

**GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍA
INDUSTRIAL**

TRABAJO FIN DE GRADO

***INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA
AISLADA PARA CASA DE
VERANEO EN HALMSTAD***

Alumno: Domínguez Aparicio, Asís

Director: Mazón Sainz-Maza, Javier

Curso: 2019-2020

Fecha: Marzo, 2020

RESUMEN TRILINGÜE

Resumen

Este TFG está basado en el estudio y simulación de una instalación fotovoltaica aislada de la red (off-grid) para el abastecimiento de una casa de veraneo en Halmstad, al sur de Suecia. El motivo de la elección de esta ciudad es debido a que tuve la oportunidad de hacer un intercambio internacional en Suecia y he podido aprovechar los conocimientos que obtuve allí.

Los programas utilizados para el desarrollo son Excel y PVsyst. El objetivo es conseguir un sistema independiente alimentado con energía limpia, libre de emisiones para el medioambiente.

El apoyo teórico son las asignaturas del Máster de Ingeniería Solar cursadas en la Universidad de Dalarna y la bibliografía obtenida del Máster Universitario en Integración de las Energías Renovables en el Sistema Eléctrico impartido en la EIB.

Laburpena

TFG hau Suedia hegoaldeko Halmstad-en udako etxea hornitzeko isolatutako instalazio fotoboltaikoa kanpoko azterketa eta simulazioan oinarritzen da. Hiri hau aukeratzeko arrazoia Suedian nazioarteko truke bat egiteko aukera izan nuen eta bertan lortu nituen ezagutzak aprobetxatu ahal izan nituen.

Garapenerako erabilitako programak Excel eta PVsyst dira. Helburua da energia garbiaz elikatutako sistema independentzia lortzea, ingurugiroarentzako isurketarik gabekoa.

Laguntza teorikoa Dalarnako Unibertsitatean egindako Eguzki Ingeniaritzako Masterreko irakasgaiak eta EIBn irakasten den Energia Berriztagarrien Integrazio Masterraren bibliografia dira.

Abstract

This TFG is based on the study and simulation of a photovoltaic installation isolated from the grid (off-grid) for the supply of a summer house in Halmstad, south of Sweden. The reason for choosing this city is because I had the opportunity to make an international exchange in Sweden and I have been able to take advantage of the knowledge I gained there.

The programs used for development are Excel and PVsyst. The objective is to achieve an independent system powered by clean energy, free of emissions to the environment.

The theoretical support are the subjects of the Master of Solar Engineering taken at the University of Dalarna and the bibliography obtained from the Master's Degree in Integration of Renewable Energies in the Electrical System taught at the EIB.

ÍNDICE

RESUMEN TRILINGÜE	2
GUIÓN DE IMÁGENES.....	5
GUIÓN DE TABLAS	6
LISTA DE ACRÓNIMOS.....	7
1. INTRODUCCIÓN.....	8
2. MARCO TEÓRICO	9
2.0 Energía solar	9
2.1 Tipos de radiación.....	10
2.2 Instalaciones fotovoltaicas aisladas.....	10
2.3 Elementos de un sistema fotovoltaico autónomo.....	11
2.3.1 Sistemas de generación	12
2.3.2 Sistemas de acumulación.....	18
2.3.3 Sistemas de regulación.....	22
2.2.4 Inversor	22
2.3.4 Cargas de consumo	24
2.3.5 Estructura de soporte	24
2.3.6 Cableado	24
2.3.7 Puesta a tierra.....	24
3. CONTEXTO.....	25
3.1 Localización.....	25
3.2 Inclinación y orientación de los receptores	25
3.3 Información meteorológica relevante.....	27
4. OBJETIVOS Y ALCANCE.....	29
5. BENEFICIOS APORTADOS.....	30
5.1 Beneficios técnicos.....	30
5.2 Beneficios económicos.....	30
5.3 Beneficios sociales.....	30
5.4 Beneficios medioambientales.....	31

6. ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS	32
6.1 Grupo electrógeno.....	32
6.2 Sistemas eólicos.....	33
6.3 Generador hidráulico	34
6.4 Sistema fotovoltaico conectado a red.....	34
6.5 Colectores solares.....	35
7. SOLUCIÓN PROPUESTA.....	37
7.1 Localización.....	37
7.2 Orientación e inclinación.....	37
7.3 Paneles	38
7.4 Baterías	39
7.5 Controlador de carga	39
7.6 Inversor.....	40
7.7 Soportes.....	40
7.8 Cableado.....	40
8. DIMENSIONAMIENTO.....	41
9. FASES DEL PROYECTO.....	47
9.1 Descripción de tareas.....	47
9.2 Diagrama de Gantt.....	48
10. PRESUPUESTO FINAL.....	49
11. ANÁLISIS DE RENTABILIDAD.....	50
12. CONCLUSIONES.....	52
13. BIBLIOGRAFÍA	54
ANEXO 1: NORMATIVA APLICABLE	55
ANEXO 2: RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN EN PVSYSY	59
ANEXO 3 HOJAS DE ESPECIFICACIONES	65
A- Módulos fotovoltaicos	65
B- Baterías.....	67
C- Controlador de carga	68
D- Inversor	69
E- Cableado.....	70

GUIÓN DE IMÁGENES

IMAGEN 0: Tipos de radiación

IMAGEN 1: Sistema aislado de la red (off-grid)

IMAGEN 2: Diferentes tecnologías de los módulos fotovoltaicos

IMAGEN 3: Curva I-V

IMAGEN 4: Efecto de la temperatura en la célula

IMAGEN 5: Efecto de la irradiancia

IMAGEN 6: Curva I-V en función de sombras

IMAGEN 7: Disposiciones en serie

IMAGEN 8: Disposiciones en paralelo

IMAGEN 9: Interior de una batería

IMAGEN 10: Tipos de baterías y su uso en fotovoltaica

IMAGEN 11: Vida útil en función de la profundidad de descarga

IMAGEN 12: Autodescarga de la batería en función de la temperatura

IMAGEN 13: Variación del punto de congelación respecto a la profundidad de descarga de diferentes tipos de baterías

IMAGEN 14: Emparejamiento del inversor y la matriz PV

IMAGEN 15: Localización del proyecto

IMAGEN 16: Inclinación óptima de los paneles según latitud y periodo del año

IMAGEN 17: Niveles de radiación en Europa

IMAGEN 18: Niveles de radiación en Suecia

IMAGEN 19: Cantidad de horas de luz en Halmstad durante el año

IMAGEN 20: Sistema con grupo electrógeno incorporado

IMAGEN 21: Sistema con generador eólico incorporado

IMAGEN 22: Sistema con generador hidráulico incorporado

IMAGEN 23: Sistema fotovoltaico conectado a red

IMAGEN 24: Híbrido entre panel fotovoltaico y colector solar

IMAGEN 25: Orientación e inclinación de los paneles

IMAGEN 26: Consumo diario

IMAGEN 27: Producción normalizada y factores de pérdida

IMAGEN 28: Factores de rendimiento

IMAGEN 29: Diagrama de pérdidas

IMAGEN 30: Análisis de rentabilidad de la propuesta

IMAGEN 31: Emisiones de CO2 evitadas

GUIÓN DE TABLAS

Tabla 1: Localización de la instalación

Tabla 2: Orientación e inclinación de los paneles

Tabla 3: Características de los módulos fotovoltaicos

Tabla 4: Características de las baterías

Tabla 5: Distribución de consumos por carga

Tabla 6: Balances y resultados principales

Tabla 7: Presupuesto

Tabla 8: Tarifas en los países nórdicos

Tabla 9: Tipo de canalización por la que circula el conductor

Tabla 10: Tipo de aislamiento y número de conductores

Tabla 11: Valores de intensidades máximas

LISTA DE ACRÓNIMOS

EIB: Escuela de Ingeniería de Bilbao

LOL: Loss Of Load (Pérdida de carga)

MPPT: Maximum Power Point Tracking (Seguimiento del punto de máxima potencia)

PV: Photovoltaic

FV: Fotovoltaico

SOC: State Of Charge (Estado de carga)

STC: Standard Conditions (Condiciones de carga)

α : Ángulo de azimut

β : Ángulo de inclinación

V: Tensión

I: Intensidad

P: Potencia

VOC: Tensión en circuito abierto

ISC: Corriente de cortocircuito

MPP: Punto de máxima potencia

V_{mpp}: Tensión en punto de máxima potencia

I_{mpp}: Corriente en punto de máxima potencia

DOD: Depth of discharge (Profundidad de descarga)

SEK: Corona sueca

Öre: Céntimo

CC: Cortocircuito

CA: Circuito abierto

AC: Corriente alterna

DC: Corriente continua

Svensk: Sueco(swedish)

UV: Ultravioleta

IR: Infrarrojo

W: Vatio

W_p: Vatio pico

A: Amperio

Ah: Amperio hora

1. INTRODUCCIÓN

Este documento contiene el desarrollo del Trabajo de Fin de Grado titulado “Instalación fotovoltaica aislada para casa de veraneo en Halmstad”, una propuesta para abastecer completamente una vivienda unifamiliar de manera ecológica.

Primero se expondrá la teoría que ha sido necesaria revisar para desarrollar este proyecto. Se mostrarán los elementos de los que estará compuesto el sistema que queremos presentar y sus correspondientes funciones.

Después vendrá un análisis del terreno. Aquí se tratarán los temas de localización del sistema, orientación e inclinación de receptores y se estudiará a fondo la meteorología.

Más adelante se van a presentar los diferentes beneficios que ofrecerá este proyecto, así como otras alternativas tecnológicas muy interesantes de evaluar.

La parte principal de este trabajo es la simulación hecha con el programa PVsyst. Gracias a esta herramienta informática introduciremos una serie de especificaciones y se visualizarán los resultados obtenidos.

En este TFG se adjuntará también un diagrama Gantt, un presupuesto de la instalación con su análisis de rentabilidad y acabará con una serie de conclusiones.

2. MARCO TEÓRICO

En este apartado se nos introducirá en el estudio de la ingeniería solar, más en concreto en el ámbito de la fotovoltaica. Se podrá apreciar toda la investigación previa que ha tenido que realizar el alumno y a su vez le resultará de gran ayuda al lector para comprender las decisiones que se tomarán más adelante en el desarrollo de este proyecto. Por lo tanto, se describirá qué es la energía solar, qué tipos de radiación existen, cómo vamos a poder captar esta energía y qué elementos vamos a necesitar en un sistema con esta tecnología.

2.0 Energía solar

Se denomina energía solar a la radiación electromagnética que llega del Sol. Esta energía en forma de luz y calor se puede transformar mediante diferentes tecnologías en energía eléctrica y térmica. Se trata de un tipo de energía renovable, puesto que se obtiene de una fuente gratuita e ilimitada como es el Sol. Además, es 100% ecológica ya que respeta el medio ambiente por no producir emisiones de gases de efecto invernadero.

La radiación incidente sobre una superficie del planeta determinada no siempre es la misma, ya que varía en función de la latitud, la situación atmosférica y la hora del día. El estudio de la radiación solar es fundamental para conocer la energía disponible y poder analizar el comportamiento de las distintas tecnologías que se utilicen.

Un sistema fotovoltaico aprovecha la energía procedente del Sol para generar electricidad, mediante el efecto fotoeléctrico. Uno de los ajustes más destacados a tener en cuenta es la búsqueda de la perpendicularidad de la superficie receptora respecto de la luz incidente para la obtención de un mayor rendimiento. Sería oportuno preguntarnos el porqué de no instalar un sistema de seguimiento electrónico con los paneles; y la razón es que no saldría rentable en el caso que vamos a evaluar.

Conceptos básicos:

- Irradiación: Cantidad de energía recibida del Sol durante un periodo de tiempo determinado por unidad de superficie [Wh/m^2]
- Irradiancia: Potencia instantánea recibida por unidad de superficie a lo largo de un día [$\text{Wh/m}^2\text{día}$]

2.1 Tipos de radiación

En este subapartado se definirán los tipos de radiación y en la imagen 0 se visualizará claramente cada una de ellas:

- Radiación directa: es la radiación solar por unidad de tiempo y unidad de área que sin sufrir modificación en su trayectoria incide sobre una superficie.
- Radiación difusa: es la radiación solar por unidad de tiempo y unidad de área que incide sobre una superficie, procedente de toda la bóveda celeste y debido a la dispersión atmosférica, excepto la procedente del disco solar.
- Albedo: es la radiación por unidad de tiempo y unidad de área que incide sobre la superficie, procedente de la reflexión de la radiación solar en el suelo y otros objetos.

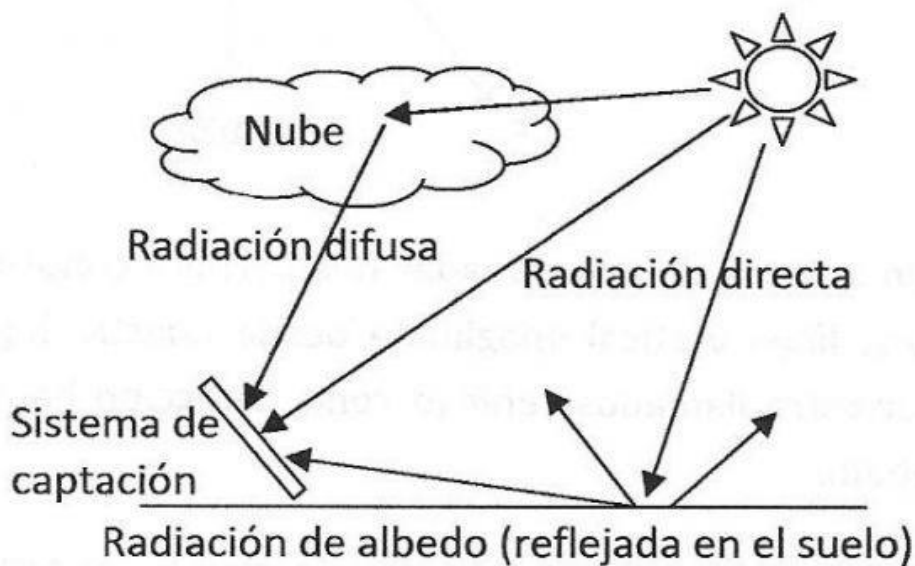


IMAGEN 0: Tipos de radiación

2.2 Instalaciones fotovoltaicas aisladas

En este subapartado nos adentraremos en el que va a ser nuestro caso específico, que se trata de una instalación a pequeña escala para consumo propio y que es independiente.

Las instalaciones fotovoltaicas aisladas no son muy comunes, pero pueden ser beneficiosas para las viviendas alejadas de los centros urbanos y que no disponen de puntos de conexión cercanos a la red. Un sistema de estas características consume la electricidad que él mismo genera sin tener que conectarse a la red eléctrica nacional.

La realización de su instalación es sencilla, rápida y no requiere de una gran superficie. Además, consume la energía del sol que es totalmente gratuita y está libre de ruidos.

Las empresas que ofertan esta tecnología aconsejan su uso para viviendas rurales y zonas agrícolas, ya que pueden auto consumirla o venderla a la red eléctrica (este caso se analizará en las alternativas). No obstante, antes de independizarse de la compañía eléctrica es importante conocer las condiciones del mercado y los costes del proyecto, ya que en numerosas ocasiones no es aconsejable independizarse de la red nacional. Esto es debido a los elevados costes iniciales de un sistema de generación fotovoltaico independiente y su correspondiente mantenimiento.

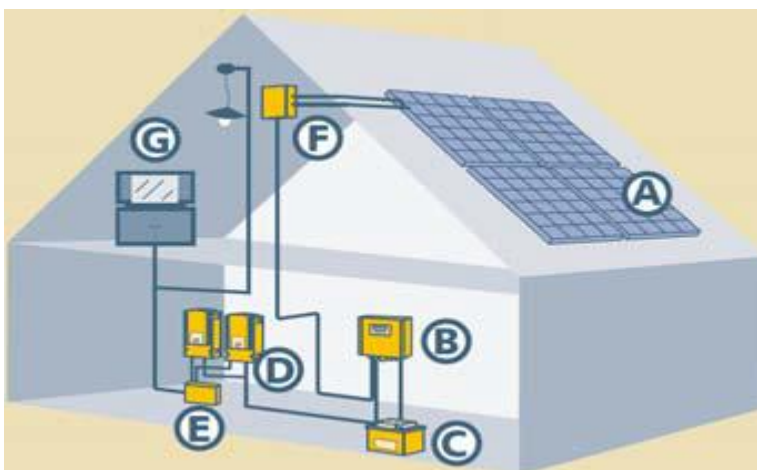
Los lugares idóneos para instalar este tipo de sistemas fotovoltaicos suelen ser las zonas aisladas no urbanizadas, como viviendas unifamiliares, bombas hidráulicas, etc. Se suelen combinar, según las características de la instalación, los paneles fotovoltaicos con aerogeneradores eólicos (este caso también se analizará en las alternativas), ya que estos dos tipos de energía suelen ser complementarias debido a que las condiciones climáticas adversas en una, suelen ser favorables en la otra.

2.3 Elementos de un sistema fotovoltaico autónomo

Aquí analizaremos todas las partes que componen un sistema fotovoltaico aislado.

Una instalación fotovoltaica independiente se compone por un sistema de generación, compuesto por una extensión de paneles solares fotovoltaicos, un grupo acumulador, un controlador de carga y un inversor.

Durante las horas de luz, los paneles fotovoltaicos producen energía eléctrica en forma de corriente continua que es almacenada en las baterías. En los momentos de consumo energético, los acumuladores suministran a las cargas esta electricidad, que es transformada en corriente alterna por el inversor.



- A Paneles
- B Controlador
- C Baterías
- D Inversor
- E Caja de fusibles
- F Caja de conexiones
- G Cargas

IMAGEN 1: Sistema aislado de la red (off-grid)

2.3.1 Sistemas de generación

El grupo generador está compuesto de paneles fotovoltaicos, cuya función es generar corriente continua a partir de la energía solar. Dicha corriente puede consumirse o recargar el grupo acumulador. A su vez, los módulos están compuestos de un conjunto de células fotovoltaicas conectadas en serie internamente. Las células se encuentran protegidas frente a la humedad y los impactos gracias al encapsulamiento, un laminado y el marco, haciendo que tengan una vida útil muy larga.



IMAGEN 2: Diferentes tecnologías de los módulos fotovoltaicos

2.3.1.1 Estructura de los módulos

Los módulos fotovoltaicos del tipo mono o policristalino son los más habituales para este tipo de instalaciones, ya que es una tecnología muy desarrollada y afianzada.

Las partes fundamentales que los conforman son:

- **Cubierta de vidrio:** alta transmisión (bajo contenido de hierro), resistente a los rayos UV, a veces superficie antirreflectante, protección mecánica.
- **Encapsulante:** lámina de EVA (acetato de etilvinilo), protección contra la humedad para células y contactos
- **Células fotovoltaicas:** celdas rectangulares soldadas en cadenas.
- **Superficie posterior:** lámina de polímero (tedlar), baja resistencia térmica, protección contra la humedad.
- **Marco:** perfil de aluminio para facilitar el montaje.
- **Caja de conexiones:** conexión de módulo y diodos de derivación.

2.3.1.2 Características principales de un módulo fotovoltaico

Los parámetros fundamentales del comportamiento de la curva I-V de los módulos fotovoltaicos son:

- Rendimiento de las células, definido por el proceso de fabricación y el cual representa la conversión de energía solar en eléctrica
- Punto de trabajo en la curva I-V o resistencia de la carga.
- Irradiación solar, gracias a la cual se va a producir el efecto fotoeléctrico.
- Temperatura de las células fotovoltaicas.

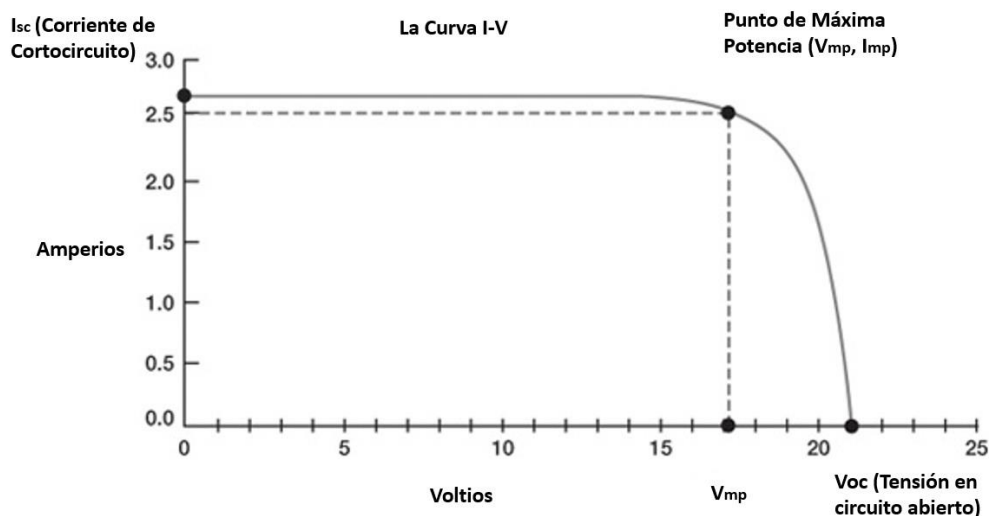


IMAGEN 3: Curva I-V

En la imagen 3 vemos la típica curva Intensidad-Voltaje de un panel fotovoltaico, en la que I_{sc} (corriente de cortocircuito) representa la corriente máxima que soporta el dispositivo a voltaje nulo, V_{oc} (tensión en circuito abierto) representa el Voltaje máximo que soporta el dispositivo a corriente nula.

Y luego tendríamos el MPP (punto de máxima potencia), que corta a los ejes en V_{mp} (voltaje en el punto de máxima potencia) e I_{mp} (corriente en el punto de máxima potencia).

El MPP es el punto de trabajo óptimo y en el que queremos que funcionen los paneles de la instalación.

2.3.1.3 Variaciones según temperatura e irradiancia

En la imagen 3 hemos visto el comportamiento habitual de un panel, las condiciones Estándar (STC).

Pero en la imagen 4 vemos que no se comportan igual si están sometidos a distintas temperaturas. La corriente aumenta insignificanemente cuando aumenta la temperatura, sin embargo, el voltaje disminuye de manera considerable, suceso a tener muy en cuenta ya que los paneles van a estar expuestos al sol todo lo posible.

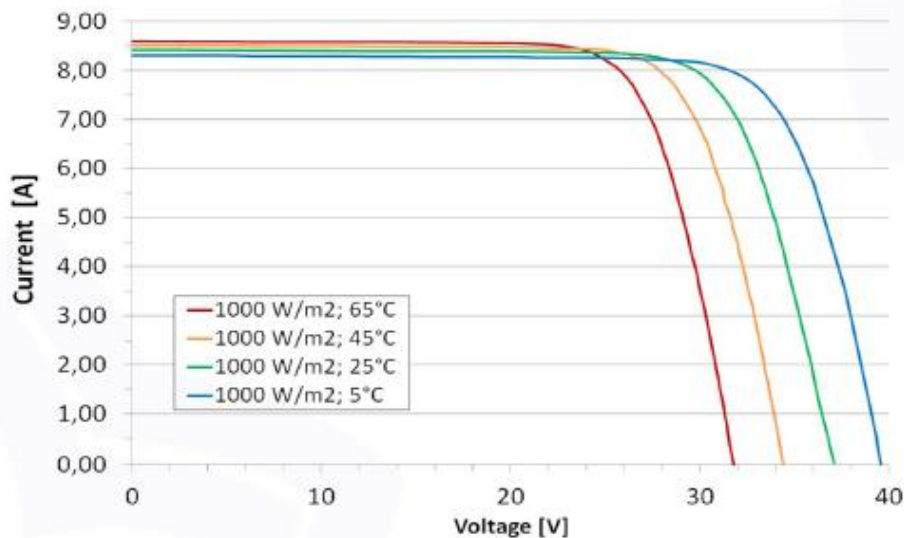


IMAGEN 4: Efecto de la temperatura en la célula

Por otro lado, en la imagen 5 vemos la importancia de los niveles de radiación puesto que cuando aumentan obtenemos una potencia mayor de manera proporcional.

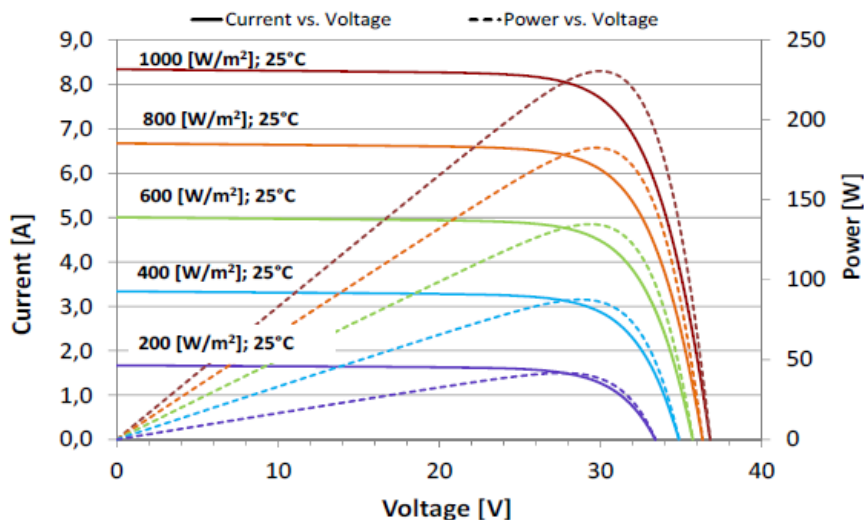


IMAGEN 5: Efecto de la irradiancia

2.3.1.4 Sombras y diodos bypass

Un panel está compuesto de células fotovoltaicas conectadas en serie. Imaginemos que a una de todas estas células conectadas en serie no le da el sol, por el motivo que sea, se convertiría en una resistencia muy grande. Entonces esa célula se convertiría en consumidor de energía en lugar de productor pudiendo recalentarse y estropearse, a este efecto se le llama hotspot.

Para que no ocurra esto se utilizan los diodos de derivación o bypass para que cuando una célula no ésta recibiendo luz el circuito se pueda cerrar a través de ellos y evitar que se estropeen las células poco iluminadas.

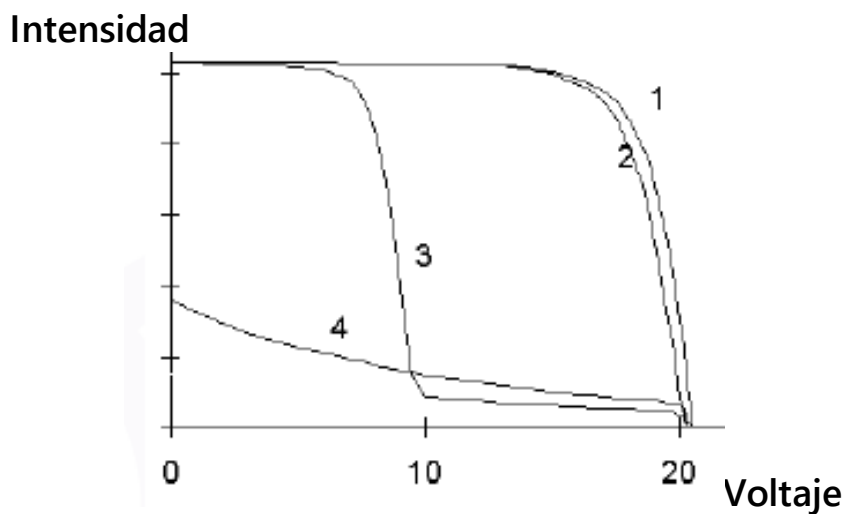


IMAGEN 6: Curva I-V en función de sombras

Analicemos la imagen 6:

La curva 1 representa un módulo completamente irradiado cuya curva es la típica. En los casos 2, 3 y 4 ocurre que una célula está sombreada por completo. En la curva 2 tenemos un panel con un diodo de derivación en cada célula, por lo tanto, sólo perderemos el voltaje de esa célula. En la curva 3 tenemos un panel con un diodo de derivación en cada cadena de células, según la figura teníamos dos cadenas porque se ha perdido la mitad del voltaje. Y por último en la curva 4 tenemos un panel que no dispone de diodos de derivación por lo que se perderá todo el voltaje.

2.3.1.5 Disposición de los módulos, en serie y en paralelo

Una vez estudiados los paneles individualmente en este subapartado veremos cómo se comportan en su conjunto.

La potencia de un módulo fotovoltaico se mide en vatios (W) y se calcula multiplicando el voltaje (tensión) (V) por la intensidad (A) que produce.

Cuando un ingeniero dimensiona un sistema de autoconsumo, debe prever el voltaje y amperios según las necesidades del sistema.

Dependiendo del equipo utilizado y del tamaño del sistema, el ingeniero puede decidir conectar los paneles solares en serie, en paralelo o en una combinación de ambas.

A continuación, se explicarán las diferencias entre conectar los paneles fotovoltaicos en serie o en paralelo.

Conexión de módulos en serie:

Los módulos se instalan en serie conectándolos en forma de cadena, se conecta el borne positivo de un módulo con el borne negativo del siguiente y así sucesivamente. Aspectos a destacar:

- Se suma el voltaje de todos y cada uno de los paneles solares.
- Misma corriente en todos los paneles.
- Una tensión más alta conlleva a una corriente más baja y por lo tanto un tamaño de cable más pequeño, esto será más barato y más seguro.

Conexión de módulos en paralelo:

Los módulos se instalan en paralelo, conectando todos los bornes positivos por un lado y por otro lado todos los bornes negativos. Los cables de cada módulo se conectan a un mismo cable central. Aspectos a destacar:

- Se suma la intensidad de cada panel.
- Obtenemos la tensión de un solo panel.
- No hay riesgo de pérdida de coincidencia (Mismatching).

El Mismatching es el problema que podemos apreciar en la imagen 7. Por el fallo o malfuncionamiento de uno de los paneles se puede reducir la potencia total del sistema al estar conectados en serie. Cosa que no ocurre en los paneles conectados en paralelo, imagen 8, que solo se pierde potencia por el módulo que está funcionando mal.

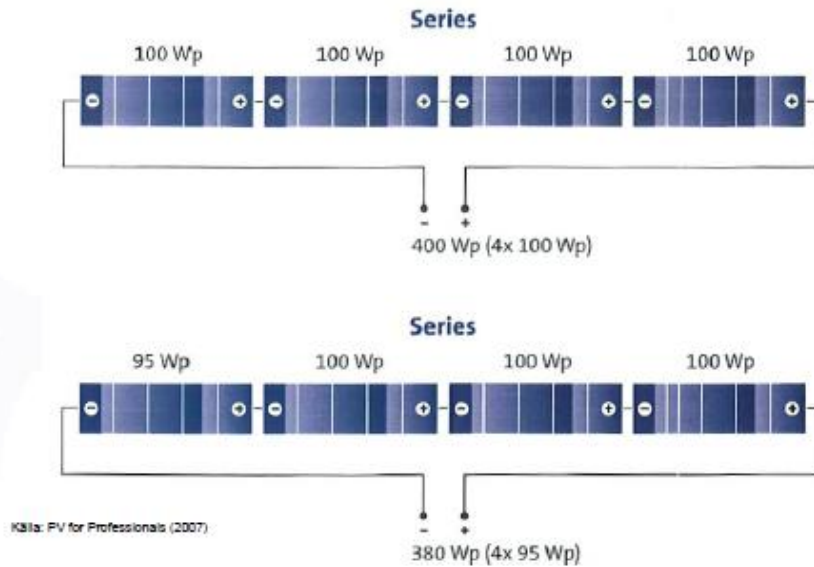


IMAGEN 7: Disposiciones en serie

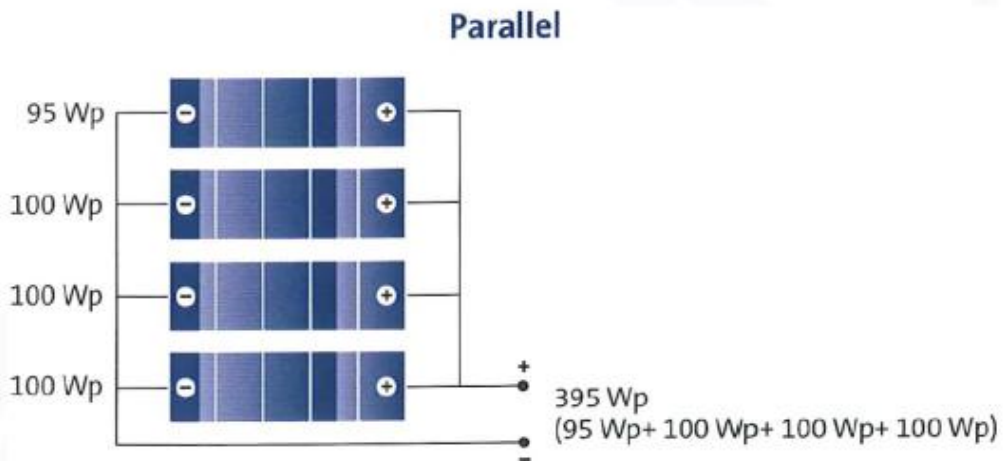


IMAGEN 8: Disposiciones en paralelo

2.3.2 Sistemas de acumulación

Debido al desplazamiento temporal que puede existir entre los periodos de generación y consumo de electricidad se emplean las baterías para permitir la operación de las cargas de consumo cuando el generador fotovoltaico no puede generar suficiente potencia para abastecerlas. La fiabilidad de la instalación global reside en gran medida en la eficiencia y correcto dimensionado del sistema de acumulación, por lo que se les da una alta importancia a estos elementos.

En la imagen 9 vemos como son las baterías por dentro, suelen proporcionar una tensión de 6 V, 12 V u otro múltiplo de 2, ya que la tensión que suministra cada celda es de 2 V. Pueden suministrar unas intensidades relativamente grandes.

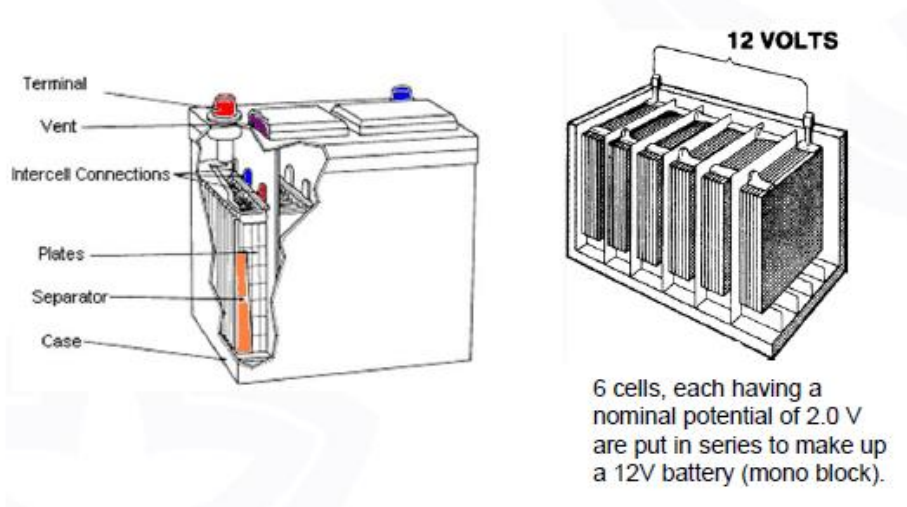


IMAGEN 9: Interior de una batería

En la imagen 10 se exponen los diferentes tipos de baterías que existen. A medida que bajamos en esta lista tenemos una tecnología más compleja y mejor pero que para la fotovoltaica no está lo suficientemente afianzada todavía, es por ello que lo más común es el uso de baterías de plomo-ácido (lead-acid), un tipo de baterías parecidas a las utilizadas en los coches.

- Lead-acid
 - Nickel-cadmium
 - Nickel metal hydride
 - Lithium-ion
 - Redox flow
- Common for PV

Not Common yet

IMAGEN 10: Tipos de baterías y su uso en fotovoltaica

2.3.2.1 Especificaciones

Las características que afectan a las baterías son:

- **Ciclos de la batería:** Se considera un ciclo al proceso de descarga y carga completas. El número de ciclos se utiliza para definir la vida de la batería.
- **Rendimiento:** Dícese de la relación entre la energía proporcionada por la batería en la descarga y la que es necesaria para volver a cargarla por completo. El rendimiento se puede subdividir en dos términos: rendimiento de voltaje y rendimiento de carga.
- **Capacidad:** Medida del poder de la batería para acumular o suministrar electricidad y se expresa en amperios-hora (Ah). Una batería de 160 Ah debe ser capaz de suministra 160A durante una hora, o en su defecto, 16 A durante 10 horas. La capacidad se puede ver afectada por factores de operación como la profundidad de descarga, la temperatura de funcionamiento o los voltajes de corte y rearme. A bajas temperaturas puede disminuir la capacidad debido a incapacidad de los electrolitos de penetrar en el material activo. Por otro lado, a altas temperaturas aumenta la capacidad, pero puede reducirse el tiempo de vida de la batería. La temperatura de operación recomendable es de entre 20 y 30 grados centígrados.
- **Estado de carga (SOC):** Porcentaje de energía almacenada en la batería respecto a la capacidad total. Una batería se encuentra totalmente cargada cuando su SOC es del 100 %.
- **Profundidad de descarga máxima:** Porcentaje de descarga máximo que permite el regulador a la batería antes de ser desconectado por la tensión de corte de sobredescarga, para proteger la vida útil de la batería. A medida que aumenta la profundidad de descarga, la batería sufre más y su vida útil se ve afectada.
- **Días de autonomía:** Cantidad de días consecutivos que el sistema de acumulación, en el caso hipotético de 0% de captación de luz, es capaz de abastecer las necesidades sin sobrepasar el límite de profundidad de descarga máxima.

2.3.2.2 Precauciones con las baterías

Las baterías suelen ser la parte más débil en los sistemas fotovoltaicos. Es muy importante estudiar cuidadosamente las características de la batería elegida para el sistema, su ubicación y condiciones de operación.

Vamos a analizar una serie de problemáticas en las siguientes imágenes. En la imagen 11 se ve la importancia de no forzar las baterías a unos niveles de descarga altos porque estaríamos reduciendo su vida útil considerablemente.

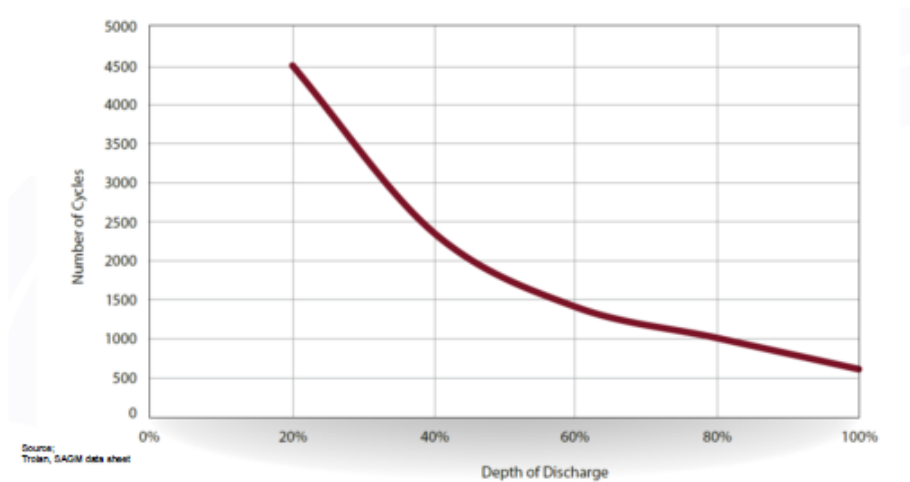


IMAGEN 11: Vida útil en función de la profundidad de descarga

En la imagen 12 se plantea el problema de la autodescarga. Una batería nunca va a poder mantener todo lo almacenado, siempre perderá algo de capacidad. La cuestión es el hecho de perder lo mínimo posible y esto dependerá de si se ha elegido un lugar adecuado para almacenar las baterías y que estén a una temperatura correcta. Para las baterías de plomo-ácido la autodescarga se dispara a temperaturas mayores de 25 grados centígrados. Por lo tanto, las baterías de plomo-ácido deben mantenerse en la medida de lo posible en un estado de carga alto.

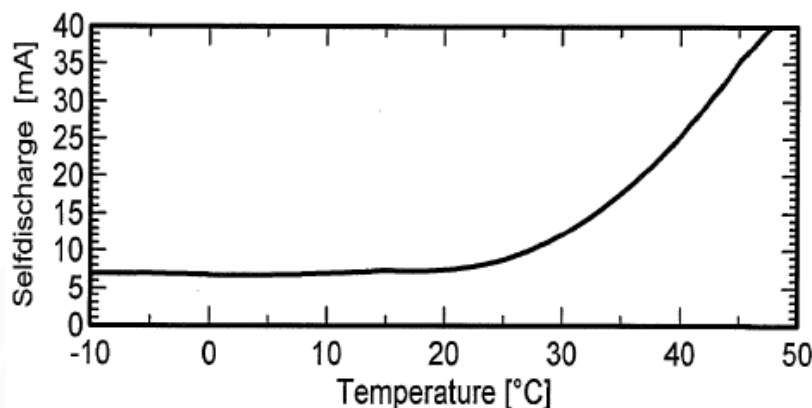


IMAGEN 12: Autodescarga de la batería en función de la temperatura

En climas fríos, como es el caso de Suecia, es conveniente analizar la otra cara de la moneda. En la imagen 13 se aprecia como, en las baterías de plomo-ácido, sube el punto de congelación a medida que aumenta la profundidad de descarga, esto es debido a que en la descarga se genera agua. No obstante, en las baterías de Nickel-Cadmio el punto de congelación permanece constante, aunque aumente la profundidad de descarga.

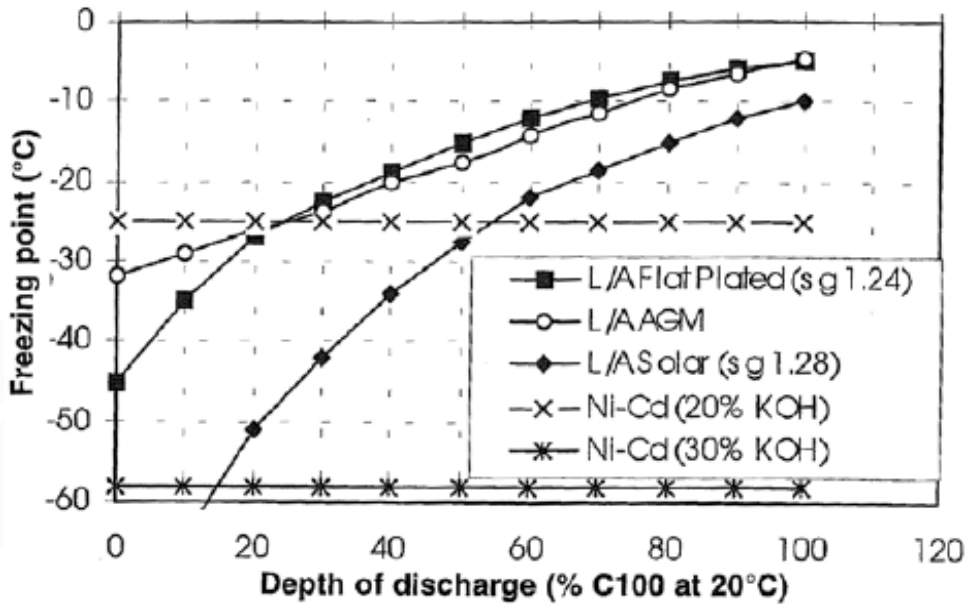


IMAGEN 13: Variación del punto de congelación respecto a la profundidad de descarga de diferentes tipos de baterías

Para acabar este subapartado de precauciones se explicará el suceso de la sulfatación, que puede acarrear graves problemas a las baterías.

Cuando una batería de plomo-ácido se descarga, se forma $PbSO_4$ (sulfato de plomo) como pequeños cristales en las superficies de los electrodos. A altas profundidades de descargas (DOD), el $PbSO_4$ puede disolverse en el electrolito y recrystalizarse en partículas más grandes que no pueden ser recogidas durante el proceso de carga.

Y sus consecuencias son:

- -Aumenta la resistencia interna en la batería.
- -Reduce la cantidad de material activo.
- -Baja la superficie activa de los electrodos.
- -Puede causar cortocircuitos internos

2.3.3 Sistemas de regulación

El regulador o controlador es el encargado de realizar un proceso óptimo de carga de la batería, para conseguir una carga completa, evitando las sobrecargas. Los reguladores que se emplean tienen gran impacto en el funcionamiento del sistema y en la vida útil de la batería, pues según su estrategia de control se determinará el proceso de carga de la misma.

Si el controlador de carga no existiese o fallase, se producirían procesos de gasificación (hidrólisis del agua), corrosión de las rejillas o de calentamiento en la batería, que pueden llegar a ser peligrosos y disminuir la vida útil de ésta.

Funciones del controlador:

- Carga de batería:
 - Carga de flotación (trickle charging)
 - Carga de compensación (equalization charging)
 - Ciclo de carga (boost charging)
- Protege la batería de:
 - Sobrecarga
 - Descarga profunda
- Compensación de temperatura
- Determinación del estado de carga
- Protección ante polaridad inversa
- Seguimiento de punto de máxima potencia (MPPT).

2.3.4 Inversor

El inversor es el elemento encargado de transformar la corriente continua, generada por los paneles fotovoltaicos, en corriente alterna para poder ser consumida por las cargas de corriente alterna.

Las funciones principales del inversor son:

- Inversión de DC a AC
- Modulación de la onda alterna de salida
- Regulación del valor eficaz de salida
- Seguir el punto de máxima potencia de los módulos fotovoltaicos (MPPT), optimizando la producción.

Y están protegidos frente a situaciones como:

- Temperatura del inversor elevada
- Tensión del generador fotovoltaico baja
- Intensidad del generador fotovoltaico insuficiente
- Polarización inversa

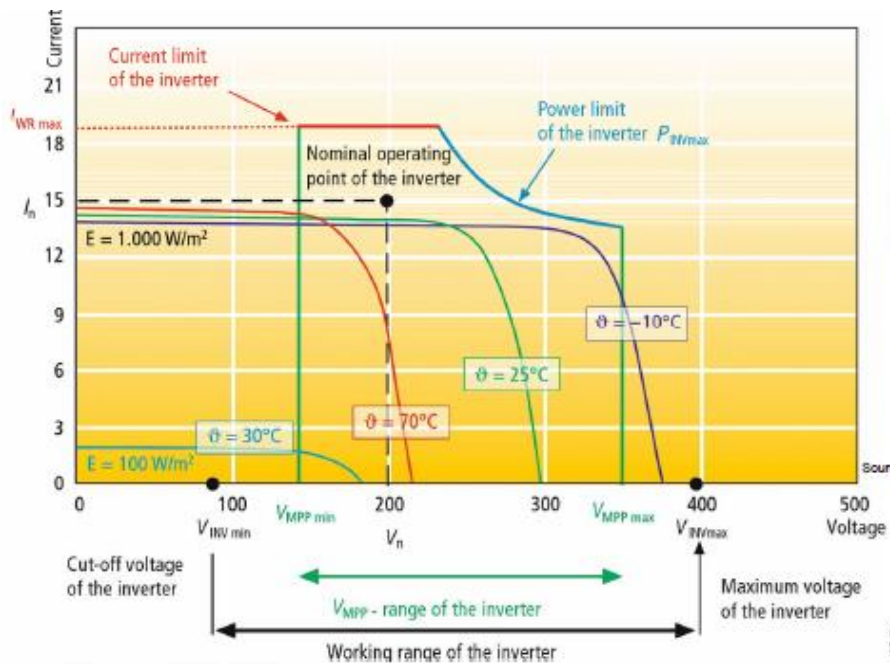


IMAGEN 14: Emparejamiento del inversor y la matriz PV

En la imagen 14 se muestran los rangos de funcionamiento del conjunto de módulos y del inversor. Debemos elegir un inversor cuyo rango funcionamiento abarque el rango de funcionamiento del conjunto fotovoltaico. Por lo tanto, el MPP de los módulos siempre tiene que estar dentro del intervalo del inversor, teniendo en cuenta las variaciones debidas a la irradiación y la temperatura.

Aquí daremos una serie de recomendaciones:

- Dimensionamiento del inversor $\pm 10\%$ de la potencia nominal de la matriz PV dependiendo de la ubicación.
- Para la mayoría de los lugares en el norte y centro de Europa se recomienda subdimensionar el inversor.
- En climas cálidos, los inversores también pueden ser subdimensionados, ya que la temperatura reducirá la potencia fotovoltaica.
- La situación de sobredimensionamiento se daría en alta montaña, ya que sería una situación de mucha radiación y frío simultáneamente.

2.3.5 Cargas de consumo

Las cargas de consumo representan todos los puntos de la vivienda donde se produce una necesidad eléctrica. Estas cargas varían en potencia y consumo en función de sus características y su estimación nos ayudará a determinar el tamaño del grupo acumulador

Puesto que el ahorro de energía es un factor crucial en el dimensionado del sistema y su utilización, los electrodomésticos que se instalen deben ser de bajo consumo y lo más eficiente posible.

2.3.6 Estructura de soporte

La estructura del grupo generador debe soportar los módulos instalados, las sobrecargas de viento y nieve u otras inclemencias meteorológicas, además de las posibles dilataciones térmicas causadas por incrementos de temperatura a lo largo del día y del año.

2.3.7 Cableado

La selección del diámetro del cable para una instalación fotovoltaica se basa en los criterios térmicos y de caída de tensión. El térmico se debe al efecto Joule, que conlleva a una emisión de calor que el cableado ha de soportar. Y el de caída de tensión es consecuencia de la intensidad que circula a través de la resistencia equivalente del cable.

2.3.8 Puesta a tierra

La puesta a tierra de la instalación es muy importante, ya que limita el voltaje que pueda presentarse en un momento dado en las masas metálicas de los componentes, asegurando la actuación de las protecciones y eliminando el riesgo que supone el mal funcionamiento o avería de alguno de los equipos. Además, su importancia es vital ante rayos.

3. CONTEXTO

En este proyecto se estudiará la viabilidad de una posible instalación fotovoltaica aislada de la red.

En este apartado se definirá la zona elegida para implantar la instalación fotovoltaica. También se evaluará la orientación e inclinación de los paneles y se estudiará la geografía y climatología del lugar.

3.1 Localización

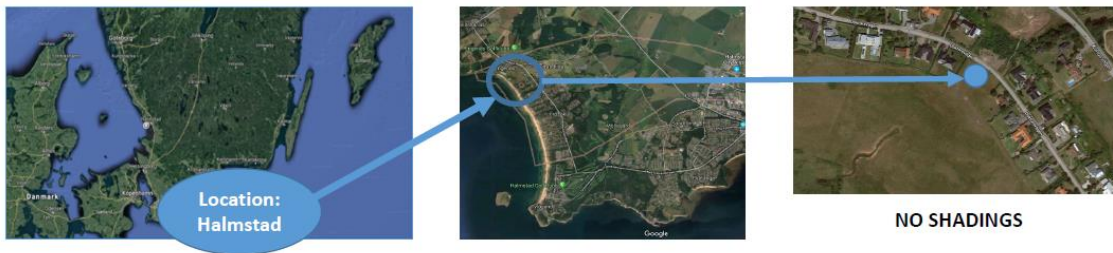


IMAGEN 15: Localización del proyecto

La localización exacta del terreno está a una latitud de 56.68°N, una longitud de 2.72°E y una elevación de 13 metros sobre el nivel del mar.

Este punto se encuentra en la localidad de Halmstad, al sur de Suecia.

3.2 Inclinación y orientación de los receptores

La inclinación de los paneles según su latitud y época del año es muy importante. Debido al desplazamiento del sol y a los movimientos de rotación y traslación de la Tierra, el ángulo de incidencia óptimo del panel irá variando durante el día y durante el año. La captación de la energía solar será máxima cuando la posición del panel sea perpendicular a la radiación.

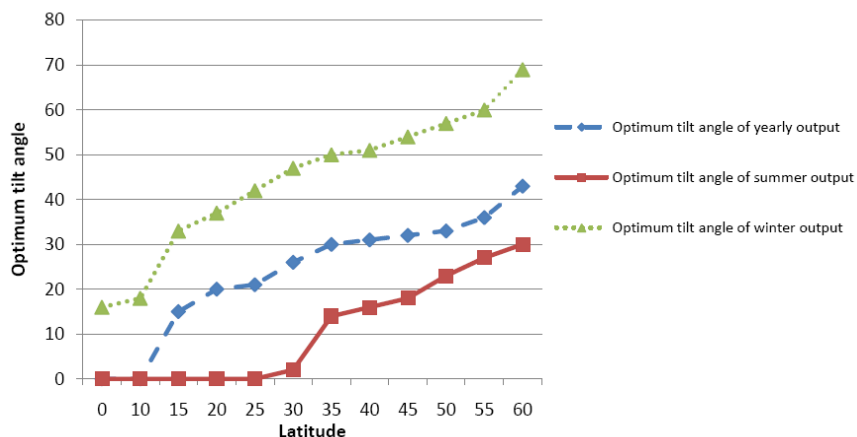


IMAGEN 16: Inclinación óptima de los paneles según latitud y periodo del año

Algo muy positivo que se explicará más adelante es que contamos con una zona perfecta orientada al sur y libre de obstáculos y por lo tanto de sombras.

El objetivo es abastecer una vivienda unifamiliar (4 personas) para el intervalo entre mayo y septiembre, ambos inclusive. Como está especificado en el título esto será una casa de veraneo.

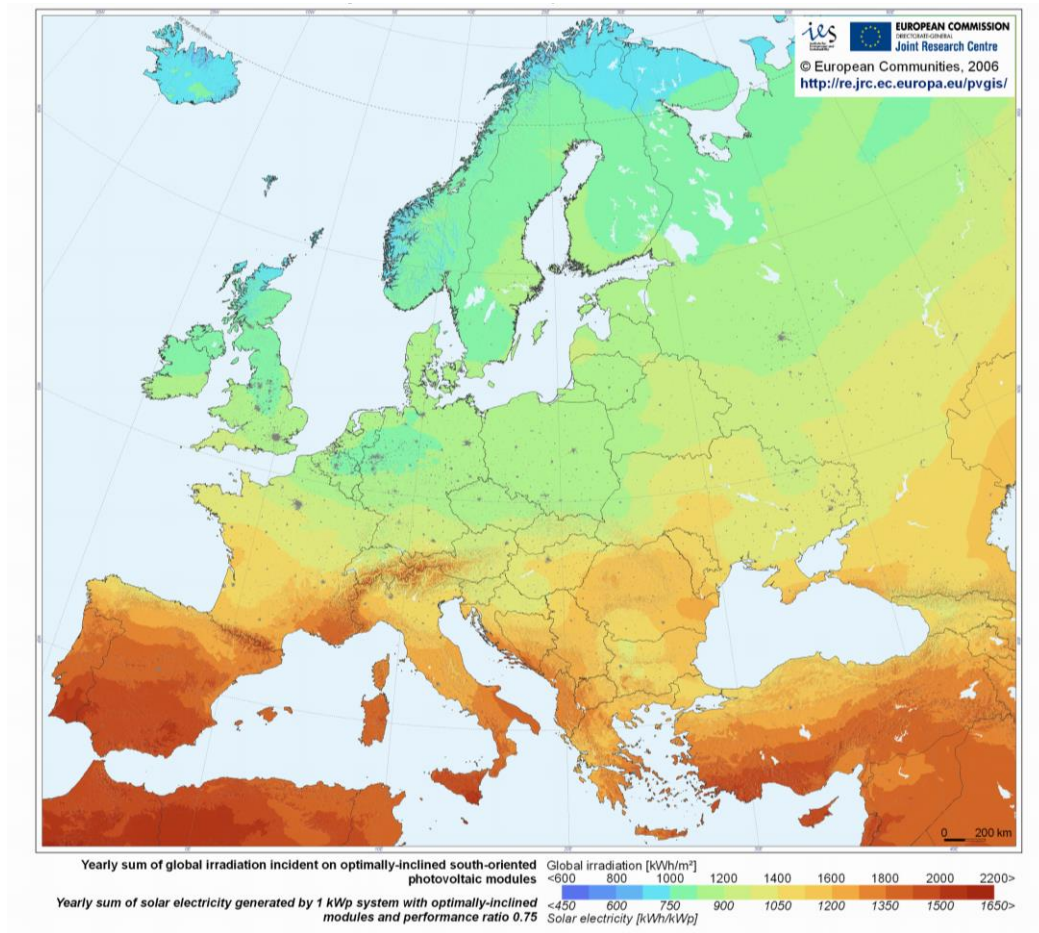


IMAGEN 17: Niveles de radiación en Europa

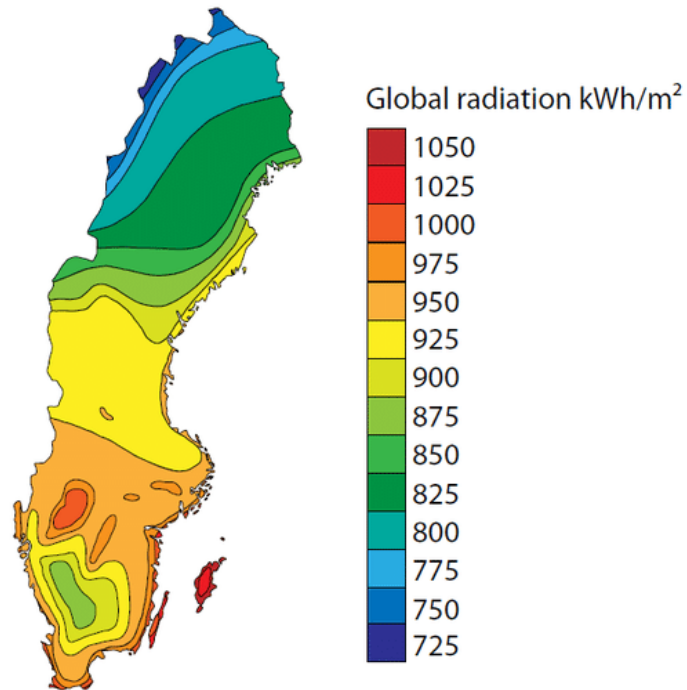


IMAGEN 18: Niveles de radiación en Suecia

En Halmstad tenemos unos niveles de radiación anuales medios de 1000 kWh/m² (ver imagen 18). En principio no obtendremos los niveles de radiación que podríamos obtener en España de unos 2000 kWh/m² (ver imagen 18).

Sin embargo, esta irradiación será suficiente para abastecer nuestra vivienda, además jugaremos con la ventaja de que en Suecia en los meses de verano tenemos más horas de luz al día.

Es bastante común en las familias suecas trasladarse al sur del país o a otros países al sur de Europa en búsqueda de sol y sus grandes beneficios, como la vitamina D. Algo que para nosotros puede ser banal pero que en un país como Suecia puede acarrear graves problemas de salud entre la población.

3.3 Información meteorológica relevante

En este subapartado expondremos un breve informe de las situaciones meteorológicas más relevantes para la instalación fotovoltaica.

Hay que tener en consideración la posibilidad de tener días en los que no se podrá captar mucha luz solar debido a las nubes, esto nos servirá para saber cuántos días de autonomía necesitaremos y que las baterías nos tendrán que abastecer.

Por otro lado, en Suecia la nieve puede ser un problema ya que se puede depositar en los paneles, por lo tanto, no obtendremos beneficio alguno.

También es importante estudiar las previsiones y estadísticas de los vientos para saber lo que van a tener que soportar los módulos y en función de ello anclarlos con unos soportes determinados.

En Halmstad, los veranos son templados y parcialmente despejados. Los inviernos son muy fríos, con mucho viento y mayormente nublados. Durante el año, la temperatura varía entre -3°C y 21°C , pudiendo llegar a extremos de -11°C y 26°C .

El periodo más cálido dura unos 3 meses, del 28 de mayo al 9 de septiembre, con una temperatura media de 18°C . Los días más caluroso del año se registran la última semana de julio, con temperaturas máximas de 24°C .

En cuanto a nubosidad, la parte más despejada del año en Halmstad comienza aproximadamente el 14 de abril, dura unos 6 meses y se termina aproximadamente el 8 de octubre.

La temporada sin nieve dura unos 8 meses, del 17 de marzo al 20 de noviembre.

La duración del día en Halmstad varía notablemente durante el año. En 2020, el día más corto será el 21 de diciembre, con 6 horas y 48 minutos de luz natural y el día más largo será el 20 de junio, con 17 horas y 48 minutos de luz natural.

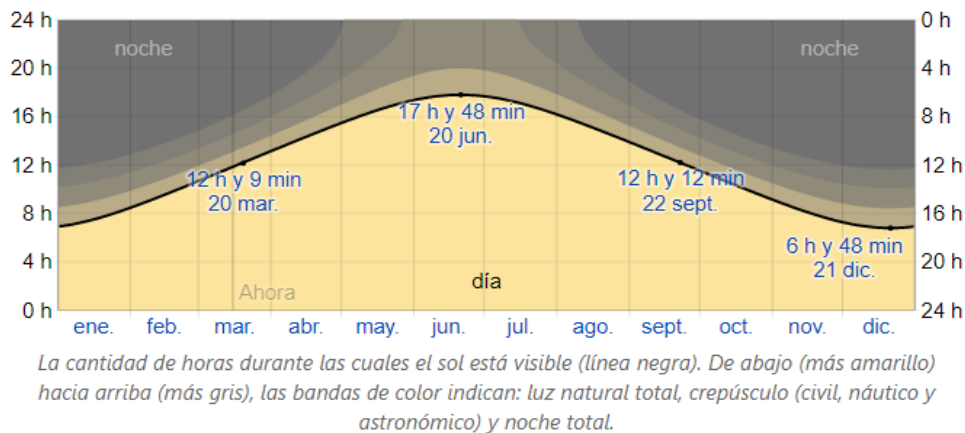


IMAGEN 19: Cantidad de horas de luz en Halmstad durante el año

En la imagen 19 apreciamos que Halmstad tiene mucho potencial en los meses de verano ya que las horas de luz aumentan bastante.

El periodo con más viento del año dura unos 6 meses, del 17 de septiembre al 23 de marzo, alcanzándose velocidades de más de 16 kilómetros por hora.

El periodo con menos viento del año dura unos 6 meses, del 23 de marzo al 17 de septiembre. Los días más calmados suelen registrarse en julio, con una velocidad media del viento de 12 kilómetros por hora.

4. OBJETIVOS Y ALCANCE

El objetivo de este proyecto es dotar de independencia eléctrica a una vivienda. La casa en cuestión no existe todavía por lo que la distribución de la instalación aún está por determinar

Las placas solares podrían estar colocadas en el tejado o en el suelo, debido a esto dependerá el tipo de montaje o anclajes que necesitarán. En nuestro caso se instalarán en el tejado, así ahorraremos espacio.

Las baterías, que son muy delicadas, podrían estar almacenadas en diferentes lugares, siempre en una zona segura y a una temperatura adecuada para su correcto funcionamiento.

Estudio previo:

- Necesidades energéticas de una familia de cuatro miembros.
- Meteorología de la zona.
- Análisis de la energía solar útil según orientación e inclinación.
- Análisis de los módulos fotovoltaicos necesarios y su coste.
- Análisis de las baterías necesarias y su coste.
- Análisis del regulador de carga necesario y su coste.
- Análisis del inversor necesario y su coste.

El dimensionamiento final tiene en cuenta la distribución del consumo durante las horas del día y la energía solar disponible.

Esto se realiza mediante el programa PVsyst, que permite realizar modificaciones en las variables internas y recomienda un tamaño de módulos, baterías, controlador e inversor necesarios para nuestra instalación específica.

Finalmente, y gracias al mismo programa, se simula el sistema elegido en condiciones meteorológicas sintéticas generadas a partir de datos históricos reales almacenados en su base de datos.

Esto corroborará o no el buen funcionamiento de la propuesta.

5. BENEFICIOS APORTADOS

En este apartado se expondrán los beneficios en los que apoyaremos nuestra propuesta de TFG.

5.1 Beneficios técnicos

Este trabajo nos permitirá aprender como una vivienda puede abastecerse de manera totalmente independiente, sin importar lo remota que sea la ubicación de ésta. Estudiaremos cada elemento del sistema para poder evaluar nuestras opciones y sacarle el máximo rendimiento a la energía solar.

Al no estar conectados a la red eléctrica no sufriremos apagones derivados de infortunios en este cableado.

La instalación de los sistemas fotovoltaicos individuales es simple, rápida y sólo requiere de herramientas y equipos de medición básicos, además no suele ser invasiva con respecto a la estructura de la edificación.

5.2 Beneficios económicos

El dinero es un factor importante en la ingeniería, y este proyecto basa una de sus ventajas en ello.

Al ser totalmente independientes no tendremos que pagar ni a las centrales generadoras ni a las de transporte de electricidad.

Se hará una inversión inicial y en cuanto se amortice sólo obtendremos beneficios.

Además, los costes de mantenimiento en este tipo de generación son mínimos y los elementos del sistema tienen buenas garantías.

Otro aliciente son las subvenciones que obtendremos por apostar por energías renovables.

5.3 Beneficios sociales

La realización de una obra de estas características en la zona, en la cual no es todavía común ver viviendas abastecidas de este modo, podría animar a la población del uso y el apoyo de las energías renovables. Al ver los beneficios, los vecinos querrán instalar algo similar en sus viviendas y contribuir así a una de las tendencias más esperadas para afrontar la transición energética: el autoconsumo.

5.4. Beneficios medioambientales

Es una energía limpia, que no produce CO₂ ni ningún otro gas residual. Contribuye a la descarbonización del sector eléctrico.

El consumo de agua, a diferencia de los métodos de generación convencional, es nulo.

El impacto ambiental de la instalación es inapreciable, ya que ocupa un espacio vacío en un tejado, algo con nulo valor para la fauna y flora autóctona.

A diferencia incluso de otras renovables, es un método de generación silencioso y poco invasivo para el hábitat local.

6. ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS

Como toda fuente de energía, la solar también tiene sus desventajas:

- Potencia y energía limitadas por la dimensión del grupo generador y de almacenamiento.
- Inversión inicial elevada.
- El tiempo de instalación es elevado en comparación con un generador eléctrico impulsado por un combustible fósil.
- En el proceso de descarga de las baterías se produce un fenómeno de gasificación en el que se libera al ambiente hidrógeno en cantidades moderadas.
- El derrame de la solución de ácido sulfúrico de las baterías puede resultar peligroso para la piel de las personas y causar desperfectos en el suelo de la vivienda.
- La disponibilidad de energía es fluctuante, estando a merced de las condiciones meteorológicas.

Por lo tanto, analizaremos varias alternativas ya sea para sustituir a nuestra instalación o para complementarla. Ya que una vivienda 100% abastecida por los paneles fotovoltaicos nos puede disparar demasiado el presupuesto. Es mucho más inteligente abastecer un 90% de la carga con los paneles y para el 10% restante utilizar un generador auxiliar, gracias a esto conseguiremos unos presupuestos mucho más competitivos.

6.1 Grupo electrógeno

Es un motor de combustión interna utilizado para la generación de electricidad impulsado por un combustible fósil (gasolina o Diesel).

Su uso es habitual cuando existe una escasez en la generación de energía eléctrica de algún lugar o cuando son frecuentes los cortes en la red eléctrica.

Es común para la generación de electricidad en regiones que carecen de suministro eléctrico, para zonas remotas con pocos recursos o lugares en los que la energía eléctrica de la red es insuficiente y es necesaria otra fuente de energía alternativa para abastecerse.

Gracias a ellos se consigue una energía fiable, esta es su principal ventaja. No obstante, existe una gran lista de inconvenientes si los comparamos con las energías renovables: son muy ruidosos, el combustible es caro, emiten gases contaminantes, podrían ocasionar un incendio...

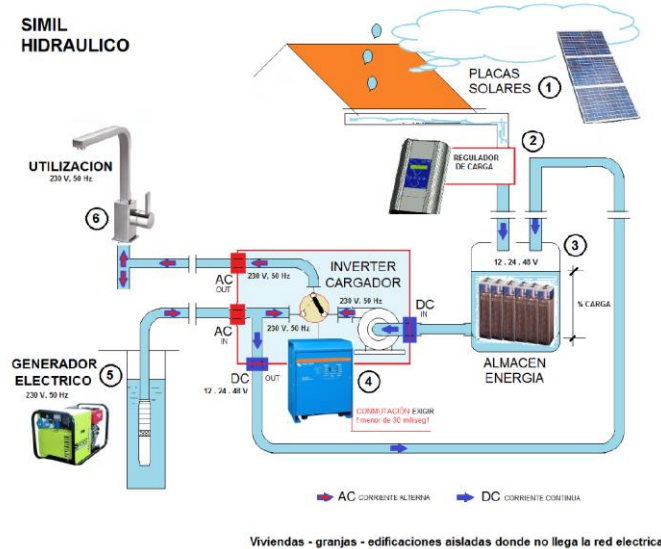


IMAGEN 20: Sistema con grupo electrógeno incorporado

6.2 Sistemas eólicos

Los sistemas híbridos (fotovoltaico + eólico) sacan partido a las mejores condiciones del sol y del viento, siendo entre ella complementarias. Los días de borrasca causan frío, viento y nubosidad, que prácticamente no permiten el aprovechamiento del sistema fotovoltaico, mientras que los aerogeneradores podrían trabajar a pleno rendimiento. Por otro lado, los días de anticiclón suelen provocar días soleadas atmósferas estables, perfectos para los paneles fotovoltaicos.

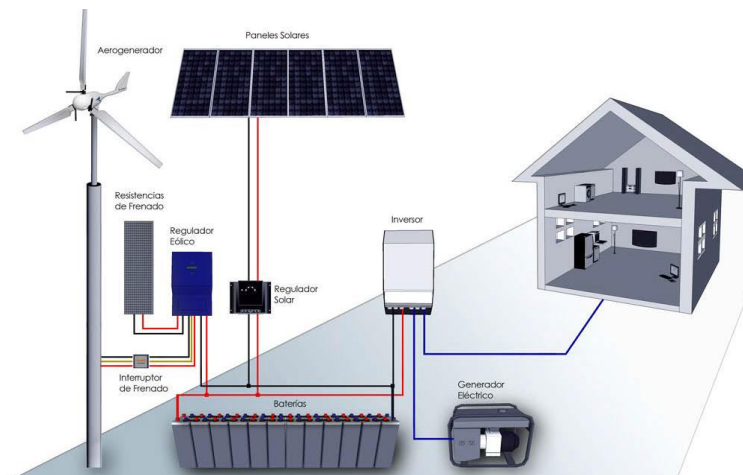


IMAGEN 21: Sistema con generador eólico incorporado

6.3 Generador hidráulico

Se puede plantear otro sistema híbrido (fotovoltaico + mini hidráulica), cuando el flujo de agua no cubre toda la demanda de energía, ya sea por ser insuficiente o por ser fluctuante. Es bastante común que en verano el caudal de agua disminuya considerablemente, periodo idóneo para la utilización de módulos fotovoltaicos. Y en épocas de lluvia y nubosidad se haría un mejor aprovechamiento de la parte hidráulica.

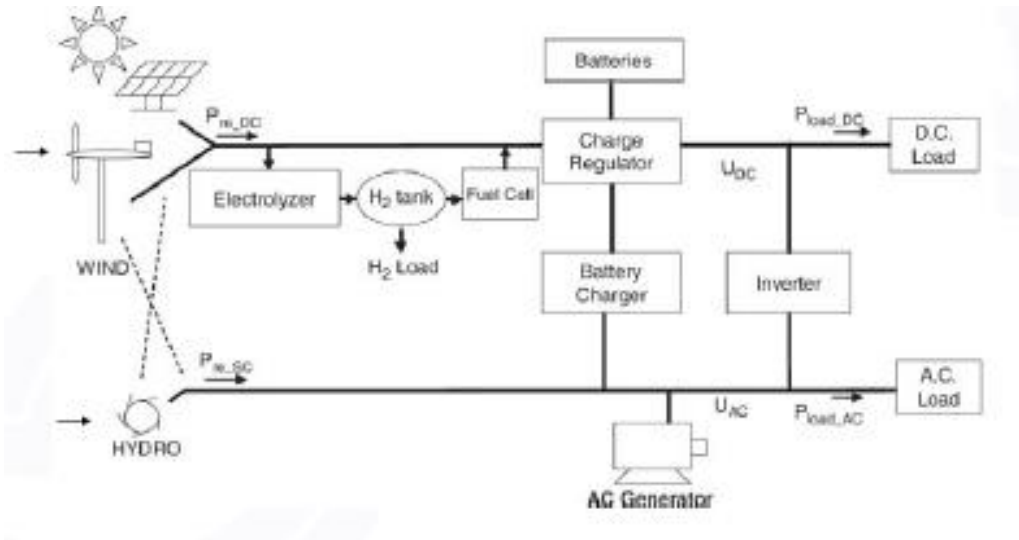


IMAGEN 22: Sistema con generador hidráulico incorporado

6.4 Sistema fotovoltaico conectado a la red

Un sistema fotovoltaico conectado a la red genera electricidad propia y está conectado a la red eléctrica nacional. Este tipo de instalaciones no suele contar con baterías, por lo tanto, no se puede acumular la energía. Se puede decidir entre vender directamente toda la energía a la red o inyectar la energía a la red solamente cuando haya excedente. Según la opción se necesitarán distintos contadores y conexiones, y los acuerdos con las compañías y distribuidoras eléctricas serán diferentes.

Los sistemas bidireccionalmente conectados son ideales para reducir el coste de la factura eléctrica tanto en viviendas como en industrias con altos consumos y promover el uso eficiente de energía.



IMAGEN 23: Sistema fotovoltaico conectado a red

6.5 Colectores solares

El dispositivo solar thermal o colector solar, está diseñado para absorber el calor proveniente del sol y elevar la temperatura de un fluido para su aprovechamiento. Los colectores solares se dividen en dos grupos: los de baja temperatura, utilizados fundamentalmente en sistemas domésticos de climatización y agua corriente sanitaria y los de alta temperatura, que mediante espejos, conseguirán unas temperaturas muy superiores con las que posteriormente se generará electricidad en un ciclo Rankine (turbina de vapor).

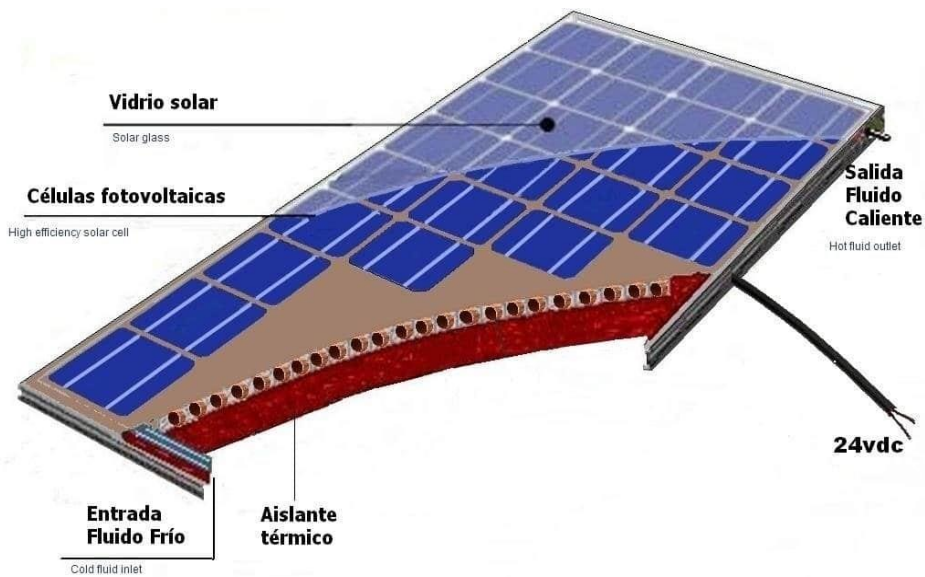


IMAGEN 24: Híbrido entre panel fotovoltaico y colector solar

Un panel solar híbrido (fotovoltaico + colector solar) es capaz de generar simultáneamente energía eléctrica y térmica, aprovechando la luz y el calor del Sol, transmitiéndose este último a un fluido. Además, este fluido ayudará a refrigerar el panel y así mejorar su rendimiento. Este módulo combinado tiene la capacidad de aprovechar todo el espectro de luz existente, a diferencia de los paneles fotovoltaicos y térmicos, que captan la luz ultravioleta e infrarroja respectivamente.

Para acabar este apartado comentaremos por qué hemos acabado decantándonos por una instalación fotovoltaica aislada:

- El grupo electrógeno queda descartado por no ser energía renovable, por lo tanto, no encaja con nuestra mentalidad.
- El sistema fotovoltaico conectado a la red presenta la ventaja de poder vender la energía sobrante, pero opta por ser totalmente independientes y evitar realizar este tipo de conexión y tener que pagar los costes fijos de ésta cuando no se esté haciendo uso de la vivienda.
- Y aunque los otros tres casos híbridos sean tentadores y beneficiosos, no serán necesarios para nuestras necesidades, ya que de implantarlos estaríamos perdiendo energía.

7. SOLUCIÓN PROPUESTA

Gracias a la herramienta PVsyst hemos podido diseñar, simular y optimizar nuestra instalación.

A continuación, se mostrará en las siguientes tablas los resultados que hemos obtenido con la simulación, que determinarán cómo será el sistema.

En el anexo 3 disponemos de las fichas técnicas de los dispositivos elegidos para la solución del proyecto, en ellas tenemos bien detallado todo lo necesario para verificar como se ajustan los elementos a nuestro sistema concreto.

Todo lo seleccionado en este apartado estará debidamente explicado en el apartado de metodología.

7.1 Localización

En la tabla 1 vemos los datos de localización introducidos.

Con ellos y con los datos de meteorología que tiene el propio programa ya tendrá unas condiciones de contorno para empezar a dimensionar la instalación.

Lugar geográfico	Halmstad
País	Suecia
Latitud	56,68° N
Longitud	12,72° E
Altitud	13 m

Tabla 1: Localización de la instalación

7.2 Orientación e inclinación

En la tabla 2 nos ha dado como resultado una inclinación óptima para los paneles de 30 grados respecto la horizontal. Esto es debido a que la simulación es para los meses de mayo a septiembre. Si hubiésemos elegido todo el año nos habría dado una inclinación mayor, ya que la altura media del sol sería menor.

Por otro lado, tenemos un azimut de 0°, esto quiere decir orientación sur. El terreno elegido está pegado a la costa, totalmente despejado de obstáculos, para un excelente aprovechamiento tanto del sol como de sus vistas al mar.

No se ha hecho evaluación de obstáculos ni sombras por lo comentado anteriormente.

Inclinación	30°
Azimut	0°

Tabla 2: Orientación e inclinación de los paneles

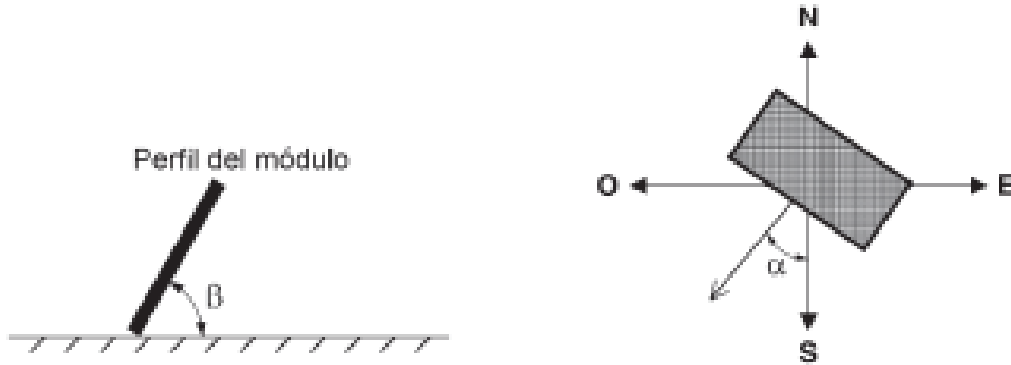


IMAGEN 25: Orientación e inclinación de los paneles

7.3 Paneles

En la tabla 3 vemos que el modelo de módulos elegido es el TSM-200 D05 de la marca Trina Solar. Los paneles son de tecnología de silicio monocristalino.

Tendremos 9 paneles colocados en paralelo que ocuparán una superficie de 15 metros cuadrados aproximadamente en el tejado de la edificación, por lo que no habrá ningún problema de falta de espacio.

Tecnología	Silicio monocristalino
Modelo	TSM-200 D05
Fabricante	Trina Solar
Cantidad	9
Disposición	En paralelo
Potencia Nominal Unidad	200 Wp
Potencia Nominal Conjunto (STC)	1800 Wp
Potencia Nominal Conjunto (50°)	1610 Wp
Umpp	25 V
Impp	64 A
Área	14,7 m ²

Tabla 3: Características de los módulos fotovoltaicos

7.4 Baterías

En la tabla 4 se nos indica que el modelo de las baterías será de 12V/160Ah y que habrá 4 ramas en paralelo con dos baterías en cada rama. Es por ello que se indica que el pack de baterías es de 24V.

Se vuelve a recalcar que las baterías son una parte muy vulnerable del sistema, por lo que deben mantenerse a una temperatura de correcto funcionamiento de 20°C. En este caso PVsyst no nos da una marca concreta, así que hemos elegido unas baterías POWERSUN 160 SOLAR, que se ajustan a nuestras necesidades y tienen un precio razonable.

Tecnología	Plomo-ácido
Modelo	Solar 12 V / 160 Ah
Fabricante	Genérico
Cantidad	8
Disposición	2 en serie por 4 en paralelo
Tensión Conjunto	24 V
Capacidad Nominal Conjunto	640 Ah
Temperatura óptima	20°C

Tabla 4: Características de las baterías

7.5 Controlador de carga

Existe la posibilidad de adquirir un único aparato que haga la función de controlador de carga e inversor a la vez. Esto tiene ventajas como un precio más barato, ahorro de espacio y conexión más sencilla. Pero por otra parte si este aparato se averiase habría que cambiar el controlador-inversor completo y no sólo uno como si estuviesen por separado.

Al igual que en el inversor lo que necesitaremos es un controlador que se ajuste a las baterías, tensión de 24V de CC, y asegurarnos de que va a proteger correctamente a éstas. Se ha elegido el regulador BlueStar 12/24-20, que se ajusta a las baterías y es el que nos da una mayor velocidad de carga.

7.6 Inversor

Necesitamos un inversor que trabaje con una tensión de entrada de 24V de CC y nos dé una salida de 230V de CA, con la cual podremos utilizar electrodomésticos normales.

Se comenta esto ya que cabría la posibilidad de comprar electrodomésticos que funcionen con corriente continua y entonces no tendríamos la necesidad de instalar un inversor, pero esta solución no es muy habitual. Se ha elegido el inversor Axpert MKS 5KP, siguiendo la recomendación de que sea un 30% mayor que la potencia total del sistema.

7.7 Soportes

El sistema necesitará el mismo número de soportes que de paneles y deberán ajustarse al tamaño de éstos (1650*992*46 milímetros).

Si el tejado tuviese una inclinación de 30 grados los paneles podrían ir apoyados directamente sobre él, de lo contrario habría que ajustar los soportes para obtener así la inclinación óptima.

7.8 Cableado

El cableado tiene que tener una sección suficiente para la intensidad que va a pasar por él. Además, debe tener un aislamiento de alta calidad, para poder resistir en el exterior, ya sea por la irradiación o por el agua.

Se deberá elegir entre una serie de cables normalizados y siempre inclinándose hacia el lado de la prevención y la seguridad.

8. DIMENSIONAMIENTO

En este apartado se comentará como se ha ajustado el sistema a las necesidades del usuario y el uso del programa PVsyst.

Las distintas opciones que nos ofrece el programa PVsyst a la hora de diseñar una instalación son:

- Instalación fotovoltaica conectada a la red (Grid-Connected).
- Instalación fotovoltaica aislada (Stand alone).
- Instalación de bombeo solar (Pumping).
- Instalación fotovoltaica conectada a la red en DC (DC Grid).

Elegimos la opción de Stand alone y a partir de ahí seguiremos dándole especificaciones concretas de cómo queremos que sea el sistema.

- Primero, se nos pide introducir una localización, la cual se ha decidido que sea la localidad de Halmstad. Con esto el programa accede a su base de datos meteorológica con la que podrá simular.
- Segundo, en la opción de orientación hemos elegido Azimut 0° (sur).
- Tercero, al entrar en la opción de inclinación elegimos el periodo de mayo a septiembre. Con esto el programa nos devuelve una inclinación óptima de 30°.
- Cuarto, identificar todos los dispositivos y aparatos consumidores de energía
- Quinto, al entrar en la opción de sistema el programa nos aconseja un voltaje de las baterías y le tendremos que introducir un LOL (para instalaciones fotovoltaicas aisladas se estima en un valor de entre 5% y 1%) y el número de días de autonomía deseado, que en nuestro caso es 2 (a medida que aumentamos los días de autonomía disminuimos la potencia a instalar, pero aumentamos la capacidad de la batería necesaria y si reducimos los días de autonomía disminuimos la capacidad de la batería necesaria, pero aumentamos la potencia a instalar).

El sistema descrito es simulado en PVsyst para un periodo sintético creado a partir de la base meteorológica de datos del programa. Esto sirve para comprobar que todo funciona correctamente, además de para detectar dónde se están produciendo las pérdidas más importantes y cuáles son los puntos débiles del sistema a mejorar, si es posible.

Esta simulación además proporciona una evaluación económica, y calcula el precio resultante del Kwh. dependiendo de la vida del sistema.

Consumptions		Hourly distribution						
Daily consumptions								
Number	Appliance	Power		Daily use	Hourly distrib	Daily energy		
15	Lamps (LED or fluo)	12 W/lamp		3.0 h/day	OK	540 Wh		
1	TV	98 W/app.		1.0 h/day	OK	98 Wh		
1	Vitroceramic	1200 W/app.		1.0 h/day	OK	1200 Wh		
1	Fridge	0.40 kW/h/day		24.0 h/day	OK	400 Wh		
1	Cloth-washers	325.0 W aver.		1.0 h/day	OK	325 Wh		
1	Microwave	950 W/app.		1.0 h/day	OK	950 Wh		
1	Charger electric bicycle	500 W/app.		4.0 h/day	OK	2000 Wh		
Stand-by consumers		30 W tot		24 h/day		720 Wh		
Appliances: info						Total daily energy		6233 Wh/day
						Total monthly energy		187.0 kWh/month

Tabla 5: Distribución de consumos por carga

En la tabla 5 podemos ver como se han introducido cada una de las cargas que va a tener la vivienda, lo que consume cada una de ellas, la cantidad de cada una y el número de horas estimado que haremos uso de ellas. Podemos ver que la suma de los consumos es **6233 Wh/día** y la potencia total es **3,3kW**.

Además, en sintonía con la mentalidad verde de los países escandinavos para promover un estilo de vida ecológico y saludable, a la hora de vender nuestra instalación como producto, incorporará un par de bicicletas eléctricas con su respectivo punto de recarga.

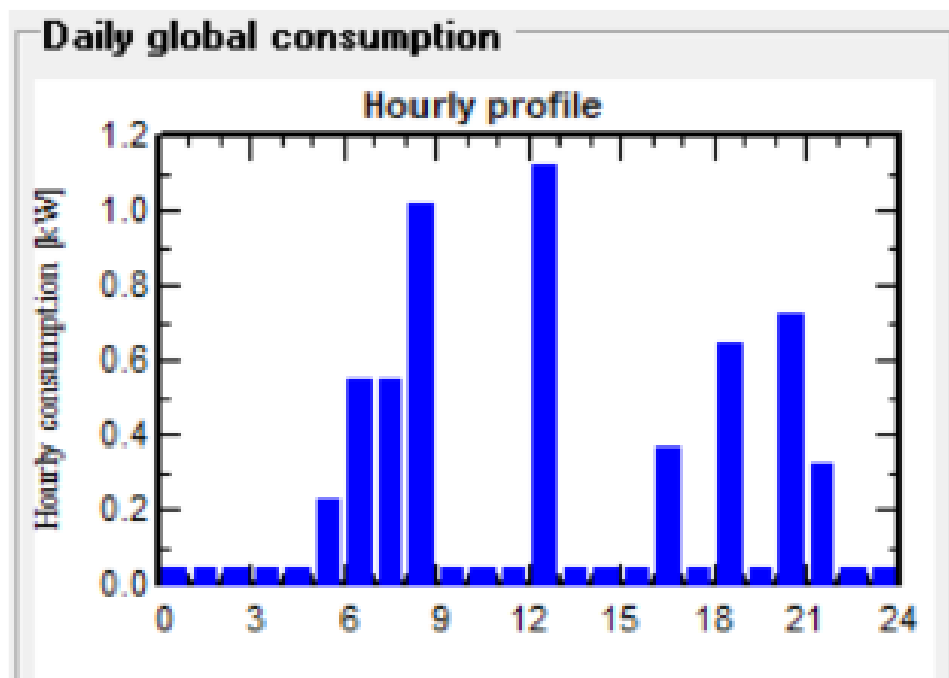


IMAGEN 26: Consumo diario

En la imagen 26 tenemos un gráfico en el que se representa el consumo a lo largo del día. Tenemos picos de demanda en el desayuno, comida y cena. El sistema debe ser capaz de abastecer hasta los picos de consumo más altos.

Esta variación del consumo a lo largo del día nos ayuda a intuir cómo funcionará el sistema de acumulación de energía, en las horas de luz las baterías se cargarán, mientras que durante las horas de uso y la noche (autodescarga) se irán descargando. Esta descarga es recomendable que no baje de cierto porcentaje de la capacidad de la batería para evitar acortar la vida útil de la misma.

	GlobHor kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	E Avail kWh	EUnused kWh	E Miss kWh	E User kWh	E Load kWh	SolFrac
May	162.2	170.0	263.1	56.95	0.00	193.2	193.2	1.000
June	165.6	164.9	252.3	56.36	0.00	187.0	187.0	1.000
July	162.2	160.4	241.0	43.77	0.00	193.2	193.2	1.000
August	119.8	130.3	195.2	25.59	26.57	166.6	193.2	0.862
September	82.1	103.6	160.0	0.01	33.12	153.9	187.0	0.823
Period	691.9	729.2	1111.6	182.68	59.70	894.0	953.6	0.937

Legends:	GlobHor	Horizontal global irradiation	E Miss	Missing energy
	GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings	E User	Energy supplied to the user
	E Avail	Available Solar Energy	E Load	Energy need of the user (Load)
	EUnused	Unused energy (full battery) loss	SolFrac	Solar fraction (EUsed / ELoad)

Tabla 6: Balances y resultados principales

En la tabla 6 tenemos los balances de energía de nuestra vivienda. Podemos ver la energía que recibe, la que se pierde y la que se suministra al usuario. Si observamos detenidamente la última columna vemos que, en mayo, junio y agosto la fracción solar es 1. Esto quiere decir que estamos perfectamente abastecidos estos meses.

Pero en los dos siguientes meses estamos un poco por debajo del 1. Esto puede ser un problema ya que no estaríamos cubriendo todas las necesidades de la casa. Sin embargo, para esto tenemos los días de autonomía para cubrir estas deficiencias.

Además, cabe destacar que las horas de uso diarias de las cargas están sobreestimadas. Y si por un casual no se llegase a la energía necesaria, simplemente deberíamos cargar las bicicletas en los momentos en los que tengamos más sol, ya que son los elementos que más consumen y no son tan imprescindibles.

Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 1800 Wp

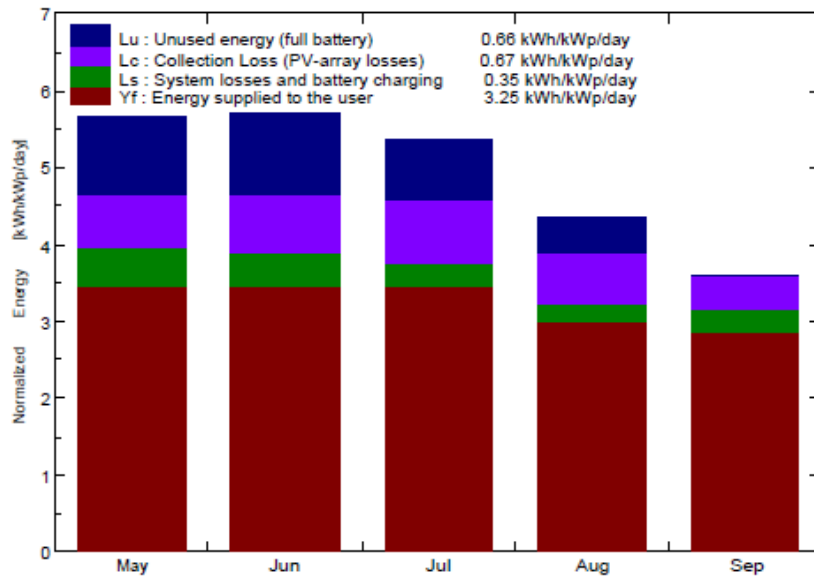


IMAGEN 27: Producción normalizada y factores de pérdida

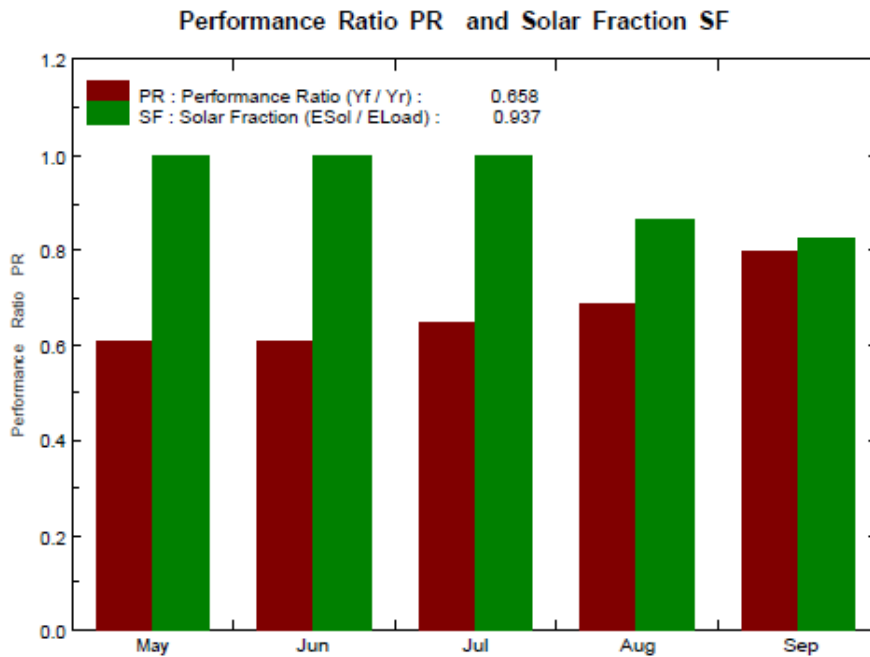


IMAGEN 28: Factores de rendimiento

En la imagen 27 podemos ver el rendimiento de la instalación respecto a la potencia instalada. De media estamos generando 3,25 kWh por cada kW instalado.

Y En la imagen 28 podemos ver el rendimiento respecto a la energía solar recibida. Con una fracción solar de media de 0,937 y un rendimiento global de 0,658.

Loss diagram over the whole year

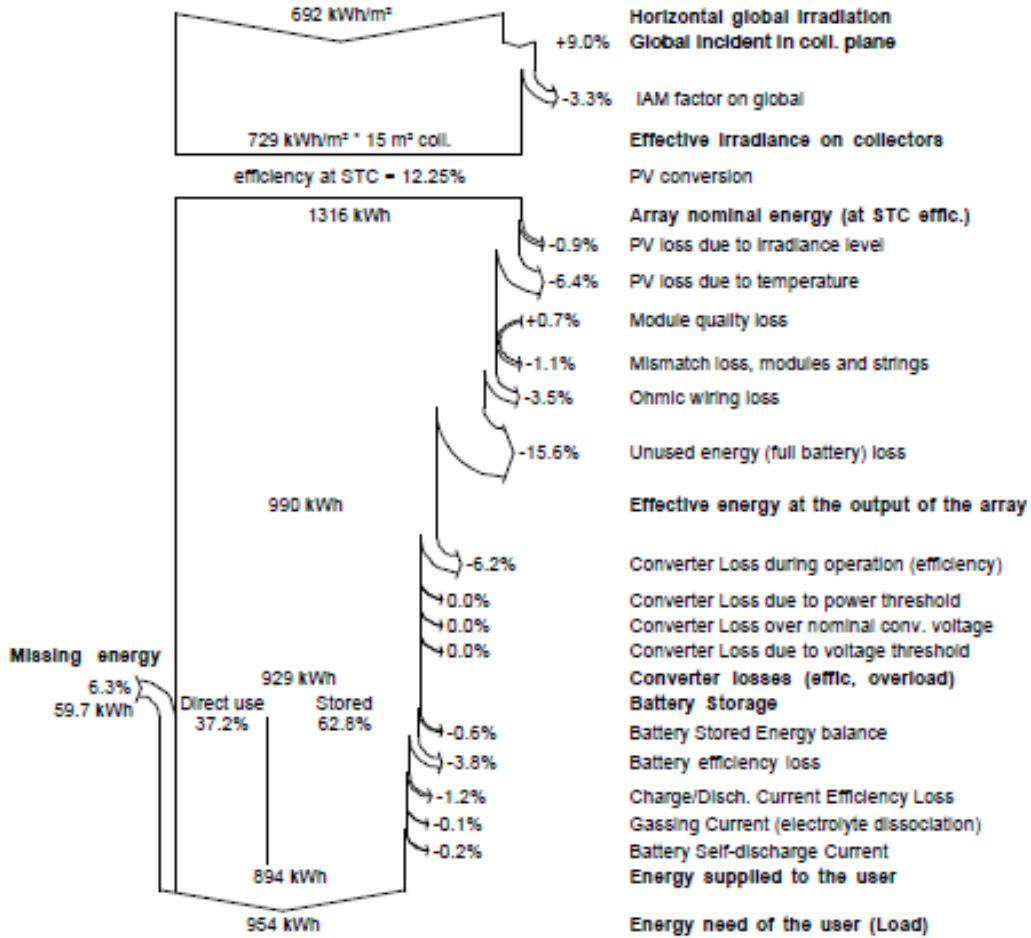


IMAGEN 29: Diagrama de pérdidas

En la imagen 29 vemos un esquema global de los flujos de energía. Vemos como entra la energía solar y se va transformando en energía útil y en pérdidas hasta llegar debajo del todo que es la que le llega al usuario.

Las pérdidas más considerables de un 15,6% son en las baterías por tenerlas totalmente cargadas, con lo que viéndolo por el lado de la prevención no es ningún problema.

A continuación, gracias a la base teórica se incluyen unos cálculos para saber si encajan los resultados obtenidos con PVsyst y así explicar cómo se han elegido los elementos.

Cálculo de la potencia total:

Se obtiene haciendo la suma de la potencia de todos los aparatos que van a estar conectados.

$$15 * 12W + 96W + 1200W + 325W + 950W + 50W + 30W = \mathbf{3,3kW \text{ potencia total}}$$

Se recomienda un inversor de al menos un 30% mayor de la potencia total.

$$1.3 * 3,3kW = \mathbf{4,3kW \text{ potencia mínima del inversor}}$$

Si multiplicamos las potencias por sus horas de uso nos dan una energía total diaria de:

$$15 * 12W * 3h + 500W * 4h + (96W + 1200W + 325W + 950W + 30W) * 1h + 400Wh + 30W * 24h = \mathbf{6233 \text{ Wh/día}}$$

Por otro lado, disponemos de 1600W de potencia de los paneles y 8 baterías de 12V/160Ah que admiten una carga de:

$$160Ah * 12V * 8 \text{ baterías} = \mathbf{15360Wh \text{ de capacidad total}}$$

$$15360Wh / 1600W = \mathbf{9,6 \text{ horas para una carga completa}}$$

Teniendo en cuenta que el día más corto de nuestro periodo será en septiembre y dura 12 horas no tendremos ningún problema.

Si el consumo diario nos ha dado 6233Wh:

$$6233Wh / 1600W = \mathbf{3,89 \text{ horas de sol para recuperar el consumo diario}}$$

$$15360Wh / 6233Wh = \mathbf{2,46 \text{ días de autonomía}}$$

Que considerando pérdidas y poniéndonos en lo peor nos darían 2 días de autonomía reales.

Esto sería en el caso de que no tuviésemos nada de luz (los días nublados se reduce a un 10-15% de lo que producen en un día soleado, pero no es 0), o si se averiase algún elemento del sistema.

9. FASES DEL PROYECTO

9.1 Descripción de tareas

Fase 1: Trabajos previos.

En primer lugar, el ingeniero se dedica a recopilar información sobre energía solar y todo lo que la rodea. Como segunda tarea debe aprender a manejar la herramienta PVsyst, programa avanzado de gran utilidad pero que necesita su tiempo para dominarlo. Además, en esta etapa empezará a distribuir y organizar el proyecto.

Fase 2: Iniciación.

En esta fase el ingeniero estudia la meteorología del lugar y como va a afectar al sistema. Gracias a ello podrá determinar la energía solar disponible. Después necesitará conocer las necesidades del usuario para hacer un predimensionado.

Fase 3: Dimensionamiento.

Fase en la que se introducen todas las variables en el programa, para que éste optimice el sistema. En esta fase se incluye la determinación de paneles, soportes, baterías, controlador, inversor y cableado en PVsyst.

Fase 4: Estudios.

Durante esta fase se estudian las simulaciones en PVsyst. Además, se hace la evaluación económica.

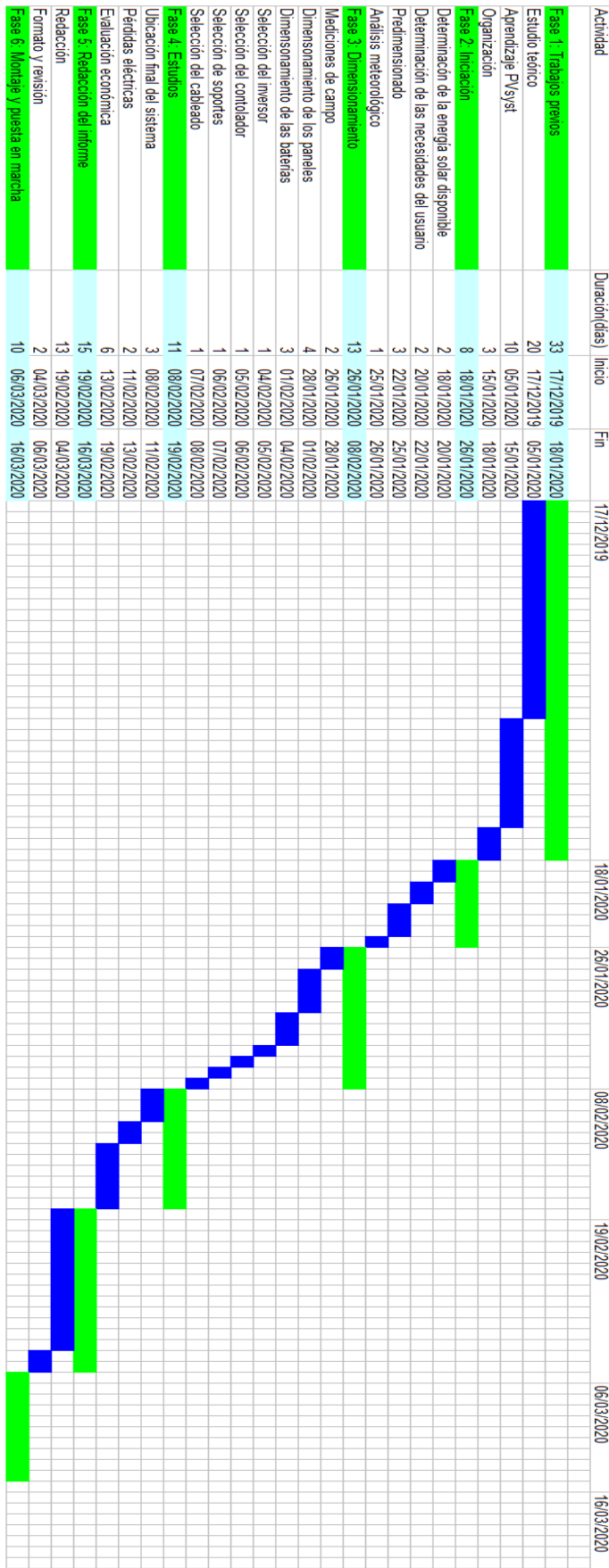
Fase 5: Redacción del informe.

La redacción completa del informe con su correspondiente revisión.

Fase 6: Montaje y puesta en marcha.

Estimación de lo que se tardaría en montar e inicializar la instalación. La supervisión del ingeniero será necesaria durante el transcurso de esta fase.

9.2 Diagrama de Gantt



10. PRESUPUESTO FINAL

Este sería el presupuesto de los materiales para la instalación, los costes de la puesta en marcha incluyen las bicicletas eléctricas.

	Unidades	Euros/Unidad	Total (Euros)	%
Módulos	9	160	1440	29
Soportes	9	56	500	10
Baterías	8	300	2400	48
Controlador	1	150	150	3
Inversor	1	200	200	4
Cableado			150	3
Puesta en marcha			150	3
Total			4990	100
Bicicletas eléctricas	2	500	1000	
Total + bicicletas			5990	

Tabla 7: Presupuesto

Se observa que las baterías suponen la mitad de la inversión (en el total sin las bicicletas), es por lo que se recalca constantemente que son una parte fundamental del sistema. Una correcta elección de éstas y después un correcto uso y cuidado hará que el sistema tenga una vida útil muy larga.

Las bicicletas eléctricas se venden en pack con la instalación haciendo la oferta aún más atractiva, por el buen precio y por apostar por un entorno "eco-friendly".

Lo bueno de este tipo de sistemas es que tendríamos una inversión inicial alta, aunque tampoco excesiva, y después ya no tendríamos que pagar más. Además, todos estos elementos tienen excelentes garantías y los costes de mantenimiento son mínimos.

11 ANÁLISIS DE RENTABILIDAD

En este apartado se realizará un análisis de la rentabilidad del proyecto teniendo en cuenta la inversión inicial de 4990€ descrita anteriormente. Para ello se va a considerar una vida útil del sistema de 30 años, algo que aseguran los fabricantes y que de lo contrario estaríamos respaldados por las garantías de los elementos.

Basándonos en los resultados obtenidos con PVsyst, para el tiempo de vida mencionado, el coste de la energía equivaldría a 0,19€/kWh, siendo la inversión específica de 2,77€/Wp instalado.

Ahora calcularemos lo que nos costaría si estuviésemos conectados a la red, utilizando las tarifas de la tabla 8 (columna de Suecia) de 228€/año (componente fija) y 0,063€/kWh (componente variable).

	Denmark € (DKK)	Finland, €		Norway € (NOK)	Sweden, € (SEK)	
Consumption type (kWh/year)	4.000	5.000	20.000	20.000	5.000	20.000
Average annual network tariff	178 € (1.327)	224 €	505 €	583 € (5.247)	314 € (2.924)	680 € (6.326)
Variable component of tariff on average, €/kWh	0,027 € (0,2)	0,045 €	0,025 €	0,020 € (0,18)	0,063 € (0,58)	0,034 € (0,32)
Fixed part of annual network tariff on average €	70 € (525)	99 €	188 €	181 € (1.627)	228 € (2.122)	348 € (3.242)
Fixed part on average %	40 %	44 %	37 %	31 %	73 %	51 %
Variable part on average %	60 %	56 %	63 %	69 %	27 %	49 %

Tabla 8: Tarifas eléctricas en los países nórdicos

<p>Potencia contratada (Término fijo): 228€/año</p> <p>Energía consumida: 0,063€/Kwh * 954kWh/año = 60,1€/año</p> <p>Total: 228€ + 60.1€ = 288.1€/año</p> <p>Coste de amortización anual de la instalación: 4990€ / 30años = 166,3€/año</p>

<p>Ahorro anual: 288.1€/año - 166,3€/año = 121,8€/año</p> <p>Tiempo de amortización: 4990€/288.1€/año = 17 años</p> <p>Beneficios: (30 años-17años) * 288.1€/año = 3745,3 €</p>
--

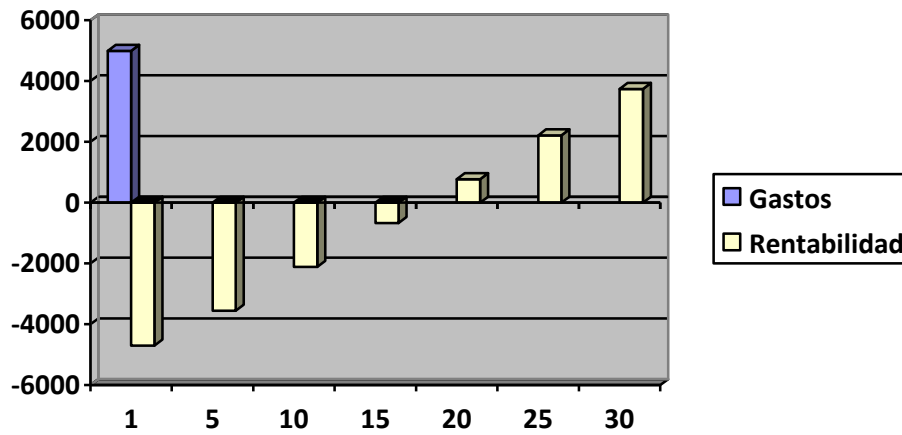


IMAGEN 30: Análisis de rentabilidad de la propuesta

Como reflexión aclararemos lo siguiente:

Con 5 meses al año de utilización reales de la instalación se amortiza en 17 años.

$$5\text{meses} * 17\text{años} / 12\text{meses/año} = 7 \text{ años equivalentes}$$

Está claro que se está haciendo uso de los mejores meses para la captación solar, pero en una casa de veraneo es importante también conocer el consumo de cuando no se hace uso de ella.

En los 7 meses del año en los que no se hace uso de la vivienda no tendremos costes fijos por el pago de la electricidad, cosa que si ocurriría si estuviésemos conectados a la red.

12. CONCLUSIONES

Durante el desarrollo de este proyecto se ha realizado un estudio y dimensionado del funcionamiento de una instalación fotovoltaica aislada de la red para un caso concreto bajo unas condiciones específicas.

El dimensionado ha obtenido unos resultados coherentes que han sido validados gracias al programa PVsyst.

La energía solar no puede competir con otras tecnologías que hay en el mercado sin una serie de ayudas o subvenciones. Pero este proyecto explota la idea de poder vivir de manera aislada sin depender de las grandes centrales suministradoras contaminantes y sobre todo vivir de una manera responsable con el medio ambiente.

Toda la generación en esta vivienda es 100% renovable y los desplazamientos también, por el hecho de sustituir los automóviles por bicicletas eléctricas.

En el dimensionado se emplea la teoría para conocer las capacidades necesarias de cada elemento de la instalación fotovoltaica y así poder seleccionar el modelo óptimo.

El sistema fotovoltaico resultante óptimo para una vivienda unifamiliar aislada con una demanda media estimada de 6233Wh/día está compuesto por los siguientes elementos principales:

- Nueve módulos fotovoltaicos del modelo TSM-200 D05 dispuestos en paralelo.
- Ocho baterías de plomo-ácido POWERSUN 160 SOLAR de 12V/160Ah (2 en serie * 4 en paralelo)
- Controlador BlueStar 12/24-20, que se ajusta a las baterías y es el que nos da una mayor velocidad de carga.
- Un inversor Axpert MKS 5KP de 5000W de potencia y entrada de 24V.

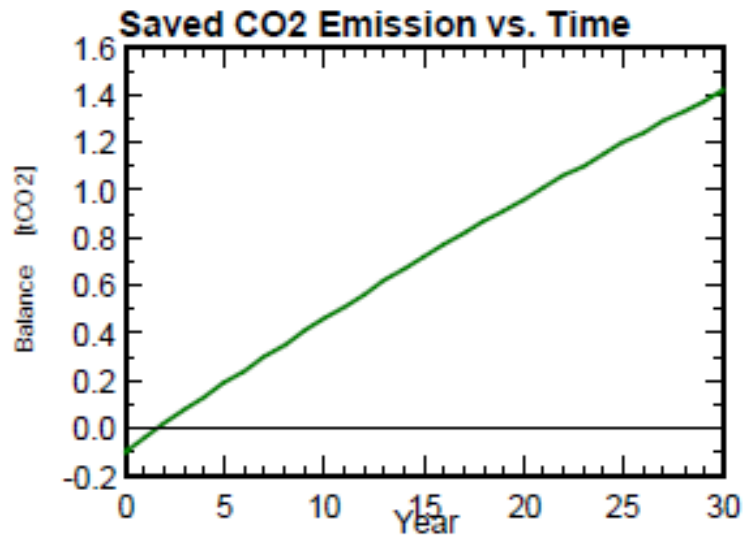


IMAGEN 31: Emisiones de CO2 evitadas

Para acabar, en la simulación también hemos obtenido un balance emisiones de CO2. En un periodo de 30 años se evitaría la emisión de 1,4 toneladas de CO2.

La parte negativa de la imagen 31 representa las emisiones generadas en la creación de la instalación: fabricación de los elementos del sistema, transporte...

13 BIBLIOGRAFÍA

- (1) Apuntes de las asignaturas del Máster de Ingeniería Solar impartido en la Universidad de Dalarna (Suecia)
- (2) Apuntes de la asignatura "Generación Solar" del Máster Universitario en Integración de las Energías Renovables en el Sistema Eléctrico impartido en la EIB
- (3) Mapas: www.googlemaps.com
- (4) Sistema de Información Geográfica Fotovoltaica de la Comisión Europea (PVGIS): re.jrc.ec.europa.eu/pvgis
- (5) Meteorología: www.meteonorm.com y <https://es.weatherspark.com/>
- (6) Red Eléctrica Española (REE): www.ree.es
- (7) The International Renewable Energy Agency (IRENA): www.irena.org
- (8) Renewable energy policy database(Sweden): <http://www.res-legal.eu/search-by-country/sweden/>
- (9) Tariffs in Nordic countries: <http://www.nordicenergyregulators.org/>

ANEXO 1: NORMATIVA APLICABLE

Existen dos documentos de carácter internacional que impulsan el autoconsumo y la reducción de emisiones de dióxido de carbono:

- 2009/28/CE relativa al fomento del uso de energía proceden de fuentes renovables: fija los objetivos 20-20-20, que obliga a los miembros de la Unión Europea (UE) a actuar en contra del cambio climático. El objetivo tiene por límite el año 2020 y consiste en reducir en un 20% las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), ahorrar el 20% del consumo de energía eléctrica y conseguir que el 20% de la producida sea de fuentes renovables.
- Acuerdo de París, COP21, 12/12/2015: como sustituto del Protocolo de Kioto. El objetivo marcado fue mantener la temperatura media del planeta por debajo de los 2°C, respecto a los niveles preindustriales. Para ello, se requiere aumentar la producción de energía eléctrica de fuentes renovables.

Reglas generales en Suecia:

- La instalación fotovoltaica debe ser realizada por un instalador certificado y necesita de acuerdo con las regulaciones nacionales para electricidad instalaciones y sistemas fotovoltaicos (p. ej., Elsäkerhetsverkets ELSÄK-FS 2004: 1, Svensk Standard SS 4364000, SS4370140, SS-EN61727, SS 4370146, ...)
- Regulaciones de seguridad contra incendios y accesibilidad.
- Puesta a tierra de todos los marcos, rieles, carcasas...
- Protección contra sobretensiones y, si es necesario, protección contra rayos (SS-EN61173)
- Posibilidad de desconectar el sistema fotovoltaico en el lado de CA y CC
- A veces se requiere un interruptor de CC externo para los bomberos
- Módulos: deben cumplir los requisitos de IEC 61214 o IEC 61646, seguridad vidrio para fachada y techo de vidrio instalaciones
- Inversor: debe tener certificación CE y cumplir con la EMC (compatibilidad electromagnética)
- Cableado de CC: doblemente aislado, UV y cable resistente a la intemperie y conectores rápidos certificados
- Interruptores y fusibles: si están en el lado de CC debe estar clasificado para DC, AC. El equipo no se puede utilizar para DC
- Sistema de montaje: debe ser certificado para aplicaciones fotovoltaicas

Mecanismos de regulación tributaria:

El estado de Suecia aplica un impuesto al consumo de electricidad; las personas sujetas a este impuesto son productores y proveedores de electricidad comercial (Capítulos 11 §§ 1, 5 Ley No. 1994: 1776). La electricidad producida en generadores de electricidad con una capacidad inferior a 50 kW no está sujeta a impuestos. En el caso de la electricidad generada por el viento, las olas y la energía solar, este margen de capacidad es mayor. (Capítulo 11 § 2 Ley No. 1994: 1776).

La electricidad producida en generadores de electricidad con una capacidad inferior a 50 kW no está sujeta a impuestos. En el caso de la electricidad generada por el viento, las olas y la energía solar, este margen de capacidad es mayor (Capítulo 11 § 2 Ley N ° 1994: 1776).

Energía eólica:

La electricidad producida a partir de la energía eólica en generadores de electricidad con una capacidad inferior a 125 kW no está sujeta a impuestos (Capítulo 11 § 2 Ley N ° 1994: 1776).

Energía solar:

La electricidad producida a partir de energía solar en generadores de electricidad con una capacidad inferior a 255 kW no está sujeta a impuestos (Capítulo 11 § 2 Ley No. 1994: 1776).

Energía geotérmica:

La electricidad producida a partir de energía geotérmica en generadores de electricidad con una capacidad inferior a 50 kW no está sujeta a impuestos (Capítulo 11 § 2 Ley N ° 1994: 1776)

Biogás:

La electricidad producida a partir de biogás en generadores de electricidad con una capacidad inferior a 50 kW no está sujeta a impuestos (Capítulo 11 § 2 Ley N ° 1994: 1776)

Hidroelectricidad:

La electricidad producida a partir de la energía de las olas en generadores de electricidad con una capacidad inferior a 50 kW no está sujeta a impuestos (Capítulo 11 § 2 de la Ley N° 1994: 1776).

Biomasa:

La electricidad producida a partir de biomasa en generadores de electricidad con una capacidad inferior a 50 kW no está sujeta a impuestos (Capítulo 11 § 2 Ley No. 1994: 1776)

El impuesto a la energía es de 34.7 öre por kilovatio hora (€ ct 3.4 por kWh) (Capítulo 11 § 3 par. 1 Ley No. 1994: 1776). Para el año calendario 2020, las tasas

impositivas se multiplican por un factor basado en la diferencia entre el precio de la electricidad aplicable de junio del año anterior y el precio a junio de 2018 (Capítulo 11 § 3, párrafo 2, Ley N ° 1994/1776) . A fines de noviembre, el Gobierno determinará el monto recalculado del impuesto que se recaudará para el próximo año (Capítulo 11 § 3, párrafo 3, Ley N° 1994/1776).

La electricidad producida en generadores de electricidad con una capacidad inferior a 50 kW no está sujeta a impuestos. En el caso de la electricidad generada por el viento, las olas y la energía solar, este margen de capacidad es mayor (Capítulo 11 § 2 Ley N ° 1994: 1776).

Las personas sujetas a este impuesto son productores y proveedores de electricidad comercial (Capítulo 11 §§ 5 Ley No. 1994: 1776).

A medida que el estado recauda el impuesto a la energía, asume los costos derivados de los privilegios fiscales (Capítulo 1 § 1 Ley No. 1994: 1776).

Subvenciones para la instalación de sistemas fotovoltaicos en Suecia:

El Reglamento No. 2009: 689 autoriza subvenciones para la instalación de instalaciones fotovoltaicas en red. Los trabajos de instalación deben haber comenzado el 1. de julio de 2009 o más tarde y deben completarse antes del 31 de diciembre de 2020 (§ 2 par. 3 Reglamento No. 2009: 689).

Las subvenciones otorgadas bajo este esquema no pueden recibirse además de otras subvenciones públicas, incluidas las de la Unión Europea o la reducción de impuestos por costos laborales (§ 2, par. 1, Reglamento No. 2009: 689).

Las subvenciones están disponibles solo para la instalación de instalaciones fotovoltaicas (§ 3 par. 2 Reglamento No. 2009: 689).

Son elegibles las instalaciones fotovoltaicas conectadas a una red interna (en la propiedad dada) o externa (§ 3 par. 2 Reglamento No. 2009: 689).

Las instalaciones que generan electricidad y calor a partir de energía solar (instalaciones híbridas) son elegibles solo si la electricidad generada representa al menos el 20% de la producción anual total de una instalación. Solo se financiará una instalación fotovoltaica por edificio (§ 4, par. 2, Reglamento No. 2009: 689).

Las subvenciones ascienden al 30% de los costos elegibles para ambas compañías, particulares y municipios (§ 5 par. 1 Reglamento No. 2009: 689). Los costos elegibles incluyen costos laborales, costos de materiales y costos de planificación (§ 6 Reglamento No. 2009: 689). Los costos de la conexión a una red eléctrica externa están excluidos de los costos elegibles (§ 6 Reglamento No. 2009: 689). La subvención máxima por instalación es de 1,2 millones SEK (§ 5, par. 2, Reglamento No. 2009: 689). Los costos totales elegibles no deben exceder los 37.000 SEK (más IVA) por kW de capacidad máxima instalada. Los costos elegibles para las

instalaciones híbridas no deben exceder los 90 000 SEK por kW de capacidad máxima instalada. (§ 5 par. 3 Reglamento No. 2009: 689). Si el sistema fotovoltaico fue financiado por los pagos del seguro, la ayuda se reducirá en una cantidad correspondiente a la remuneración (§ 5 par. 4 Reglamento No. 2009: 689). El presupuesto para el esquema para 2017 fue de 440 millones de coronas suecas (43 millones de euros) y para 1.085 millones de coronas suecas de 2018 (106 millones de euros) anualmente.

Son elegibles los particulares, los municipios y las empresas que planean instalar una instalación fotovoltaica (§ 2 Reglamento No. 2009: 689).

La parte obligada es la Junta Nacional de Vivienda, Construcción y Planificación (§ 12 Reglamento No. 2009: 689).

Solicitud de decisión preliminar. El solicitante deberá presentar su solicitud al gobierno provincial a cargo. Las empresas deberán presentar sus solicitudes antes del comienzo del proyecto. Otros solicitantes deben presentar sus solicitudes dentro de los 6 meses posteriores al comienzo del proyecto (§ 10 Reglamento No. 2009: 689).

Decisión preliminar El gobierno provincial a cargo decide si y en qué medida se otorga una subvención (§ 8 par.1 Reglamento No. 2009: 689). El gobierno provincial también establece plazos para la finalización de los proyectos (§ 11 Reglamento No. 2009: 689).

Solicitud de pago de la subvención. Los solicitantes deben presentar una solicitud de pago por separado a su gobierno provincial. Deben hacerlo dentro de los seis meses posteriores a la fecha de finalización del proyecto establecida por el gobierno provincial (§ 12 Reglamento No. 2009: 689).

Decisión definitiva. Después de evaluar una solicitud, el gobierno provincial a cargo decide si se otorgará una subvención y en qué medida (§ 13 Reglamento No. 2009: 689).

Pago. La subvención decidida será pagada al solicitante por la Junta Nacional de Vivienda, Construcción y Planificación (§ 12 par. 2 Reglamento No. 2009: 689).

El gobierno provincial a cargo decide sobre la concesión de subvenciones (§ 8 par.1 Reglamento No. 2009: 689). La Junta Nacional de Vivienda, Construcción y Planificación es responsable del pago de las subvenciones (§ 12 Reglamento No. 2009: 689).

La Agencia de Energía monitorea el esquema y maneja los reclamos (§§ 13, 16 y 18 Reglamento No. 2009: 689).

Los costos derivados del esquema de subvención corren a cargo del estado (§ 1 Reglamento No. 2009: 689).

ANEXO 2: RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN PVSYS

PVSYS V6.67		04/10/18		Page 1/6	
Stand Alone System: Simulation parameters					
Project : summer cottage					
Geographical Site		Halmstad		Country Sweden	
Situation		Latitude 56.68° N		Longitude 12.72° E	
Time defined as		Legal Time Time zone UT+1		Altitude 13 m	
		Albedo 0.20			
Meteo data:		Halmstad		Meteonorm 7.1 (1986-2005), Sat=100% - Synthetic	
Simulation variant : Summer cottage 11					
		Simulation date		04/10/18 13h40	
Simulation parameters					
Collector Plane Orientation		Tilt 30°		Azimuth 0°	
Models used		Transposition Perez		Diffuse Perez, Meteonorm	
PV Array Characteristics					
PV module		Si-mono Model TSM-200 D05			
Original PVSyst database		Manufacturer Trina Solar			
Number of PV modules		In series 1 modules		In parallel 9 strings	
Total number of PV modules		Nb. modules 9		Unit Nom. Power 200 Wp	
Array global power		Nominal (STC) 1800 Wp		At operating cond. 1610 Wp (50°C)	
Array operating characteristics (50°C)		U mpp 25 V		I mpp 64 A	
Total area		Module area 14.7 m ²			
PV Array loss factors					
Thermal Loss factor		Uc (const) 20.0 W/m ² K		Uv (wind) 0.0 W/m ² K / m/s	
Wiring Ohmic Loss		Global array res. 6.6 mOhm		Loss Fraction 1.5 % at STC	
Serie Diode Loss		Voltage Drop 0.7 V		Loss Fraction 2.5 % at STC	
Module Quality Loss				Loss Fraction -0.8 %	
Module Mismatch Losses				Loss Fraction 1.0 % at MPP	
Strings Mismatch loss				Loss Fraction 0.10 %	
Incidence effect, ASHRAE parametrization		IAM = 1 - bo (1/cos i - 1)		bo Param. 0.05	
System Parameter					
		System type		Stand Alone System	
Battery		Model		Solar 12V / 160 Ah	
		Manufacturer		Generic	
Battery Pack Characteristics		Voltage 24 V		Nominal Capacity 640 Ah	
		Nb. of units		2 in series x 4 in parallel	
		Temperature		Fixed (20°C)	
Controller					
		Model		Universal controller with MPPT converter	
Converter		Technology		MPPT converter Temp coeff. -5.0 mV/°C/elem.	
		Maxi and EURO efficiencies		97.0/95.0 %	
Battery Management control		Threshold commands as		SOC calculation	
		Charging		SOC = 0.90 / 0.75 i.e. approx. 26.7 / 25.1 V	
		Discharging		SOC = 0.20 / 0.45 i.e. approx. 23.6 / 24.4 V	
User's needs :					
Daily household consumers average		Monthly Specifications		2.6 kWh/Day	

PVSyst Evaluation mode

Stand Alone System: Detailed User's needs

Project : summer cottage
Simulation variant : Summer cottage 11

Main system parameters	System type	Stand alone	
PV Field Orientation	tilt	30°	azimuth 0°
PV modules	Model	TSM-200 D05	Pnom 200 Wp
PV Array	Nb. of modules	9	Pnom total 1800 Wp
Battery	Model	Solar 12V / 160 Ah	Technology sealed, Gel
battery Pack	Nb. of units	8	Voltage / Capacity 24 V / 640 Ah
User's needs	Daily household consumers	Monthly Specifications	global 954 kWh/year

Daily household consumers, Monthly Specifications, average = 2.6 kWh/day

May and June

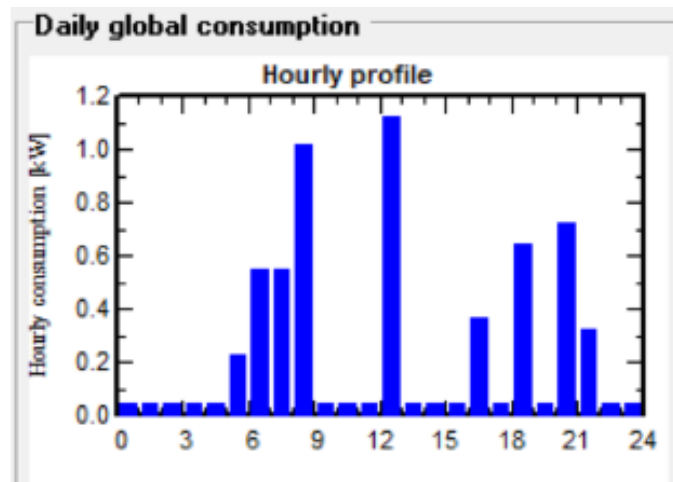
	Number	Power	Use	Energy	Number	Power	Use	Energy
Lamps (LED or fuo)	15	12 W/lamp	3 h/day	540 Wh/day	15	12 W/lamp	540 h/day	540 Wh/day
TV	1	98 W/lapp	1 h/day	98 Wh/day	1	98 W/lapp	98 h/day	98 Wh/day
Vitroceraimic	1	1200 W/lapp	1 h/day	1200 Wh/day	1	1200 W/lapp	1200 h/day	1200 Wh/day
Fridge	1		24 Wh/day	400 Wh/day	1		400 Wh/day	400 Wh/day
Cloth-washers	1		1 Wh/day	325 Wh/day	1		325 Wh/day	325 Wh/day
Microwave	1	950 W tot	1 h/day	950 Wh/day	1	950 W tot	950 h/day	950 Wh/day
Charger electric bicycle	1	500 W tot	4 h/day	2000 Wh/day	1	500 W tot	2000 h/day	2000 Wh/day
Stand-by consumers			24 h/day	720 Wh/day			720 h/day	720 Wh/day
Total daily energy				6733 Wh/day				

July and August

	Number	Power	Use	Energy	Number	Power	Use	Energy
Lamps (LED or fuo)	15	12 W/lamp	3 h/day	540 Wh/day	15	12 W/lamp	540 h/day	540 Wh/day
TV	1	98 W/lapp	1 h/day	98 Wh/day	1	98 W/lapp	98 h/day	98 Wh/day
Vitroceraimic	1	1200 W/lapp	1 h/day	1200 Wh/day	1	1200 W/lapp	1200 h/day	1200 Wh/day
Fridge	1		24 Wh/day	400 Wh/day	1		400 Wh/day	400 Wh/day
Cloth-washers	1		1 Wh/day	325 Wh/day	1		325 Wh/day	325 Wh/day
Microwave	1	950 W tot	1 h/day	950 Wh/day	1	950 W tot	950 h/day	950 Wh/day
Charger electric bicycle	1	500 W tot	4 h/day	2000 Wh/day	1	500 W tot	2000 h/day	2000 Wh/day
Stand-by consumers			24 h/day	720 Wh/day			720 h/day	720 Wh/day
Total daily energy				6233 Wh/day				

September and October

	Number	Power	Use	Energy	Number	Power	Use	Energy
Lamps (LED or fuo)	15	12 W/lamp	3 h/day	540 Wh/day				
TV	1	98 W/lapp	1 h/day	98 Wh/day				
Vitroceraimic	1	1200 W/lapp	1 h/day	1200 Wh/day				
Fridge	1		24 Wh/day	400 Wh/day				
Cloth-washers	1		1 Wh/day	325 Wh/day				
Microwave	1	950 W tot	1 h/day	950 Wh/day				
Charger electric bicycle	1	500 W tot	4 h/day	2000 Wh/day				
Stand-by consumers			24 h/day	720 Wh/day				
Total daily energy				6233 Wh/day	0 Wh/day			



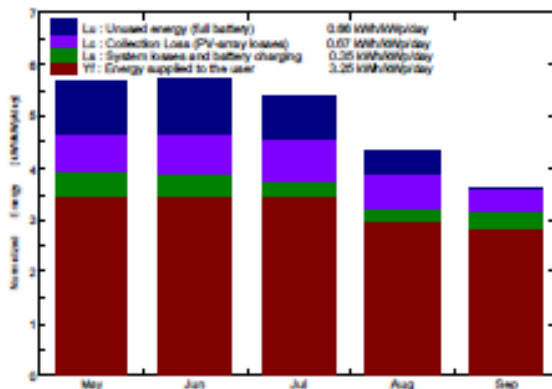
Stand Alone System: Main results

Project : summer cottage
Simulation variant : Summer cottage 11

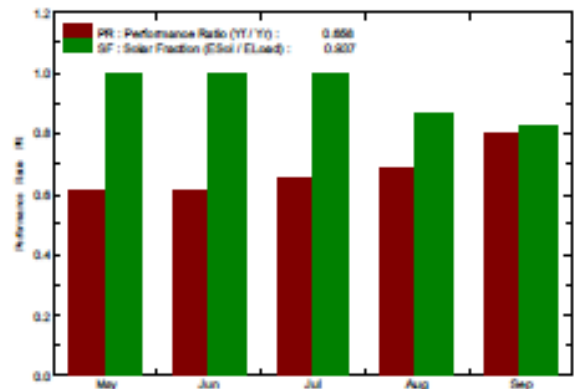
Main system parameters	System type	Stand alone		
PV Field Orientation	tilt	30°	azimuth	0°
PV modules	Model	TSM-200 D05	Pnom	200 Wp
PV Array	Nb. of modules	9	Pnom total	1800 Wp
Battery	Model	Solar 12V / 160 Ah	Technology	sealed, Gel
battery Pack	Nb. of units	8	Voltage / Capacity	24 V / 640 Ah
User's needs	Daily household consumers	Monthly Specifications	global	954 kWh/year

Main simulation results	System Production	Available Energy	1112 kWh	Specific prod.	618 kWh/kWp
		Used Energy	894 kWh	Excess (unused)	183 kWh
		Performance Ratio PR	65.82 %	Solar Fraction SF	93.74 %
	Loss of Load	Time Fraction	5.6 %	Missing Energy	60 kWh
	Investment	Global incl. taxes	4990 €	Specific	2.77 €/Wp
	Yearly cost	Annuities (Loan 5.0%, 20 years)	400 €/yr	Running Costs	0 €/yr
	Energy cost		0.19 €/kWh		

Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 1800 Wp



Performance Ratio PR and Solar Fraction SF



Summer cottage 11
Balances and main results

	GlobHor kWh/m²	GlobEff kWh/m²	E Avail kWh	E Unused kWh	E Miss kWh	E User kWh	E Load kWh	SolFrac
May	152.2	170.0	253.1	56.95	0.00	193.2	193.2	1.000
June	195.6	164.9	252.3	56.36	0.00	197.0	197.0	1.000
July	152.2	180.4	241.0	43.77	0.00	193.2	193.2	1.000
August	119.8	130.3	195.2	25.59	26.57	166.6	193.2	0.862
September	82.1	103.6	190.0	0.01	33.12	153.9	197.0	0.823
Period	691.9	729.2	1111.6	152.68	59.70	894.0	953.6	0.937

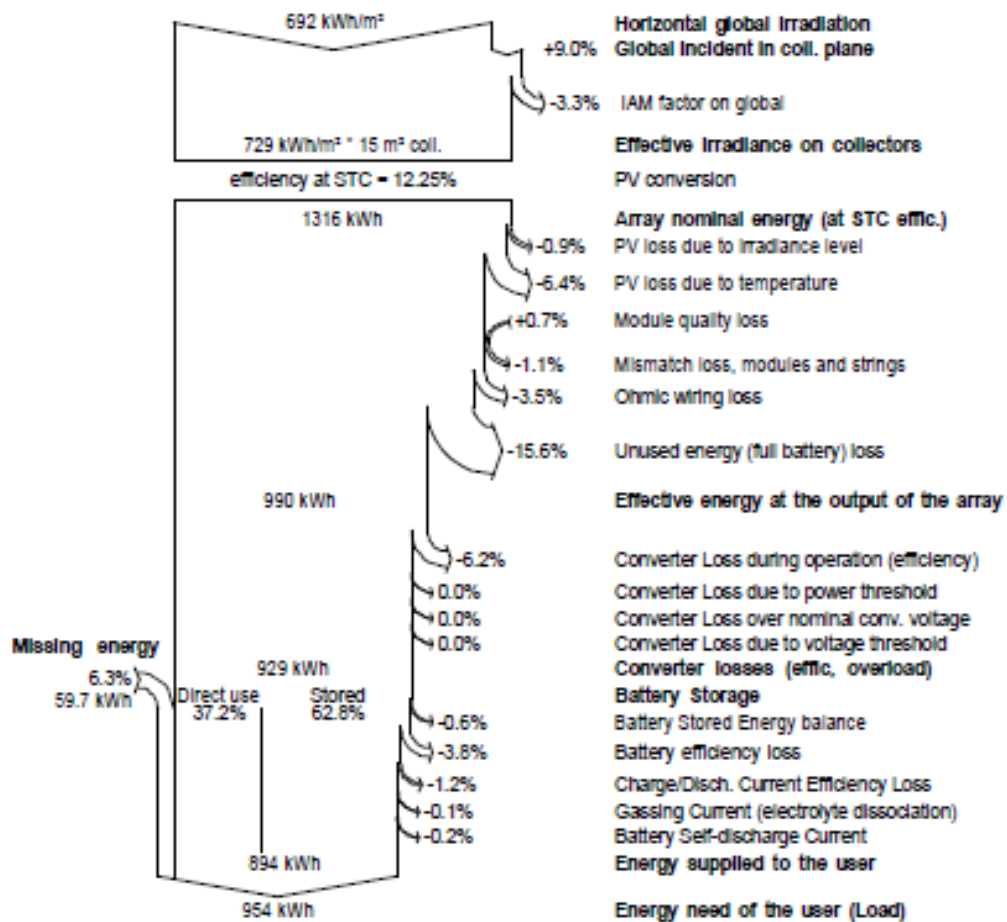
Legends: GlobHor Horizontal global irradiation
 GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings
 E Avail Available Solar Energy
 E Unused Unused energy (full battery) loss
 E Miss Missing energy
 E User Energy supplied to the user
 E Load Energy need of the user (Load)
 SolFrac Solar fraction (EUsed / ELoad)

Stand Alone System: Loss diagram

Project : summer cottage
Simulation variant : Summer cottage 11

Main system parameters	System type	Stand alone		
PV Field Orientation	tilt	30°	azimuth	0°
PV modules	Model	TSM-200 D05	Pnom	200 Wp
PV Array	Nb. of modules	9	Pnom total	1800 Wp
Battery	Model	Solar 12V / 160 Ah	Technology	sealed, Gel
battery Pack	Nb. of units	8	Voltage / Capacity	24 V / 640 Ah
User's needs	Daily household consumers	Monthly Specifications	global	954 kWh/year

Loss diagram over the whole year



PVsynt Evaluation mode

PVSYST V6.67		04/10/18	Page 5/6
Stand Alone System: Economic evaluation			
Project :		summer cottage	
Simulation variant :		Summer cottage 11	
Main system parameters	System type	Stand alone	
PV Field Orientation	tilt	30°	azimuth 0°
PV modules	Model	TSM-200 D05	Pnom 200 Wp
PV Array	Nb. of modules	9	Pnom total 1800 Wp
Battery	Model	Solar 12V / 160 Ah	Technology sealed, Gel
battery Pack	Nb. of units	8	Voltage / Capacity 24 V / 640 Ah
User's needs	Daily household consumers	Monthly Specifications	global 954 kWh/year
Investment			
PV modules (Pnom = 200 Wp)	9 units	160 € / unit	1440 €
Supports / Integration		56 € / module	500 €
Batteries (12 V / 160 Ah)	8 units	300 € / unit	2400 €
controller			150 €
Settings, wiring, ...			500 €
Substitution underworth			0 €
Gross investment (without taxes)			4990 €
Financing			
Gross investment (without taxes)			4990 €
Taxes on investment (VAT)	Rate 0.0 %		0 €
Gross investment (including VAT)			4990 €
Subsidies			0 €
Net investment (all taxes included)			4990 €
Annuities	(Loan 5.0 % over 20 years)		400 €/year
Maintenance			0 €/year
insurance, annual taxes			0 €/year
Provision for battery replacement	(lifetime 8.3 years)		0 €/year
Total yearly cost			400 €/year
Energy cost			
Used solar energy			804 kWh / year
Excess energy (battery full)			183 kWh / year
Used energy cost			0.45 € / kWh

PVsys Evaluation mode

Stand Alone System: CO2 Balance

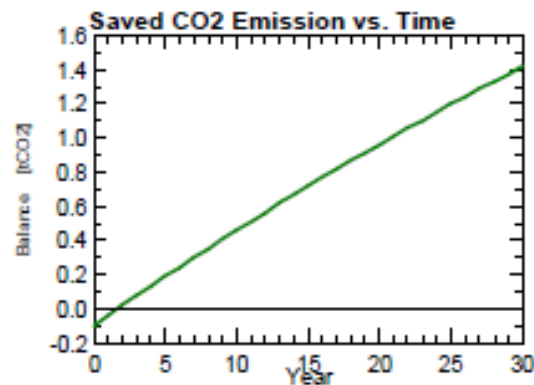
Project : summer cottage
Simulation variant : Summer cottage 11

Main system parameters	System type	Stand alone	
PV Field Orientation	tilt	30°	azimuth 0°
PV modules	Model	TSM-200 D05	Pnom 200 Wp
PV Array	Nb. of modules	9	Pnom total 1800 Wp
Battery	Model	Solar 12V / 160 Ah	Technology sealed, Gel
battery Pack	Nb. of units	8	Voltage / Capacity 24 V / 640 Ah
User's needs	Daily household consumers	Monthly Specifications	global 954 kWh/year

Produced Emissions	Total:	0.10 tCO2	
	Source:	Detailed calculation from table below	
Replaced Emissions	Total:	1.8 tCO2	
	System production:	2651.87 kWh/yr	Lifetime: 30 years
			Annual Degradation: 1.0 %
	Grid Lifecycle Emissions:	22 gCO2/kWh	
	Source:	IEA List	Country: Sweden
CO2 Emission Balance	Total:	1.4 tCO2	

System Lifecycle Emissions Details:

Item	Modules	Supports
LCE	47.7 kgCO2/kWp	0.15 kgCO2/kg
Quantity	1.80 kWp	90.0 kg
Subtotal [kgCO2]	85.9	13.2



ANEXO 3 HOJAS DE ESPECIFICACIONES

A- Módulos fotovoltaicos

Monocrystalline Solar Modules - TSM-D

TRINA TSM-D05 , 200W to 240W

Photovoltaic Solar Module

STRENGTHS

- Tolerance $\pm 3\%$
- High Transmission: Low Iron Tempered Glass
- 3 Bypass Diode Integrated
- Plug & Play Connectors

WARRANTY

- Product: 2 years
- Production: 80%—10 years
- 80%—25 years

CERTIFICATIONS

Suitable for On Grid and Off Grid Systems

TYPICAL ELECTRICAL CHARACTERISTICS						
Typical Type	D05	TSM-200	TSM-210	TSM-220	TSM-230	TSM-240
Max-Power	Pm(W)	200	210	220	230	240
Power Tolerance	(%)	± 3	± 3	± 3	± 3	± 3
Max-Power Voltage	Vm(V)	28.7	29.2	29.8	30.0	30.6
Max-Power Current	Im(A)	6.97	7.19	7.39	7.66	7.84
Open-Circuit Voltage	Voc(V)	36.0	36.4	36.8	37.0	37.5
Short-Circuit Current	Isc(A)	7.75	7.86	8.00	8.18	8.38
Max-System Voltage	(VDC)	1000				
Cell Efficiency	$\eta_c(\%)$	14.1	14.8	15.5	16.2	16.9
Module Efficiency	$\eta_m(\%)$	12.2	12.8	13.4	14.1	14.7
Type, Number and Array of Cells	Mono-crystalline Silicon, 60 In series (6X10)					
Cell Size	(mm)	156 X 156				
Cable Type, Diameter and Length	4mm ² , TÜV Certified, 1000mm					
Type of Connector	Compatible with Type III and Type IV					
No. of bypass Diodes	6 pcs (2 in parallel)					
Max. Series Fuse	(A)	11				
Pm Temperature Coefficient	(%/°C)	- 0.45				
Isc Temperature Coefficient	(%/°C)	0.05				
Voc Temperature Coefficient	(%/°C)	- 0.35				
Nom. Operating Temp. of Cells	(°C)	47 \pm 2				

MECHANICAL CHARACTERISTICS			
Dimension	AXBXC	(mm)	1650X992X46
Weight		(Kg)	19.5
No. of Draining Holes In Frame			8
Front Glass, Type and Thickness			High Transmiss., Low Iron, Tempered Glass 3.2mm.
Packing Configuration			2 in 1 or 20 in 1
Quantity/Pallet			36 pcs/pallet or 20pcs/pallet
Loading Capacity			504 pcs/40ft or 520pcs/40ft(H)

ABSOLUTE RATINGS		
Dielectric Insulation Voltage	(VDC)	3000 max.
Operational Temperature	(°C)	-40~+85
Package Temperature	(°C)	-40~+85

*STC Conditions: 1000W/m², 1.6 AM and 25°C Cell temperature)

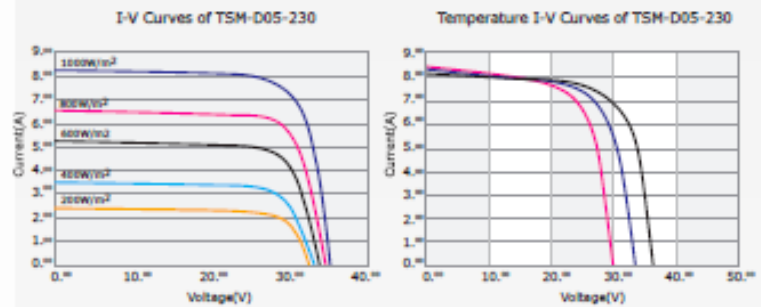
Monocrystalline Solar Modules - TSM-D



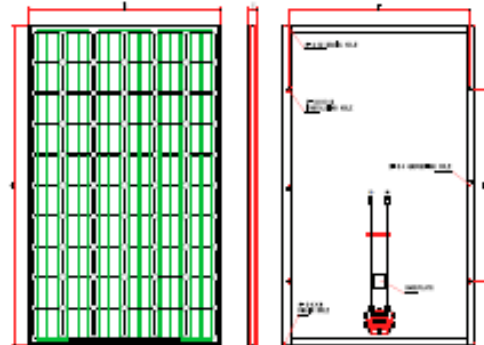
TRINA TSM- D05, 200W to 240W
Photovoltaic Solar Module



I-V Curves



Dimensions



Dimensions (mm)	A*B*C	1650*992*46
Installation Hole (mm)	E*F	800*937
Cable Length (mm)	G	1000
Dimension of the Hole (mm)		Ø9x12
Test Conditions		STC:AM=1.5, 1000W/m ² , Cells Temperature 25°C

*The company is not responsible for potential typing errors.

B- Baterías



BATERIAS POWERSUN

POWERSUN son baterías de Plomo-ácido abiertas para almacenar energía eléctrica en sistemas fotovoltaicos.

INFORMACIÓN DE DISEÑO

- Placas y separadores especiales.
- Larga vida en ciclos de carga y descarga.
- Reducido consumo de agua.
- Menor sensibilidad a las sobrecargas imprevistas.
- Reducida auto-descarga.
- Mayor tensión de descarga mediante conexiones interiores más cortas.
- Material plástico con alta resistencia a los impactos fortuitos.
- Baterías estacionarias especialmente diseñadas para instalaciones fotovoltaicas.

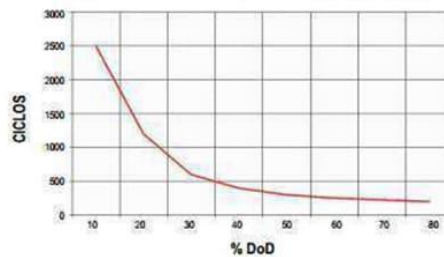


APLICACIONES

- Casas, campers, barcos, estaciones de montaña. Semáforos y señales de tráfico.
- Iluminación en calles y parques. Estaciones de medida, estaciones de bombeo, etc.

Modelo	V	Capacidad C100 (Ah)	Dimensiones (mm)			Peso(Kg)
			Largo	ancho	alto	
POWER SUN 55 SOLAR	12	55	210	175	190	15.4
POWER SUN 85 SOLAR	12	85	278	175	190	20
POWER SUN 100 SOLAR	12	100	272	175	225	23
POWER SUN 110 SOLAR	12	110	378	175	190	24
POWER SUN 130 SOLAR	12	130	345	175	232	30
POWER SUN 160 SOLAR	12	160	514	175	210	32.5
POWER SUN 250 SOLAR	12	250	518	276	242	64

NÚMERO DE CICLOS EN FUNCIÓN DE LA PROFUNDIDAD DE DESCARGA



OPERACIÓN

- Curvas de carga: WUa, IUa, IUoU y IUloU.
- No descargar la batería por encima del 80%.
- La batería debe ser recargada al 100% al menos cada 1-4 semanas.
- El trabajo en flotación a tensiones muy altas puede suponer un consumo excesivo de agua.

C- Controlador de carga

BlueSolar	BlueSolar 12/24-5 BlueSolar 12/24-10 BlueSolar 12/24-20	
	12V	24V
Tensión de la batería	Selección automática 2/24 V (1)	
Corriente de carga nominal	5 / 10 / 20 A	
Salida de la segunda batería	No	
Desconexión automática de la carga	Sí (carga máxima 10/10/20 A)	
Tensión solar máxima	28/55 V (1)	
Autoconsumo	6mA	
Valores predeterminados		
Carga de absorción (2)	14,4V	28,8V
Carga de flotación (2)	13,7V	27,4V
Carga de equalización (2)	n. d.	
Desconexión de carga por baja tensión	11,1V	22,2V
Reconexión de carga por baja tensión	12,6V	25,2V
Carcasa y medio ambiente		
Sensor de temperatura de la batería	Sí Sensor interno	
Compensación de temperatura	-30mV/°C	-60mV/°C
Temperatura de trabajo	-35°C a +55°C (carga completa)	
Refrigeración	Convección natural	
Humedad (sin condensación)	Max. 95%	
Clase de protección	IP20	
Tamaño de los terminales	6mm ² / AWG10	
Peso	160/160/180 gr	
Dimensiones (al x an x p)	70x133x34 mm 70x133x34 mm 76x153x37 mm	
Montaje	Montaje vertical de pared Sólo interiores	

D- Inversor

Axpert MKS Off-Grid Inverter



- Pure sine wave inverter
- Output power factor 1 (only 0.8 for 3KP/5KP models)
- Built-in MPPT solar charge controller
- Selectable input voltage range for home appliances and personal computers
- Selectable charging current based on applications
- Configurable AC/Solar input priority via LCD setting
- Compatible to mains voltage or generator power
- Auto restart while AC is recovering
- Overload and short circuit protection
- Battery equalization for optimized battery performance and lifecycle
- Cold start function
- Parallel operation with up to 9 units only available for Axpert MKS 3KP/4KVA/5KVA/5KP*

Axpert MKS Off-Grid Inverter Selection Guide

MODEL	Axpert MKS 1K-12	Axpert MKS 2K-24	Axpert MKS 3K-24	Axpert MKS 3KP-24	Axpert MKS 4K	Axpert MKS 5K	Axpert MKS II 5K	Axpert MKS 5KP
Rated Power	1000VA/ 1000W	2000VA/ 2000W	3000VA/ 3000W	3000VA/ 2400W	4000VA/ 4000W	5000VA/ 5000W	5000VA/ 5000W	5000VA/ 4000W
Parallel Capability	No	No	No	Yes, 9 units	Yes, 9 units	Yes, 9 units	Yes, 9 units	Yes, 9 units
INPUT								
Voltage	230 VAC							
Selectable Voltage Range	170-280 VAC (For Personal Computers) ; 90-280 VAC (For Home Appliances)							
Frequency Range	50 Hz/60 Hz (Auto sensing)							
OUTPUT								
AC Voltage Regulation (Batt. Mode)	230VAC ± 5%							
Surge Power	2000VA	4000VA	6000VA	8000VA	10000VA			
Efficiency (Peak)	90% - 93%	93%	93%	90%	93%	93%	90%	90%
Transfer Time	10 ms (For Personal Computers) ; 20 ms (For Home Appliances)							
Waveform	Pure sine wave							
BATTERY								
Battery Voltage	12 VDC (24VDC and 48VDC versions are also available)	24 VDC	24 VDC (48VDC version is also available)	24 VDC	48 VDC			24 VDC
Floating Charge Voltage	13.5 VDC	27 VDC	27 VDC	27 VDC	54 VDC	54 VDC (optional 58VDC, please check with sales)	54 VDC	27 VDC
Overcharge Protection	15.5 VDC	31 VDC	31 VDC	30 VDC	60 VDC	60 VDC (optional 66VDC, please check with sales)	63 VDC	30 VDC
SOLAR CHARGER & AC CHARGER								
Maximum PV Array Power	500 W	600W	600W	1000W	4000W	4500W	2000W	
MPPT Range @ Operating Voltage	15 VDC ~ 80 VDC	30 VDC~ 86 VDC	30 VDC~ 86 VDC	30 VDC~ 80 VDC	60 VDC~ 115 VDC	120 VDC~ 430 VDC	30 VDC~ 115 VDC	
Maximum PV Array Open Circuit Voltage	102 VDC	75VDC	75VDC	100VDC	145 VDC	450 VDC	145 VDC	
Maximum Solar Charge Current	40A	25A	25A	40A	80 A	80 A	80A	
Maximum AC Charge Current	20A	30A	30A	60A	60 A	80 A	60A	
Maximum Charge Current	60A	55A	55A	100A	140 A	80 A	140A	
PHYSICAL								
Dimension, DxWxH (mm)	95 x 240 x 318	100 x 272 x 355	100 x 272 x 385	100 x 272 x 385	120 x 295 x 468			180 x 310 x 475
Net Weight (kgs)	5.2	7.0	7.4	7.5	12.5	13.5	11	12.5
ENVIRONMENT								
Humidity	5% to 95% Relative Humidity (Non-condensing)							
Operating Temperature	0°C - 55°C							

E- Cableado






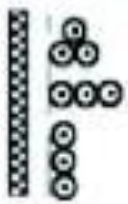

 Habitación	Conductores aislados (cables unipolares) en un tubo en una pared térmicamente aislante	A1		Cable unipolar o multipolar sobre una pared de madera	C
 Habitación	Cable multipolar en un tubo en una pared térmicamente aislante	A2	 Distancia al muro no inferior a 0.3 veces el diámetro del cable	Cable multipolar al aire libre	E
	Conductores aislados (cables unipolares) en un tubo sobre una pared de madera	B1	 Distancia al muro no inferior al diámetro del cable	Cables unipolares en contacto al aire libre	F
	Cable multipolar en un tubo sobre una pared de madera	B2			

Tabla 9: Tipo de canalización por la que circula el conductor

Método de referencia de la tabla B.52.1	Número de conductores cargados y tipo de aislamiento																		
	1	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	8a	8b	9a	9b	10a	10b	11	12	13
A1			PVC3	PVC2															
A2		PVC3	PVC2																
B1						PVC3	PVC2												
B2																			
C																			
E																			
F																			
	1	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	8a	8b	9a	9b	10a	10b	11	12	13

Tabla 10: Tipo de aislamiento y número de conductores

1	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	8a	8b	9a	9b	10a	10b	11	12	13
Sección mm² Cobre																		
1,5	31	13,5	12,5	13,5	14	14,5	15,5	16	16,5	17	17,5	19	20	20	20	23	23	-
2,5	15	15,5	17	18	19	20	20	21	22	23	24	26	27	26	28	30	32	-
4	20	20	22	24	25	26	28	29	30	31	32	34	36	36	38	40	44	-
6	25	26	29	31	32	34	36	37	39	40	41	44	46	46	49	52	57	-
10	33	36	40	43	45	46	49	52	54	54	57	60	63	65	68	72	78	-
16	43	48	53	59	61	63	66	69	72	73	77	81	85	87	91	97	104	-
25	59	65	69	77	80	82	86	87	91	95	100	103	108	110	115	122	135	146
35	-	-	-	95	100	101	106	109	114	119	124	127	133	137	143	155	168	182
50	-	-	-	116	121	122	128	132	139	145	151	155	162	167	174	188	204	220
70	-	-	-	148	155	155	162	170	178	185	193	199	208	214	223	243	262	282
95	-	-	-	180	188	187	196	207	216	224	234	241	252	259	271	298	320	343
120	-	-	-	207	217	216	226	240	251	260	272	280	293	301	314	350	373	397
150	-	-	-	-	-	247	259	276	289	299	313	322	337	343	359	401	430	458
185	-	-	-	-	-	281	294	314	329	341	356	363	385	391	409	460	493	523
240	-	-	-	-	-	330	345	368	385	401	410	435	455	463	489	545	583	617
Aluminio																		
2,5	11,5	12	13	14	15	16	16,5	17	17,5	18	19	20	20	20	21	23	25	-
4	15	16	17	19	20	21	22	22	23	24	25	26	28	27	29	31	34	-
6	20	20	22	24	25	27	29	28	30	31	32	33	35	36	38	40	44	-
10	26	27	31	33	35	38	40	40	41	42	44	46	49	50	52	56	60	-
16	35	37	41	46	48	50	52	53	55	57	60	63	66	66	70	76	82	-
25	46	49	54	60	63	63	66	67	70	72	75	78	81	84	88	91	98	110
35	-	-	-	74	78	78	81	83	87	89	93	97	101	104	109	114	122	136
50	-	-	-	90	94	95	100	101	106	108	113	118	123	127	132	140	149	167
70	-	-	-	115	121	121	127	130	136	139	145	151	158	162	170	180	192	215
95	-	-	-	140	146	147	154	159	166	169	177	183	192	197	206	219	233	262
120	-	-	-	161	169	171	179	184	192	196	205	213	222	228	236	254	273	306
150	-	-	-	-	-	196	205	213	222	227	237	246	257	264	276	294	314	353
185	-	-	-	-	-	222	231	243	254	259	271	281	293	301	315	337	361	408
240	-	-	-	-	-	261	273	287	300	306	320	332	347	355	372	399	427	482

Tabla 11: Valores de intensidades máximas