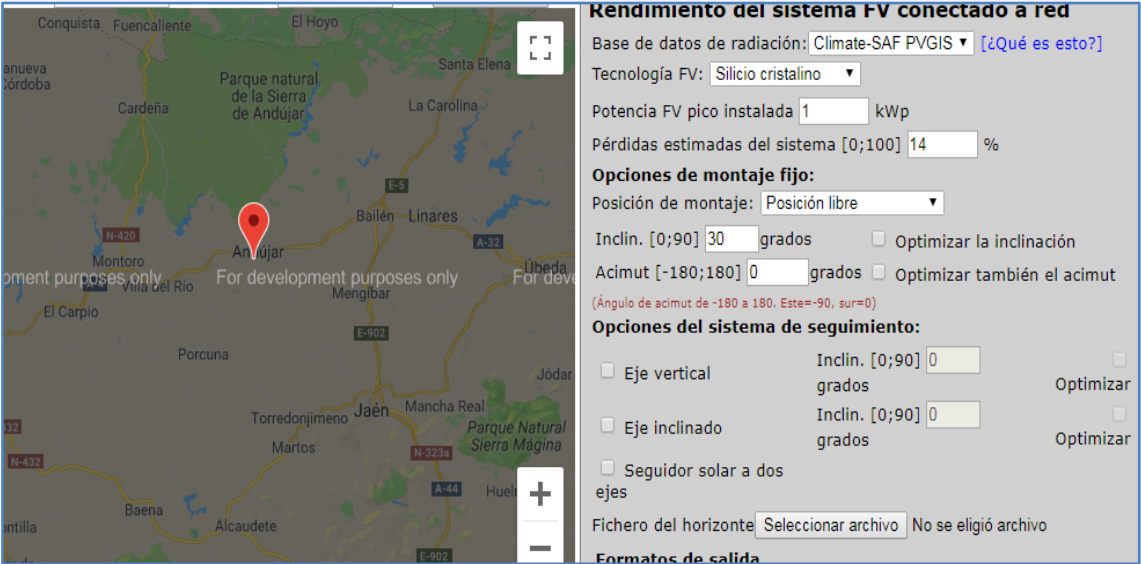
Es necesario conocer los datos de la radiación solar en la zona de la vivienda para saber que cantidad incidirá sobre los colectores y dimensionar adecuadamente la instalación.

Gracias al programa PVGIS se podrá introducir el lugar de la vivienda facilitando las coordenadas exactas y automáticamente se sabrá la cantidad de irradiancia (entre otros datos) para todos los meses del año, dependiendo de la inclinación y orientación de los módulos.

En la ilustración 39 se muestra como insertar los datos necesarios para que el programa automáticamente facilite todas energías que se pueden absorber en la zona.

Lugar de la instalación: Andújar

Orientación: Sur (0°)



The image shows the PVGIS web interface. On the left is a map of the region around Andújar, Spain, with a red pin indicating the installation location. On the right is the 'Rendimiento del sistema FV conectado a red' (Performance of the grid-connected PV system) configuration panel. The panel includes the following settings:

- Base de datos de radiación: Climate-SAF PVGIS
- Tecnología FV: Silicio cristalino
- Potencia FV pico instalada: 1 kWp
- Pérdidas estimadas del sistema [0;100]: 14 %
- Opciones de montaje fijo:
 - Posición de montaje: Posición libre
 - Inclin. [0;90]: 30 grados
 - Acimut [-180;180]: 0 grados
- Opciones del sistema de seguimiento:
 - Eje vertical: Inclin. [0;90]: 0 grados
 - Eje inclinado: Inclin. [0;90]: 0 grados
 - Seguidor solar a dos ejes: No se eligió archivo

Ilustración 46: Datos en PVGIS

Se estimarán unas pérdidas de energía de un 10% teniendo en cuenta cables, inversor etc.

Sistema fijo: inclinación=30°, orientación=0°				
Mes	E_d	E_m	H_d	H_m
Ene	3.01	93.2	3.81	118
Feb	3.83	107	4.92	138
Mar	4.46	138	5.93	184
Abr	4.51	135	6.12	184
Mayo	4.84	150	6.70	208
Jun	5.22	157	7.35	220
Jul	5.39	167	7.73	240
Ago	5.23	162	7.48	232
Sep	4.62	139	6.43	193
Oct	4.09	127	5.55	172
Nov	3.32	99.5	4.30	129
Dic	2.90	89.9	3.69	114
Media anual	4.29	130	5.84	178
Total para el año	1570		2130	

Tabla 6: Producción de electricidad media diaria

Mes	H_h	H_{opt}	$H(90)$	I_{opt}	T_{24h}	N_{DD}
Ene	2360	3950	3960	62	8.7	253
Feb	3410	5040	4480	55	9.2	173
Mar	4830	5990	4300	41	12.6	85
Abr	5690	6080	3280	25	16.5	48
Mayo	6870	6570	2660	13	20.7	1
Jun	7920	7160	2300	4	25.1	0
Jul	8150	7540	2520	8	29.1	0
Ago	7190	7400	3380	20	29.0	0
Sep	5420	6450	4160	36	24.0	4
Oct	4060	5660	4680	50	19.1	49
Nov	2730	4450	4330	60	12.9	220
Dic	2180	3840	4010	65	9.5	248
Año	5080	5850	3670	34	18.0	1081

Tabla 7: Irradiación anual

H_h : Irradiación sobre plano horizontal (Wh/m²/día)

H_{opt} : Irradiación sobre un plano con la inclinación óptima (Wh/m²/día)

H_{90} : Irradiación sobre plano inclinado (Wh/m²/día)

I_{opt} : Inclinación óptima (grados)

T_{24h} : Temperatura media diaria (24h) (°C)

Las tablas 6 y 7 reflejan todos los datos necesarios de tiempo, temperaturas e irradiancia en la zona indicada en el software de PVGIS.

5.5 UBICACIÓN DE LA VIVIENDA

Se trata de una vivienda unifamiliar con un uso anual de uso. Tiene una planta y un área de 200 m² para cubrir con módulos fotovoltaicos si fuera necesario.

En las ilustraciones 40 y 41 se puede ver una imagen de la ubicación de la vivienda desde satélite, gracias al programa Google earth.

Latitud: 38° 06' 40.6'' N

Longitud: 3° 58.30' 09'' W



Ilustración 47: Emplazamiento de la vivienda en la sierra de Andújar



Ilustración 48: Vista del tejado de la vivienda

5.6 RESUMEN DE LAS INSTALACIONES

A continuación las tablas 8 y 9 presentan el resumen de todos los componentes de las instalaciones además de sus necesidades y demandas.

Los catálogos y fichas técnicas de los materiales se presentan en la siguiente sección.

CARACTERISTICAS	VALORES
Energía demandada por la instalación Ed (Wh/día)	9969,98
Localización del proyecto	Jaén
Periodo de diseño	Todo el año
Inclinaciones óptimas	30º
INSTALACION FOTOVOLTAICA AISLADA	
Potencia pico de instalación (kWp)	4400,00
Nº de módulos FV	16
Modelo de los módulos FV	Parsec Solar PS-275P
Tecnología solar FV escogida	Policristalina
Tensión nominal del acumulador (V)	24
Autonomía de la instalación (días)	3
Capacidad nominal del acumulador (Ah)	2024,44
Nº de baterías y modelo escogido	12 Vasos OPzS
Tipo de conexión de las baterías	Serie
Tensión máxima del regulador (V)	31,4
Intensidad máxima del regulador (A)	8,76
Modelo regulador	Victron Energy MPPT
Potencia máxima del inversor (AV)	5000
Modelo inversor	Victron Phoenix 24 V
INSTALACION FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO	
Potencia demandada mensual (KW)	4,4
Cosumo media mensual (KWh)	464
Consumo anual (KWh)	5564
Nº de módulos FV	16
Tecnología solar FV escogida	Policristalina
Modelos de los módulos FV	Parsec Solar PS-275P
Modelo del inversor	Kostal Pico Monofásico MP
Potencia maxima del inversor (KW)	4,2

Tabla 8: Resumen de las instalaciones fotovoltaicas

INSTALACION TERMO-SOLAR DE ACS	
Sistema termosifonico	Suministrado por Tusol
Captador solar plano	2,23 m2
Acumulador	150 l
Fluido caloportador	Concentracion 42-45%
Valvula de expansion	Suministrado por Tusol
Vaso de expansion	Capacidad para 18 l
Estructura de soporte	metalica

Tabla 9: Resumen de la instalación de ACS

5.7 SOFTWARE UTILIZADO

Estos son los programas que se han utilizado para poder representar la toma de datos, los cálculos de todas las instalaciones (se muestran en el apartado de resultados y discusiones) y la aportación solar en las zonas deseadas.

- Microsoft Excel: Ha sido necesario para editar las tablas de toma de datos, realizar todos los cálculos de las instalaciones fotovoltaicas y termo-solar, además de todo el estudio económico con presupuestos y amortizaciones.
- Microsoft Word: La memoria y toda la presentación de este estudio es realizado mediante Microsoft Word.
- Software de la empresa VIDA SOLAR: Se ha usado para el cálculo de toda la sección de cálculos de la instalación fotovoltaica de autoconsumo.
- Base de datos PVGIS: Para la comparación de los datos obtenidos de Radiación solar.
- Google Earth: Coordenadas y vistas aéreas de la ubicación.

6 RESULTADOS Y DISCUSIONES

A continuación se presentarán los cálculos de las distintas instalaciones a estudio, donde se podrá comparar las diferencias entre ellas, sus necesidades a cubrir y los elementos que las componen a parte de sus métodos de cálculo.

6.1 CÁLCULO PARA LA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA

6.1.1 PÉRDIDAS POR ORIENTACIÓN Y SOMBRAS

Por suerte para la captación solar la vivienda cuenta con una amplia superficie de tejado donde puede instalarse sin problema el captador solar con orientación al Sur sin preocupación de pérdidas por sombras ya que no hay ningún obstáculo alrededor que pueda afectar. La vivienda se encuentra aislada de otros edificios y obstáculos que dificulten la aportación solar.

La estructura de inclinación en la que se apoyará el captador tendrá unos 30° de inclinación para su óptimo aprovechamiento.

6.1.2 RESULTADOS OBTENIDOS PARA LA INSTALACION SOLAR TERMICA DE ACS

La demanda anual es la sumatoria de los resultados de cada mes como se refleja en la tabla 10, observando que son los meses de invierno los que mas necesitan de la instalación solar térmica

Mes	N	Personas	L/Persona	D(T) L/día	% Ocupación	D(T) L/mes	Temp acs °C	Temp red °C	ΔT °C	Qacs kWh/mes
Enero	31	4	30	120	100	3720	60	8	52	224,98
Febrero	28,25	4	30	120	100	3390	60	9	51	201,08
Marzo	31	4	30	120	100	3720	60	11	49	212,00
Abril	30	4	30	120	100	3600	60	13	47	196,79
Mayo	31	4	30	120	100	3720	60	14	46	199,02
Junio	30	4	30	120	100	3600	60	15	45	188,42
Julio	31	4	30	120	100	3720	60	17	43	186,04
Agosto	31	4	30	120	100	3720	60	16	44	190,37
Septiembre	30	4	30	120	100	3600	60	14	46	192,60
Octubre	31	4	30	120	100	3720	60	13	47	203,35
Noviembre	30	4	30	120	100	3600	60	11	49	205,16
Diciembre	31	4	30	120	100	3720	60	7	53	229,31
Qanual										2429,12

Tabla 10: Cálculo de la demanda térmica mensual y anual

Se ha tomado unos 2 m² como superficie de captación reflejado en la tabla 11 y un cálculo de D1 para cada mes del año.

Mes	Qacs (kWh/mes)	Sc (m2)	Fr	R1* N = Hmes	Ea	D1 = Ea/Qacs
Enero	224,98	2	0,664848	113,88	151,42	0,67
Febrero	201,08	2	0,664848	132,41	176,07	0,88
Marzo	212,00	2	0,664848	172,69	229,63	1,08
Abril	196,79	2	0,664848	169,63	225,56	1,15
Mayo	199,02	2	0,664848	189,41	251,86	1,27
Junio	188,42	2	0,664848	199,76	265,63	1,41
Julio	186,04	2	0,664848	217,38	289,05	1,55
Agosto	190,37	2	0,664848	213,34	283,68	1,49
Septiembre	192,60	2	0,664848	179,96	239,29	1,24
Octubre	203,35	2	0,664848	163,18	216,98	1,07
Noviembre	205,16	2	0,664848	124,16	165,09	0,80
Diciembre	229,31	2	0,664848	110,71	147,21	0,64

Tabla 11: Cálculo de D1 para cada mes del año

La tabla 12 representa el parámetro de D2 y estos son los resultados que se han obtenido en función con las ecuaciones mencionadas anteriormente

Mes	Temp. Amb.	Temp. acs	Tred	Dias	Dt (h)	J1	J2	Ft'UL	Ep	D2	D(T) L/dia
Enero	11	60	8	31	744	1,06	0,99	0,0023845	329,25	1,46	120
Febrero	11	60	9	28,25	678	1,06	1,03	0,0023845	313,24	1,56	120
Marzo	14	60	11	31	744	1,06	1,07	0,0023845	346,58	1,63	120
Abril	17	60	13	30	720	1,06	1,12	0,0023845	338,16	1,72	120
Mayo	21	60	14	31	744	1,06	1,11	0,0023845	329,10	1,65	120
Junio	26	60	15	30	720	1,06	1,08	0,0023845	290,38	1,54	120
Julio	30	60	17	31	744	1,06	1,12	0,0023845	294,21	1,58	120
Agosto	29	60	16	31	744	1,06	1,08	0,0023845	288,43	1,52	120
Septiembre	25	60	14	30	720	1,06	1,05	0,0023845	284,79	1,48	120
Octubre	19	60	13	31	744	1,06	1,09	0,0023845	332,03	1,63	120
Noviembre	15	60	11	30	720	1,06	1,06	0,0023845	326,98	1,59	120
Diciembre	10	60	7	31	744	1,06	0,96	0,0023845	323,47	1,41	120

Tabla 12: Cálculo de D2 para cada mes del año

Como se puede observar en la tabla 13 este será el porcentaje de demanda que cubrirá la instalación solar térmica para cada mes del año

Mes	D1	D2	f
Enero	0,67	1,46	0,50
Febrero	0,88	1,56	0,63
Marzo	1,08	1,63	0,76
Abril	1,15	1,72	0,79
Mayo	1,27	1,65	0,86
Junio	1,41	1,54	0,94
Julio	1,55	1,58	1,00
Agosto	1,49	1,52	0,98
Septiembre	1,24	1,48	0,86
Octubre	1,07	1,63	0,75
Noviembre	0,80	1,59	0,58
Diciembre	0,64	1,41	0,48

Tabla 13: Valor de f (Porcentaje de la demanda de ACS cubierta por el sistema solar térmico)

Por último en la tabla 14 se expresa la demanda cubierta mensualmente expresado en kWh

Mes	Qacs (kWh/mes)	f	Qu
Enero	224,98	0,50	112,30
Febrero	201,08	0,63	127,60
Marzo	212,00	0,76	160,88
Abril	196,79	0,79	155,49
Mayo	199,02	0,86	170,93
Junio	188,42	0,94	176,74
Julio	186,04	1,00	186,36
Agosto	190,37	0,98	186,03
Septiembre	192,60	0,86	165,06
Octubre	203,35	0,75	152,41
Noviembre	205,16	0,58	119,98
Diciembre	229,31	0,48	109,90
Total	2429,12	Total	1823,67
f anual	0,75		

Tabla 14: Porcentaje de la demanda cubierta cada mes (kWh aportados por la instalación solar térmica)

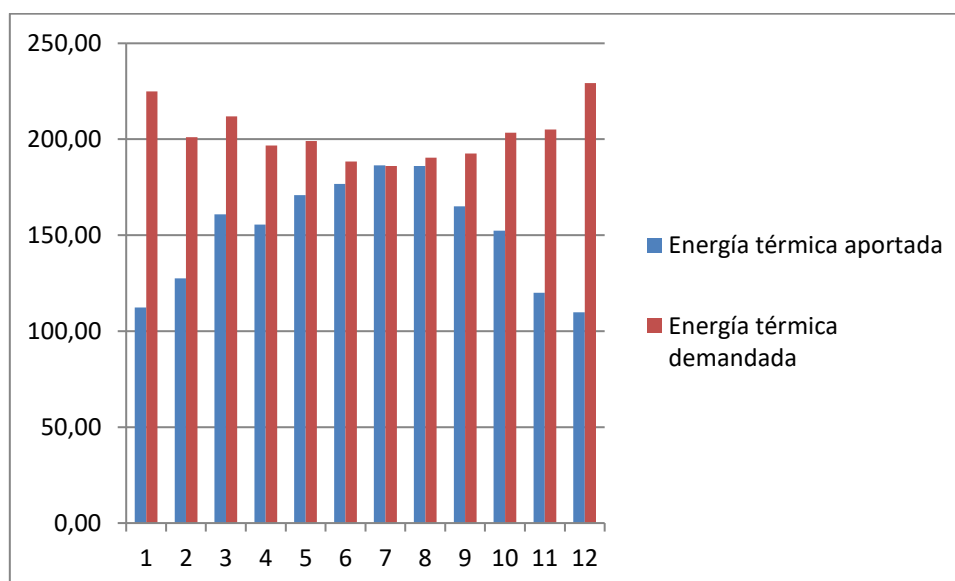


Ilustración 49: Comparación entre la demanda mensual de energía térmica y su producción.

La grafica de la ilustración 42 indica que solo en el mes de Julio hay mayor aportación que demanda, no obstante cumple al no superar nunca el 100% del valor. Por tanto se puede decir que los requisitos de porcentaje mínimo son cubiertos con la instalación solar térmica para así evitar sobrecalentamientos y otros errores producidos por estos.

6.2 CÁLCULO Y RESULTADOS DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA AISLADA

6.2.1 CALCULO DE ED

Es necesario saber que gasto diario se debe cubrir para que la instalación quede bien dimensionada.

La siguiente tabla expresa todos los datos de partida de cada aparato que se utiliza en la vivienda y su consumo diario en función con el tiempo de uso.

	ELEMENTO	Nº	POTENCIA (W)	CICLO (h/día)	ENERGÍA INICIAL (Wh/día)	RENDIMIENTO REGULADOR	RENDIMIENTO INVERSOR	ED (W/hora/día)
CONSUMO DE ED	Lámparas	12	10	8	960	0,9	0,87	1226,05
	Afeitadora (con cargador)	1	0,7	0,01	0,007	0,9	0,87	0,01
	Horno eléctrico	1	950	0,3	285	0,9	0,87	363,98
	Calefactor	1	963,1	0,2	192,62	0,9	0,87	246
	Cadena música, equipo música	1	46	0,1	4,6	0,9	0,87	5,87
	Cargador teléfono móvil	3	40	3	360	0,9	0,87	459,77
	Exprimidora	1	35	0,03	1,05	0,9	0,87	1,34
	Lavadora	1	330	1	330	0,9	0,87	421,46
	Microondas	1	640	0,3	192	0,9	0,87	245,21
	Nevera-congelador	1	120	14	1680	0,9	0,87	2145,59
	PC iMac sobremesa	1	150	2	300	0,9	0,87	383,14
	Portátil MacBook pro I5-2410	1	63,5	1,5	95,25	0,9	0,87	121,65
	Router ADSL/Wifi	1	10,12	24	242,88	0,9	0,87	310,19
	Secador pelo	1	825	0,2	165	0,9	0,87	210,73
	Timbre de pared	1	10	0,01	0,1	0,9	0,87	0,13
	Tostadora	1	900	0,1	90	0,9	0,87	114,94
	TV Plasma, 50-56 pulgadas	1	474	1	474	0,9	0,87	605,36
	Ventilador de techo	4	70	8	2240	0,9	0,87	2860,79
	Videoconsola PS3	1	194	1	194	0,9	0,87	247,77
	TOTAL ED							9969,98

Tabla 15: Cálculo de ED

6.2.2 MÓDULOS SOLARES FOTOVOLTAICOS

Para saber que numero de paneles fotovoltaicos es necesario incluir en la instalación hay que calcular la potencia pico. Siguiendo los pasos de las formulas indicadas en el apartado de materiales y métodos para la instalación fotovoltaica aislada se obtienen los siguientes datos.

La potencia pico dará un valor de:

Pp (kW)	4,4
---------	-----

La potencia pico de generación puede superar en un 20% a la potencia pico mínima obtenida, por la tanto la Potencia Pico Máxima tendrá un valor de:

Ppmax (kW)	5,3
------------	-----

Lo recomendable para la instalación es que la potencia pico quede comprendida entre los valores de **Pp** y **Pmax**.

En la tabla 16 se han calculado el número de módulos necesarios a instalar.

Ed	G(α,β)	Gstd	PR	Pp, min (kW)	Potencia placa (W)	Nº placas
9969,98	3840	1000	0,6	4,4	275	15,74

Tabla 16: Cálculo del número de módulos

6.2.3 REGULADOR

Las conexiones entre módulos sean de 8 paralelo y 2 serie.

agrupaciones en paralelo		agrupaciones en serie	Vcc (V)	Ica (A)
8		2	83,6	60,59
Voc	38			
Isc	9,18			
Vmax	31,4			
Imax	8,76			

Tabla 17: Resultados para las necesidades del Regulador

El regulador debe cumplir con las características de una tensión de circuito abierto de 84 V y una corriente de cortocircuito de 61 A.

6.2.4 ACUMULADOR

Como se ha mencionado en el apartado de materiales y métodos la autonomía del sistema debe ser de 3 días.

Los valores de los distintos rendimientos vienen indicados en las fichas técnicas que en este caso son un 90% para el inversor, un 95% para el inversor y de un 90% de acumulador.

Capacidad nominal de la batería (Ah)	2024
--------------------------------------	------

6.2.5 INVERSOR

El inversor deberá ser capaz de soportar la potencia máxima del sistema y su dimensionamiento dependerá de la previsión de cargas en corriente alterna, aplicando un factor de simultaneidad de 0.6, ya que no todos los aparatos de la instalación van a estar funcionando al mismo tiempo.

P inv (kW)	Factor simuultaniedad	Ren inv	Pac (kW)
6,64	0,6	0,9	9,96

Tabla 18: Resultado de potencia de inversor

6.2.6 ESQUEMA ELECTRICO

El esquema de la instalación de fotovoltaica aislada queda reflejado como se indica en la ilustración 51.

La línea roja es la conexión de polos positivos, mientras que la línea azul es la conexión de polos negativos.

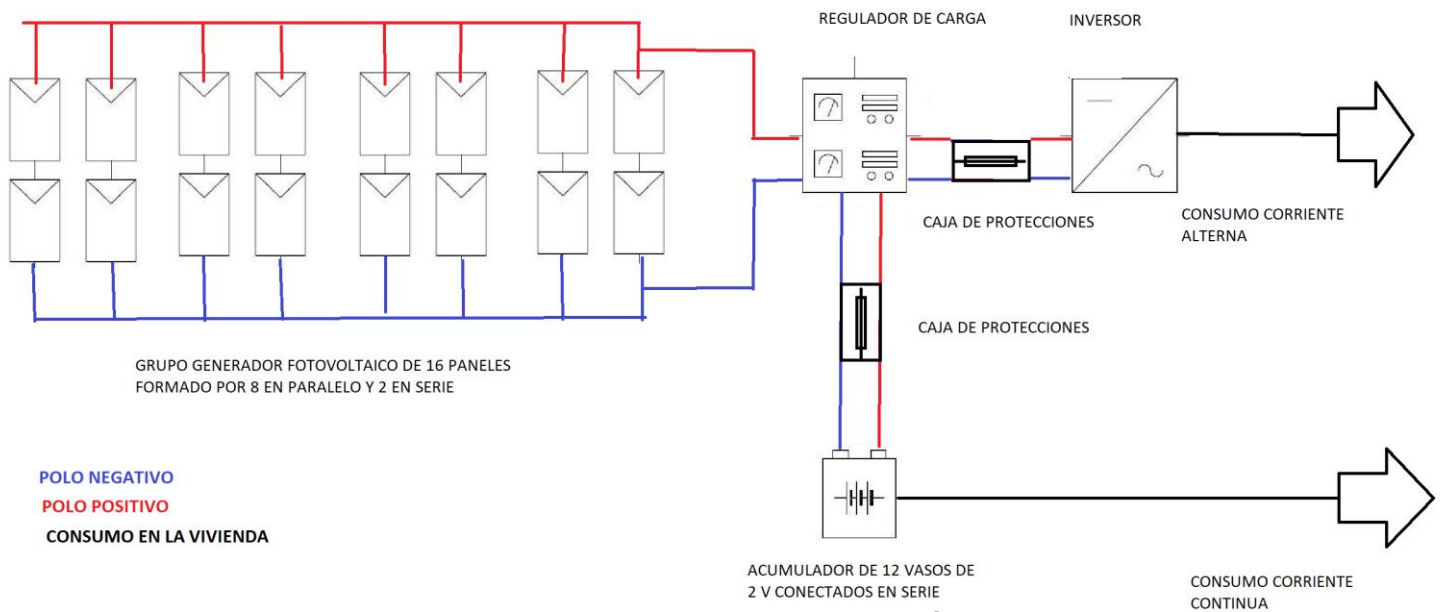


Ilustración 50: Esquema eléctrico unifamiliar del sistema aislado

6.3 CÁLCULO Y RESULTADOS PARA LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO

6.3.1 CALCULO DE PRODUCCION MENSUAL Y AHORRO ENERGETICO

Este cálculo ha sido elaborado gracias al programa de estudios y presupuestos de autoconsumo facilitado por la empresa Vida Solar.

El software consiste en introducir la potencia contratada, potencias y consumos de cada mes del año además de los precios a los que se paga la potencia y la energía según el contrato establecido con la compañía eléctrica. Además de estos datos se cuenta con una base de datos de todas las provincias de Andalucía con la producción solar para cada mes del año por cada kW instalado.

En la tabla 19 se puede comprobar esta producción mensual.

ENERO	111
FEBRERO	124
MARZO	151
ABRIL	138
MAYO	147
JUNIO	150
JULIO	162
AGOSTO	165
SEPTIEMBRE	148
OCTUBRE	144
NOVIEMBRE	115
DICIEMBRE	108
PRODUCCION TOTAL ANUAL POR KW INSTALADO	KWh
	1663
WATIOS DEL MODULO PROPUESTO:	270

Tabla 19: Producción mensual por cada KW instalado en la provincia de Jaén

El programa aconseja instalar alrededor de 6 módulos fotovoltaicos, no obstante se realizará un presupuesto para 16 módulos con el fin de tener excedentes en la producción y verterlos a red para aprovechar la nueva ley de autoconsumo en España, por la cual se podrá llegar a pagar unos 0.06 € por kW vertido a red.

También se puede hacer uso del balance neto en el que la compañía te guarda los excedentes producidos para devolverlos luego en horas nocturnas y así mismo poder seguir usando tu energía sin necesidad de almacenarla.

Cabe destacar que para hacer uso de estas alternativas de excedentes es necesario establecer una nueva tarifa con la compañía eléctrica incluso una personalizada ya que las leyes han salido nuevas este año y aún no hay muchos ejemplos de otros consumidores que las tengan contratadas.

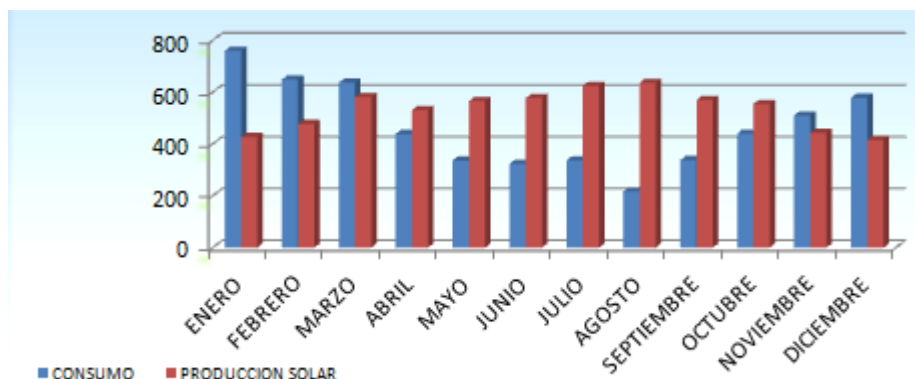


Ilustración 51: Comparativa de producción eléctrica con el consumo mensual

El ahorro máximo nunca será del 100% puesto que la producción solo es en las horas solares y la vivienda tiene consumos en tardes y noches. Por muchos más módulos que se instalen lo único que cambiaría sería la cantidad de sobrantes vertidos a red pero el ahorro máximo no se alcanza vertiendo a red ya que el precio del kWh vendido es mucho inferior que el precio del kWh consumido. Ya que esta instalación no cuenta con baterías de almacenamiento solo se podrá consumir los días que haya producción solar.

Este caso está realizado con el objetivo de tener sobrantes de energía y poder hacer uso de las nuevas leyes de venta a red y balance neto.

En la tabla 20 se puede observar el ahorro de producción para cada mes con la instalación de 16 módulos seleccionados.

	CONSUMO	PRODUCCION KW	AHORRO MÁXIMO	SOBRANTE ENERGÍA
ENERO	760	427	50,0%	11,1%
FEBRERO	649	477	50,0%	32,0%
MARZO	637	581	50,0%	45,2%
ABRIL	439	531	50,0%	58,7%
MAYO	336	566	50,0%	70,3%
JUNIO	323	578	50,0%	72,0%
JULIO	337	624	50,0%	73,0%
AGOSTO	217	635	50,0%	82,9%
SEPTIEMBRE	338	570	50,0%	70,3%
OCTUBRE	440	554	50,0%	60,3%
NOVIEMBRE	510	443	50,0%	42,4%
DICIEMBRE	578	416	50,0%	30,5%
AHORRO ANUAL	50%			
SOBRANTES ANUALES	54%			

Tabla 20: Porcentaje de ahorro y sobrante de energía

Con esto se consiguen unos valores aproximados de producción que se puede generar cada mes y la cantidad de energía eléctrica que no es necesario gastar de la compañía eléctrica.

Lo ideal que se aconseja para casos de autoconsumo en las viviendas es llegar al máximo ahorro anual posible sin necesidad de tener sobrantes, ya que en muchos casos no se vende a red por lo que los sobrantes son totalmente desperdiciados.

Como se ha citado anteriormente con este caso el dimensionamiento de esta instalación es de 16 módulos (igual que las dimensiones de la instalación de aislada) aunque con una instalación de 6 módulos sería suficiente para ahorrar sin generar sobrantes, pero la intención es dejar una oportunidad de futuro de venta a red o de balance neto, ya que este año la normativa cambia a nuestro favor.

6.3.2 CALCULO DE LOS MODULOS SOLARES E INVERSOR

$$16 \text{ módulos} * 265 \text{ (W)} * \text{rendimiento (90\%)} = 3816 \text{ W}$$

El rendimiento vendrá definido por cada inversor aunque en el caso de este programa al trabajar con una base de datos de ciertos de sus productos el rendimiento siempre se suele estimar en torno al un 90%

6.3.3 ESQUEMA ELECTRICO

La ilustración 53 representa el esquema eléctrico de la instalación de autoconsumo, indicando la distribución de los módulos fotovoltaicos y del inversor.

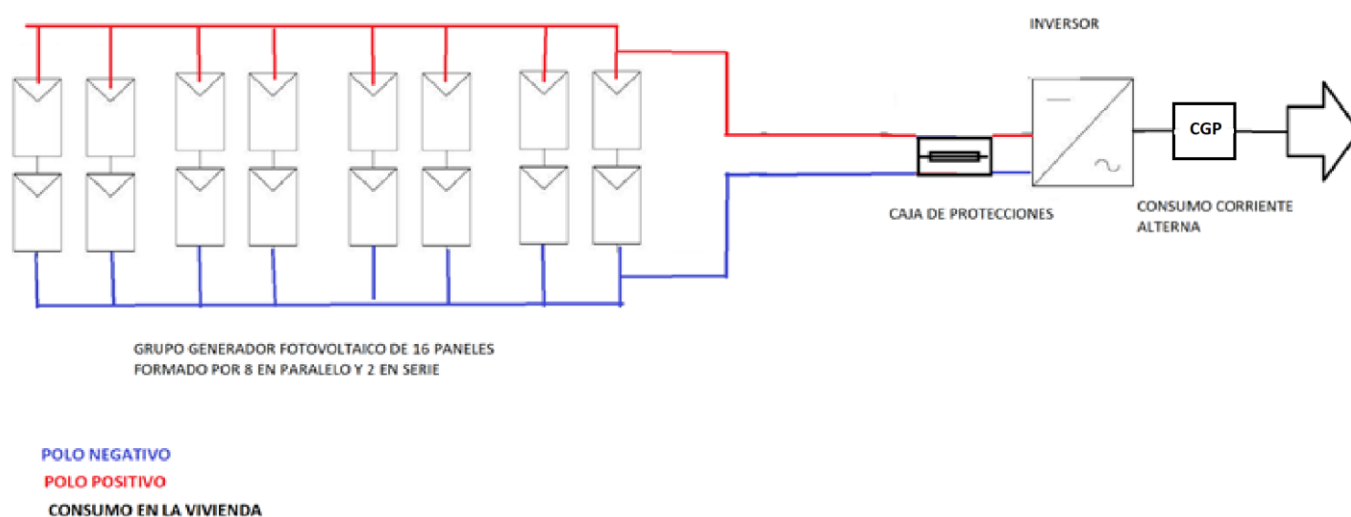


Ilustración 52: Esquema eléctrico unifilar del sistema FV de autoconsumo

7 PRESUPUESTOS Y AMORTIZACIONES

Para realizar los presupuestos se establecerá un presupuesto de la instalación solar de autoconsumo y un presupuesto combinado de la instalación aislada con la instalación solar térmica.

7.1.1 PRESUPUESTOS DE LAS INSTALACIONES

PRESUPUESTO AUTOCONSUMO			
ARTICULO	PRECIO	CANTIDAD	PRECIO TOTAL (€)
MODULOS FOTOVOLTAICOS	141,46	16	2263,36
MODULO FOTOVOLTAICO 270 W- PARSEC O SIMILARES POLICRISTALINO			
ESTRUCTURA	355,4	2	710,8
ES-B06--Estructura para 6 módulo SL 325-270-165 o equivalente (hasta 1,05 metros de ancho)			
INVERSOR RED	1048,66	1	1048,66
PIKO 4.2 Inversor 4200 Wacn, 4200 Wacp			
CABLEADO Y PROTECCIONES	331,2	1	331,2
MANO DE OBRA	1088,505	1	1088,505
TOTAL INSTALACIÓN			5442,525
TOTAL INSTALACIÓN CON IVA (21%)			6585,46

Tabla 21: Presupuesto autoconsumo

PRESUPUESTO AISLADA			
ARTICULO	PRECIO	CANTIDAD	PRECIO TOTAL (€)
MODULOS FOTOVOLTAICOS	141,46	16	2263,36
MODULO FOTOVOLTAICO 270 W- PARSEC O SIMILARES POLICRISTALINO			
ESTRUCTURA	355,4	2	710,8
ES-B06--Estructura para 6 módulo SL 325-270-165 o equivalente (hasta 1,05 metros de ancho)			
INVERSOR	788,5	1	788,5
Inversor Victron Energy Phoenix 24/5000			
REGULADOR	559,02	1	559,02
Regulador Victron Energy SmartSolar MPPT 100/150			
ACUMULADOR	486,25	12	5835
Vaso OPZS 2V 2232Ah HOPPECKE			
CABLEADO Y PROTECCIONES	331,2	1	331,2
MANO DE OBRA	1163,22	1	1163,22
TOTAL INSTALACIÓN			11651,1
TOTAL INSTALACIÓN CON IVA (21%)			14097,83

Tabla 22: Presupuesto aislada

PRESUPUESTO TERMOSOLAR			
ARTICULO	PRECIO	CANTIDAD	PRECIO TOTAL (€)
KIT C2,5 SOL	1330	1	1330
CAPTADORES TÉRMICOS			
DEPÓSITO DE DOBLE ENVOLVENTE			
ESTRUCTURA PARA CUBIERTA PLANA O INCLINADA			
CONEXIONES AISLAMIENTOS Y VÁLVULAS			
MANO DE OBRA	332,5	1	332,5
TOTAL INSTALACIÓN			1683,2
TOTAL INSTALACIÓN CON IVA (21%)			2036,67

Tabla 23: Presupuesto termosolar

Podemos observar el gasto de cada instalación. En el caso de la instalación de autoconsumo habrá que sumar esa inversión a el pago mensual de la factura eléctrica, no obstante esa factura se reduce gracias a la aportación de la instalación como vemos a continuación.

SIN AUTOCONSUMO	POTENCIA	COSTE	DTO.	CONSUMO	COSTE	IMPUESTO ELECTRICIDAD	ALQUILER DE EQUIPOS	TOTAL AFACTURA
ENERO	4,4	15,40	0	760	103,05	6,06	0,8	151,61
FEBRERO	4,4	13,91	0	649	88,00	5,21	0,8	130,57
MARZO	4,4	15,40	0	637	86,37	5,20	0,8	130,40
ABRIL	4,4	14,90	0	439	59,52	3,80	0,8	95,62
MAYO	4,4	15,40	0	336	45,56	3,12	0,8	78,49
JUNIO	4,4	14,90	0	323	43,79	3,00	0,8	75,62
JULIO	4,4	15,40	0	337	45,69	3,12	0,8	78,67
AGOSTO	4,4	15,40	0	217	29,42	2,29	0,8	57,98
SEPTIEMBRE	4,4	14,90	0	338	45,83	3,10	0,8	78,21
OCTUBRE	4,4	15,40	0	440	59,66	3,84	0,8	96,43
NOVIEMBRE	4,4	14,90	0	510	69,15	4,30	0,8	107,87
DICIEMBRE	4,4	15,40	0	578	78,37	4,79	0,8	120,23
TOTAL FACTURA ANUAL								1201,70

Tabla 24: Gasto anual actual

CON AUTOCONSUMO	POTENCIA	COSTE	DTO.	COSTE	CONSUMO	IMPUESTO ELECTRICIDAD	ALQUILER DE EQUIPOS	TOTAL AFACTURA
ENERO	4,4	15,40	0	51,03	376,38	3,40	0,8	85,46
FEBRERO	4,4	13,91	0	29,89	220,46	2,24	0,8	56,67
MARZO	4,4	15,40	0	15,61	115,14	1,58	0,8	40,41
ABRIL	4,4	14,90	0	6,17	45,53	1,08	0,8	27,77
MAYO	4,4	15,40	0	0,00	0,00	0,79	0,8	20,55
JUNIO	4,4	14,90	0	0,00	0,00	0,76	0,8	19,92
JULIO	4,4	15,40	0	0,00	0,00	0,79	0,8	20,55
AGOSTO	4,4	15,40	0	0,00	0,00	0,79	0,8	20,55
SEPTIEMBRE	4,4	14,90	0	0,00	0,00	0,76	0,8	19,92
OCTUBRE	4,4	15,40	0	3,99	29,43	0,99	0,8	25,63
NOVIEMBRE	4,4	14,90	0	15,26	112,56	1,54	0,8	39,33
DICIEMBRE	4,4	15,40	0	27,76	204,75	2,21	0,8	55,86
TOTAL FACTURA ANUAL								432,62
AHORRO POR AÑO								769,08

Tabla 25: Gasto anual con autoconsumo

7.1.2 TIEMPO DE AMORTIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES

Para poder estimar un periodo de amortización lo más estimado posible se han estimados los siguientes sucesos:

- Tiempo de vida aproximado de la instalación fotovoltaica está estimado en unos 25 años que suele ser la vida útil de las placas, despreciando factores como averías en la instalación o sustitución de inversor.
- Se desprecia la sustitución de baterías en el caso de la instalación aislada
- Se desprecia la tarifa de mantenimiento de las instalaciones que suele variar en función de la compañía instaladora. Puede oscilar entre unos 150 y 300€ anuales.
- Una constante factura de la compañía eléctrica en todos los años de estudio.
- Precios de los instaladores y mano de obra aproximados en comparación con la empresa VIDASOLAR.
- Se deprecian subvenciones y ayudas para las instalaciones.

TOTAL A FINANCIAR	6585,46	AHORRO	769
SUBIDA ANUAL DE LA LUZ	8%		
	AHORRO POR SUBIDA DE LUZ	AHORRO POR AÑO	PAGADO
			PENDIENTE
AÑO 1	0	769	769,00
AÑO 2	61,52	830,52	1599,52
AÑO 3	66,44	896,96	2496,48
AÑO 4	71,76	968,72	3465,20
AÑO 5	77,50	1046,22	4511,42
AÑO 6	83,70	1129,91	5641,33
AÑO 7	90,39	1220,31	6861,64
AÑO 8	97,62	1317,93	8179,57
AÑO 9	105,43	1423,37	9602,93
AÑO 10	113,87	1537,23	11140,17
AÑO 11	122,98	1660,21	12800,38
AÑO 12	132,82	1793,03	14593,41
AÑO 13	143,44	1936,47	16529,88
AÑO 14	154,92	2091,39	18621,27
AÑO 15	167,31	2258,70	20879,98
AÑO 16	180,70	2439,40	23319,37
AÑO 17	195,15	2634,55	25953,92
AÑO 18	210,76	2845,31	28799,24
AÑO 19	227,63	3072,94	31872,18
AÑO 20	245,84	3318,77	35190,95
AÑO 21	265,50	3584,28	38775,23
AÑO 22	286,74	3871,02	42646,24
AÑO 23	309,68	4180,70	46826,94
AÑO 24	334,46	4515,16	51342,10
AÑO 25	361,21	4876,37	56218,47
		AMORTIZACIÓN	6 AÑOS

Tabla 26: Amortización de la instalación de autoconsumo

Se puede comprobar que estimando una subida anual del 8% de la luz y en función con lo que se puede ahorrar cada año con respecto la factura que se paga actualmente se tardarán unos 6 años en amortizar esta instalación de autoconsumo. La vida útil de los materiales puede rondar los 20 años pero siendo pesimistas supongamos que hay que cambiar la instalación a los 15 años y volver a hacer dicha inversión. En el año 15 ya se ha recuperado la inversión incluso se ha salido beneficiado por lo que en el peor de los casos se estaría dispuesto a volver a hacer una inversión de estas características.

TOTAL A FINANCIAR		16134,50	AHORRO	1201,70
SUBIDA ANUAL DE LA LUZ Y GAS		8%		
	AHORRO POR SUBIDA DE LUZ	AHORRO POR AÑO	PAGADO	PENDIENTE
AÑO 1	0	1201,70	1201,70	14932,80
AÑO 2	96,14	1297,83	2499,53	13634,97
AÑO 3	103,83	1401,66	3901,20	12233,31
AÑO 4	112,13	1513,79	5414,99	10719,51
AÑO 5	121,10	1634,90	7049,89	9084,61
AÑO 6	130,79	1765,69	8815,58	7318,92
AÑO 7	141,26	1906,95	10722,52	5411,98
AÑO 8	152,56	2059,50	12782,03	3352,48
AÑO 9	164,76	2224,26	15006,29	1128,22
AÑO 10	177,94	2402,20	17408,49	-1273,99
AÑO 11	192,18	2594,38	20002,87	-3868,36
AÑO 12	207,55	2801,93	22804,80	-6670,29
AÑO 13	224,15	3026,08	25830,88	-9696,37
AÑO 14	242,09	3268,17	29099,05	-12964,54
AÑO 15	261,45	3529,62	32628,67	-16494,17
AÑO 16	282,37	3811,99	36440,66	-20306,16
AÑO 17	304,96	4116,95	40557,61	-24423,11
AÑO 18	329,36	4446,31	45003,92	-28869,42
AÑO 19	355,70	4802,01	49805,94	-33671,43
AÑO 20	384,16	5186,17	54992,11	-38857,61
AÑO 21	414,89	5601,07	60593,18	-44458,67
AÑO 22	448,09	6049,15	66642,33	-50507,83
AÑO 23	483,93	6533,09	73175,42	-57040,91
AÑO 24	522,65	7055,73	80231,15	-64096,65
AÑO 25	564,46	7620,19	87851,34	-71716,84
		AMORTIZACIÓN		9

Tabla 27: Amortización de las instalaciones de aislada y termo-solar

En el caso de estas instalaciones se estima que el cliente estará totalmente independiente de la compañía eléctrica por lo que no se tendrá gasto adicional a parte de la instalación. (Despreciando gastos en días que la instalación no produzca todas las necesidades y cambios de materiales como pueden ser baterías que su vida útil es mucho más corta que otros componentes, siendo también los materiales más caros)

Se tardarán unos 9 años en el mejor de los casos, aunque lo más normal es que pueda alargarse este tiempo de amortización, ya que la sustitución de baterías u otros elementos puede ser cada pocos años.

8 CONCLUSIONES FINALES

Según los resultados obtenidos la instalación fotovoltaica aislada y termo-solar está totalmente descartada, ya que la dependencia eléctrica que nos proporciona la instalación no es suficiente por si sola. A esto hay que sumar un elevado gasto de inversión que no es seguro que se recupere actualmente debido a la mala oferta de acumuladores eléctricos.

Mientras que el mercado de las baterías ofrezca estos servicios tan caros y con tan poca durabilidad esta opción nunca será viable para una independencia total. El mayor problema de una instalación aislada reside ahí, en el almacenaje de la energía que se produce.

Por otro lado se puede pensar en una instalación termo-solar únicamente, pero a pesar de ser mucho más atractiva económicamente el retorno de inversión es muy superior (unos 10 años) y quizá esa tampoco sea la mejor solución a la hora de hacer una inversión de estas características.

Hay que tener en cuenta muchos factores para tener una vivienda 100% sostenible, ya que hoy día es una opción que está un poco lejos si miramos desde el punto de vista financiero.

La última opción es la de mantener el consumo con la compañía eléctrica y aportarle una ayuda extra de producción gracias a la instalación de autoconsumo. En términos financieros la propuesta es mucho más rentable, ya que los materiales no tienden a ser renovados a corto plazo y el proceso de retorno de la inversión es de un tiempo razonable. No hay que escatimar en consumo como es en los casos anteriores ya que en caso de no aportar la energía necesaria el suministro eléctrico cubre nuestra demanda

Puede ser un primer paso en la misión de la independencia energética y las opciones de venta a red y balance neto son señales de que a la larga el sistema puede cambiar en favor de las energías renovables.

9 NORMATIVA Y REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Real Decreto 842/2002 BOE: Reglamento electrotécnico de Baja Tensión.
- [2] Norma UNE 100155:2004:
- [3] BOE-A-2013-9511: Código Técnico de la Edificación.
- [4] Ley 24/2013, del 26 de diciembre del sector eléctrico.
- [5] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE): Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Aisladas de Red.
- [6] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE): Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura, Instalaciones de Energía Solar Térmica.
- [7] Norma UNE 60364-5-52:2014.de Noviembre del 2014: Instalaciones eléctricas en edificios, sustituye a la norma UNE 20460-5-523, a la que se hace referencia en la ITC-BT-19 del REBT.
- [8]: Norma UNE-EN 157001: Criterios generales para la elaboración formal de los documentos que constituyen un proyecto técnico.
- [9] Norma UNE 100155:2004: Climatización: Diseño y cálculo de sistemas de expansión. (Norma recomendada por el RITE para el cálculo de vasos de expansión).
- [10] Norma UNE-EN 1057:2007+A1:2010: Cobre y aleaciones de cobre. Tubos redondos de cobre, sin soldadura, para agua y gas en aplicaciones sanitarias y de calefacción.
- [11]: Real Decreto 1027/2007: Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), actualizado por Real Decreto 238/2013.
- [12]: Orden del 26 de Marzo del 2007, por la cual se rigen las instalaciones fotovoltaicas andaluzas.
- [13]: Real Decreto 244/2019: Ministerios Para la Transición Ecológica

LIBROS Y APUNTES

David Vera. Energías alternativas. Apuntes de la asignatura
José Roldán Vilora. Energías renovables, lo que hay que saber. Ediciones
Paraninfo S.A. 2013
Valeriano Ruíz. El reto energético. Ed.Almuzara. 2013
Antonio Madrid Vicente. Autoconsumo Solar. 2015
Vicente Mascaros Mateo. Instalaciones Generadoras Fotovoltaicas. S.A..
Ediciones Paraninfo. 2015
Javier Martin Jimenez. Energía Solar Fotovoltaica y Eólica. Antonio Madrid
Vicente. 2014

PAGINAS WEB

www.energetika.com
edii.uclm.es
www.damiasolar.com
www.monosolar.com
www.vidasolar.es
solar-energia.net
www.energynews.es/
www.solarnews.es/
www.dsrocket.com/

TIENDAS ESPECIALIZADAS

<https://www.baxi.es/>
<https://autosolar.es>
www.ferroli.comh
<http://solemesl.com/>
<http://parsecsolar.com/>

