



Escuela Politécnica
Superior - Huesca
Universidad Zaragoza



Universidad
Zaragoza

PROYECTO- TRABAJO FIN DE CARRERA

TITULO:

DISEÑO DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA
ABASTECER UNA GRANJA DE CERDAS MADRES, Y SUS
POSIBLES ALTERNATIVAS

AUTOR: CÉSAR NAVARRO GÓMEZ DE SEGURA

ENSEÑANZA: INGENIERO AGRÓNOMO

DIRECTOR: HUGO MALÓN LITAGO

JAVIER AGUIRRE DE JUANA



Escuela Politécnica
Superior - Huesca
Universidad Zaragoza



Universidad
Zaragoza

PROYECTO- TRABAJO FIN DE CARRERA

TITULO:

DISEÑO DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA
ABASTECER UNA GRANJA DE CERDAS MADRES, Y SUS
POSIBLES ALTERNATIVAS

DOCUMENTO 1

MEMORIA

AUTOR:	CÉSAR NAVARRO GÓMEZ DE SEGURA
ENSEÑANZA:	INGENIERO AGRÓNOMO
DIRECTOR:	HUGO MALÓN LITAGO JAVIER AGUIRRE DE JUANA

Diseño de una planta solar fotovoltaica para abastecer una granja de cerdas madres, y sus posibles alternativas

MEMORIA

MEMORIA

PAGINA

1.-INTRODUCCION.....	1
1.1.-OBJETIVOS	1
1.2.- ANTECEDENTES	2
1.3.-CONTENIDO DEL PROYECTO.....	2
1.4.- SITUACION Y EMPLAZAMIENTO	2
1.5- DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD	3
2.- LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS AUTONOMOS.....	5
2.1.- INTRODUCCION.....	5
2.2.- APLICACIONES DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS AUTONOMOS.....	6
2.3.- LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS AUTONOMOS GANADEROS	7
2.4.- EL MODULO FOTOVOLTAICO	7
2.5.- EL ACUMULADOR (BATERIAS)	13
2.6.- EL REGULADOR.....	15
2.7.- EL INVERSOR	16
2.8.- ESTRUCTURAS DE CAPTACION SOLAR	18
2.9.- PROTECCIONES, CABLEADO Y PUESTA A TIERRA	21
2.10.- MEDIDA Y CAJA GENERAL DE PROTECCIÓN	23
3.- METODOS DE DIMENSIONADO	25
3.1.- LOCALIZACIÓN	26
3.2.-CONSUMO.	27
4.-DIMENSIONADO	29
4.1.-DESCRIPCION DEL PROCESO DE CÁLCULO.....	29

4.1.1.- INTRODUCCIÓN DE DATOS PVGYS	29
4.1.2.- DIMENSIONADO DEL PROYECTO	30
4.2.- INSTALACIÓN AISLADA.....	33
4.2.1-DIMENSIONADO DE PANELES.	33
4.2.2.-DIMENSIONADO INSTALACIÓN ELÉCTRICA	35
4.3.- INSTALACIÓN CONECTADA A RED EN PLANO FIJO	38
4.3.1-DIMENSIONADO DE PANELES.	38
4.3.2.-DIMENSIONADO INSTALACIÓN ELÉCTRICA	40
4.4.- INSTALACION CONECTADA A RED CON SEGUIDORES	40
4.4.1-DIMENSIONADO DE PANELES.	40
4.4.2.-DIMENSIONADO INSTALACIÓN ELÉCTRICA	42
5.- ESTUDIO ECONOMICO	43
5.1.1- RESUMEN DEL PRESUPUESTO AISLADA	43
5.1.2.- COBROS ORDINARIOS.....	44
5.1.4.- SUBVENCIONES.....	44
5.1.5.- ANALISIS DE LA INVERSIÓN.....	44
5.1.6.- UMBRAL DE RENTABILIDAD	45
5.2.1- RESUMEN DEL PRESUPUESTO RED PLANO FIJO	46
5.2.2.- COBROS ORDINARIOS.....	47
5.2.3.- PAGOS ORDINARIOS	47
5.2.4.- SUBVENCIONES.....	47
5.2.5.- ANALISIS DE LA INVERSIÓN.....	47
5.2.6.- UMBRAL DE RENTABILIDAD	48
5.3.1- RESUMEN DEL PRESUPUESTO RED CON SEGUIDORES	49
5.3.2.- COBROS ORDINARIOS.....	50

5.3.3.- PAGOS ORDINARIOS	50
5.3.4.- SUBVENCIONES.....	50
5.3.5.- ANALISIS DE LA INVERSIÓN.....	50
5.3.6.- UMBRAL DE RENTABILIDAD.....	51
6.- CONCLUSIONES.....	53
7.- NORMATIVA.....	54
8.- BIBLIOGRAFIA	56

MEMORIA FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
1.1.- <i>Aspecto y situación de la parcela donde se encuentra la granja. sigpac.</i>	1
1.2.- <i>parcela donde se van a ubicar las placas. sigpac</i>	3
1.3.- <i>interior de la granja.</i>	4
2.1.- <i>sistema fotovoltaico mixto. “U.I.Andalucia”</i>	5
2.2.- <i>sistemas fotovoltaicos</i>	6
2.3.- <i>Funcionamiento de un panel fotovoltaico</i>	8
2.4.- <i>Modulo de silicio monocristalino</i>	8
2.5.- <i>Modulo de silicio policristalino</i>	9
2.6.- <i>Máxima densidad de corriente alcanzable</i>	10
2.7.- <i>Voc Vs espesor de célula para 2 Corrientes</i>	11
2.8.- <i>Tecnología del módulo FLATCON</i>	12
2.9.- <i>Comparativa de precios</i>	12
2.10.- <i>Despiece de una batería de plomo ácido</i>	15
2.11.- <i>Esquema unifilar de un regulador de carga</i>	16
2.12.- <i>Inversores de distintos tamaños</i>	17
2.13.- <i>Estructura fija de captación solar</i>	18
2.14.- <i>Seguidor en 1 eje</i>	19
2.15.- <i>Comparativa de absorción solar con células de silicio</i>	20
2.16.- <i>Seguidor en 2 ejes</i>	20
3.1.- <i>El diseño y el dimensionado de un sistema fotovoltaico</i>	25
3.2.- <i>Parcela donde se situaran los módulos fotovoltaicos</i>	27
3.3.- <i>Perfil de consumo del sistema</i>	27
3.4.- <i>Tabla de consumos proporcionada por Endesa</i>	28

3.5.- <i>Tabla consumos mensuales</i>	28
4.1.1.- <i>Datos obtenidos en PVgis</i>	29
4.1.2.- <i>Introducción de las coordenadas</i>	30
4.1.3.- <i>Pantalla principal pvsyst</i>	31
4.1.4.- <i>Pantalla de opciones del proyecto aislado</i>	31
4.1.5.- <i>Perspectiva construida PVsyst</i>	32
4.1.6.- <i>Pantalla sistema pvsyst</i>	33
4.2.1.- <i>Separación entre mesas.</i>	34
4.2.2.- <i>Perspectiva constructiva pvsyst</i>	34
4.2.3.- <i>Plano de placas en parcela</i>	35
4.2.4.- <i>Tabla Resultado</i>	36
4.2.5.- <i>Gráfico resultado</i>	37
4.3.1.- <i>Separación entre mesas.</i>	38
4.3.2.- <i>Perspectiva constructiva pvsyst</i>	39
4.3.3.- <i>Plano de placas en parcela</i>	39
4.4.1.- <i>Separación entre mesas.</i>	41
4.4.2.- <i>Perspectiva constructiva pvsyst</i>	41
4.4.3.- <i>Plano de placas en parcela</i>	42
6.1.- <i>Tabla resumen resultados</i>	53

MEMORIA TÉCNICA

1.-INTRODUCCIÓN

Nuestro estudio consiste en analizar el posible coste que supondría para una granja, sin acceso a toma de luz, el autoabastecerse mediante placas solares, además se estudiara dentro del mercado de la energía solar que opción sería más rentable en caso de si tener acceso a una acometida eléctrica y la posibilidad de vender la energía producida en una planta solar de dimensiones parecidas a las que serian necesarias para abastecer una granja de estas características.

1.1-objetivos

El objetivo de este estudio es realizar el diseño de un sistema fotovoltaico autónomo para una granja de cerdas madres situada en el término municipal de Tarazona, en la provincia de Zaragoza. Posteriormente se realizara una comparativa de rendimientos tanto económicos como energéticos comparando dicha instalación con una de similares características conectada a red en plano fijo y conectada a red con seguidores.

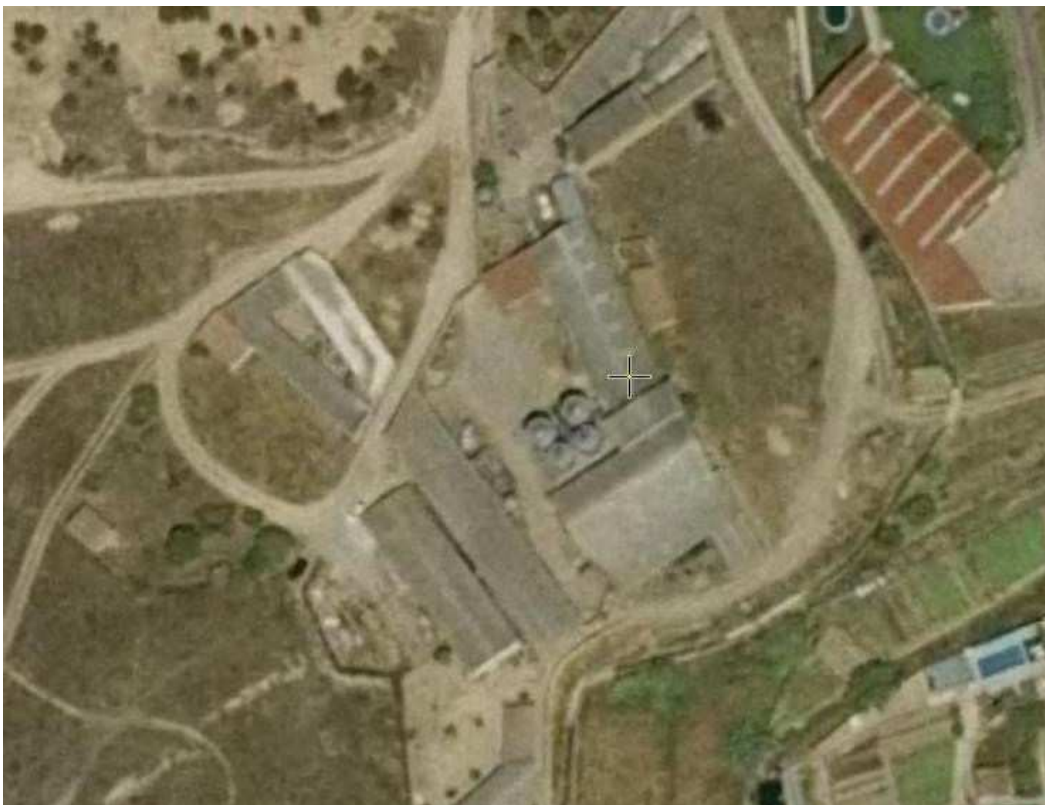


Fig 1.1 Aspecto y situación de la parcela donde se encuentra la granja. sigpac

Adicionalmente, para justificar su colocación, se hará un estudio sobre el estado actual, tanto de la tecnología de sistemas fotovoltaicos autónomos cómo de las técnicas de dimensionado de éstos. Para concluir, se realizará una comparación con un sistema tradicional conectado al la red para valorar la viabilidad económica de la instalación y su periodo de amortización.

1.2- Antecedentes

Debido a la creciente demanda de energías renovables así como a las nuevas normativas de edificación y de eficiencia energética y el aumento de la conciencia social por un mundo más sostenible, un empresario de la localidad de Tarazona, se plantea la sustitución de su instalación tradicional de energía conectada a la red por una instalación fotovoltaica que abastezca de energía su granja de cerdas madres, y ofrecer al consumidor un incentivo extra de valor ecológico que hoy en día se valora mucho en el mercado.

1.3- Contenido del proyecto

Nuestro proyecto consistirá en el diseño de una instalación fotovoltaica autónoma en una granja de cerdas madres y la comparativa de esta instalación con las otras opciones de instalación conectada a red.

Para el estudio de valoraran diversas posibilidades y tipologías de instalación fotovoltaica, de cada topología se realizara un estudio económico y energético para determinar su eficiencia y rentabilidad.

Las tipológicas de instalación que analizaremos serán:

- Instalación fotovoltaica autónoma con paneles fijos**
- Instalación fotovoltaica conectada a red con en plano fijo**
- Instalación fotovoltaica conectada a red con seguimiento en 2 ejes**

La instalación autónoma constara además de una fuente de alimentación adicional mediante equipo electrógeno de gasoil para solventar posibles fallos de la instalación o periodos en los que la instalación no pueda abastecer al 100 por 100 las necesidades de la granja.

1.4.- Situación y emplazamiento

Es de vital importancia conocer el emplazamiento exacto de la parcela donde se van a situar los módulos fotovoltaicos dado que de esto depende la orientación y la radiación incidente.

PARCELA AFECTADA

Término municipal: Tarazona (Zaragoza)

Polígono: nº 30

Sigpac: provincia 50; municipio 254; polígono 30; parcelas 10-4

Parcela: nº 3-4-755

Superficie: 4 - 1005.84 m²
3- 478.87 m²
755- 167.42 m²

Coordenadas U.T.M.: X = 604.982m
Y = 4639.583m
Z = 550

Clasificación del terreno: rustico

Linderos de la parcela: Norte: parcela 6
Sur: parcela 5
Este: parcela 701
Oeste: parcela 10



Fig 1.2 parcela donde se van a ubicar las placas. sigpac

Las parcelas mencionadas se encuentran al lado de la calle que acceso al cementerio de Tarazona a 98 km de Zaragoza. El acceso a la misma es por la calle del cementerio, a la cual se accede por la nacional 122. En la parcela 10 se encuentra la granja y la parcela 3,4 y 755 es donde ubicaremos las placas solares y la caseta de baterías y automatismos así como el grupo electrógeno.

1.5.- Descripción de la actividad a desarrollar

Se trata de una explotación en la que solo se lleva a cabo la fase de inseminación, gestación y lactancia, una vez destetado los lechones son llevados a otra granja para su cebo.

La explotación tiene capacidad para 425 madres, consta de los edificios que figuran en los planos, se trabaja por lotes cada 15 días, con destetes a los 22-26 días.



Fig 1.3 interior de la granja

2.- LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS AUTÓNOMOS.

2.1.- Introducción

La Energía Solar Fotovoltaica tiene sus orígenes en el siglo XIX pero no comienza su periodo de evolución hasta los años 50 del siglo XX. Hoy en día se ha alcanzado un periodo de madurez que la permite tener un cierto desarrollo industrial basándose en la tecnología del silicio.

Los esfuerzos en investigación y desarrollo tanto en tecnologías actuales y en todas aquellas nuevas y emergentes deberán producir un salto significativo tanto en términos de eficiencia en la producción de energía eléctrica como en el precio de la misma.

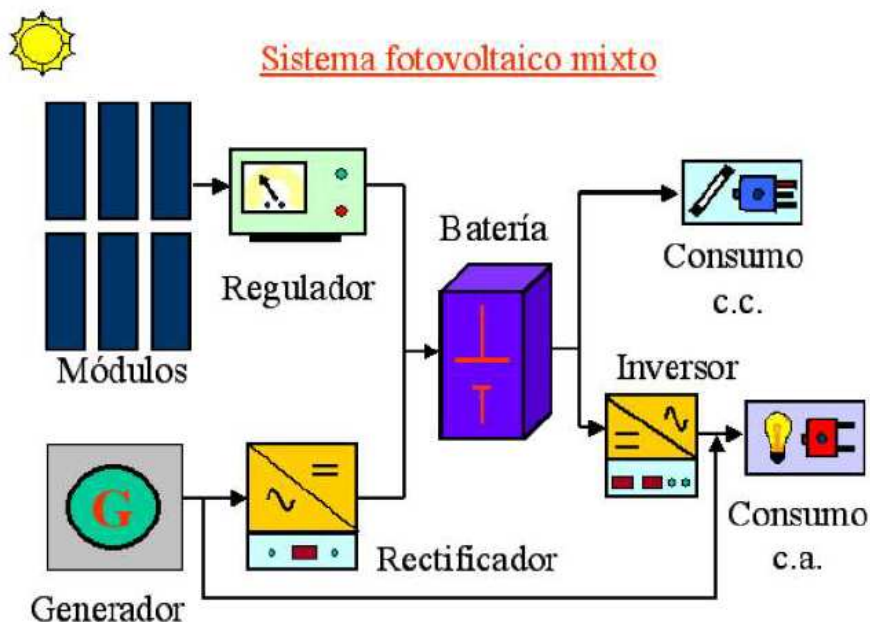


Fig 2.1 sistema fotovoltaico mixto. "U.I.Andalucía"

Una instalación fotovoltaica tiene como objeto producir electricidad a partir de la energía solar. Las instalaciones fotovoltaicas se dividen en dos grandes grupos en función del objeto de las mismas. Por un lado están las instalaciones que se denominan aisladas de la red, que tienen como objeto satisfacer total o parcialmente la demanda de energía eléctrica en un lugar determinado donde no existe red eléctrica convencional, y por otro lado están las instalaciones fotovoltaicas interconectadas o de conexión a red, que tienen como objetivo fundamental inyectar la energía a la red eléctrica convencional además de servir como elemento constructivo y de imagen dentro de un edificio.

Las instalaciones aisladas se dividen a su vez en dos tipos, en función de los equipos intermedios que forman parte de la instalación, distinguiéndose entre instalaciones aisladas sin baterías e instalaciones aisladas con baterías. Entre las instalaciones aisladas sin baterías las aplicaciones más frecuentes son el bombeo de agua y entre las instalaciones aisladas con baterías las aplicaciones más frecuentes son

electrificación rural, telecomunicaciones, señalizaciones, alumbrado público, etc. Además, si en el lugar aislado de la red se utiliza, además de una instalación fotovoltaica, otro sistema complementario de producción de energía eléctrica, la instalación se denomina mixta.

Teniendo en cuenta si el consumo se realiza todo en corriente continua, todo en corriente alterna o parte en corriente continua y parte en alterna, se obtienen diferentes configuraciones dentro de la clasificación anterior.

Desde el punto de vista de sus componentes, una instalación fotovoltaica está formada por módulos fotovoltaicos y otros equipos como inversores, baterías y/o reguladores. Los módulos fotovoltaicos, formados por células solares, son los dispositivos que transforman directamente la radiación solar en energía eléctrica en corriente continua, siendo el inversor el que transforma la corriente continua en alterna, la batería la que almacena la energía y el regulador el que controla el proceso de carga y, en ocasiones, el de descarga de la batería.

2.2. Aplicaciones de los sistemas fotovoltaicos autónomos

En el libro “Handbook of Photovoltaic Science and Engineering”, se hace una clasificación, bastante acertada, de los posibles usos de los sistemas fotovoltaicos autónomos (ver figura 2.2).

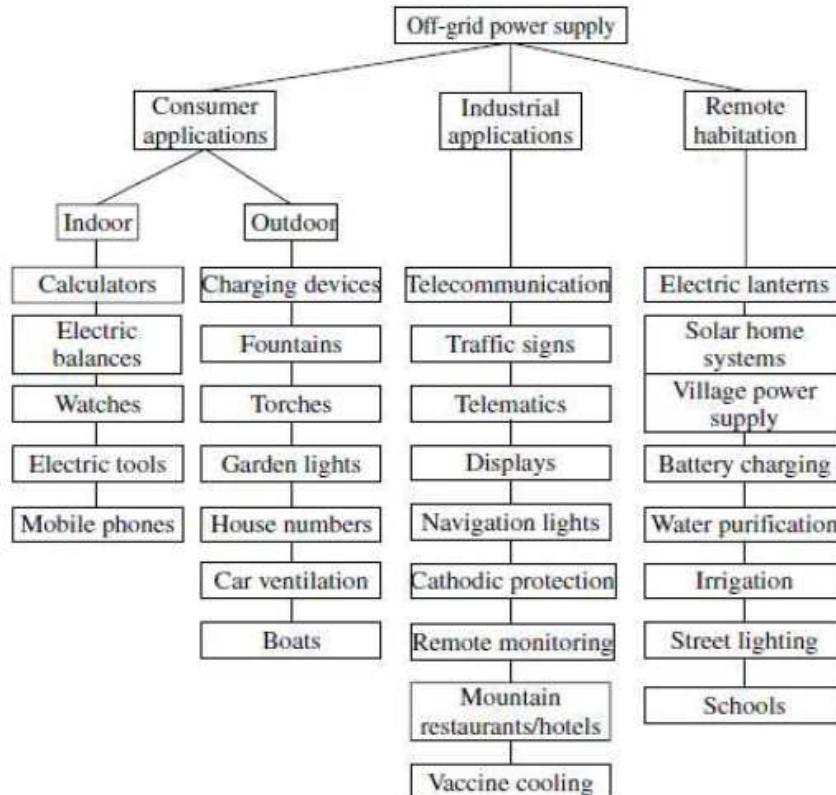


Fig 2.2. sistemas fotovoltaicos “Handbook of Photovoltaic Science and Engineering”

Como se puede apreciar en la figura 2.2. los usos de los sistemas fotovoltaicos autónomos son muy diversos y van desde alimentar una pequeña calculadora, a alimentar sistemas de bombeo o incluso granjas como es nuestro caso.

2.3. Los sistemas fotovoltaicos autónomos ganaderos

Los sistemas fotovoltaicos autónomos son muy utilizados desde hace tiempo en el ámbito rural y ganadero dado que algunas de estas instalaciones se encuentran muy alejadas del núcleo urbano y es muy difícil hacerle llegar una acometida eléctrica.

Los usos más comunes son:

- Bombeos de agua para proporcionar agua al ganado.
- Electrificación de granjas. (Iluminación, motores, esquiladoras, etc...)
- Sistemas de ordeño y refrigeración de leche.
- Electrificación de cercas.

Los bombeos de accionamiento directo, detallados en las aplicaciones agrícolas, encuentran en las ganaderas un sitio de gran importancia.

La fabricación de inversores de gran potencia, ha posibilitado poder acometer obras en el medio ganadero, para suministrar energía eléctrica a sistemas de ordeño, conservación de la leche (tanques de frío) y bombas de limpieza, así como la iluminación de naves, motores para el reparto de pienso, ventiladores, automatización de persianas para naves de ganado, invernaderos. Los motores de los equipos anteriormente detallados, en un principio y para conseguir un mayor rendimiento de la instalación se instalaban en C.C., posteriormente y gracias a los nuevos inversores de gran rendimiento, los motores son en C.A. consiguiendo una mayor seguridad en la explotación en caso de averías, ya que un motor en alterna es fácil de obtener, mientras que en continua es de fabricación especial.

2.4. El módulo fotovoltaico

Para generar la electricidad es necesario dotar a la instalación de un generador fotovoltaico, que está compuesto por paneles solares fotovoltaicos conectados entre sí en serie y/o paralelo con el fin de obtener los valores de potencia y tensión admisibles por el regulador, baterías e inversor, y que orientaremos de tal forma que se consiga el máximo aprovechamiento.

Existen diversas alternativas en el mercado que se pueden clasificar como sigue:

1. Silicio cristalino
 1. Monocristalino
 2. Policristalino
 3. Amorfo
2. Capa fina
 1. Silicio amorfo (flexibles o rígidos).
 2. Silicio microcristalino (en tándem con amorfo).
 3. CdTe (Teluro y cadmio)

4. CIS (Cobre Indio Galio)
5. CIGS (Cobre Indio Galio Selenio).
3. Concentración

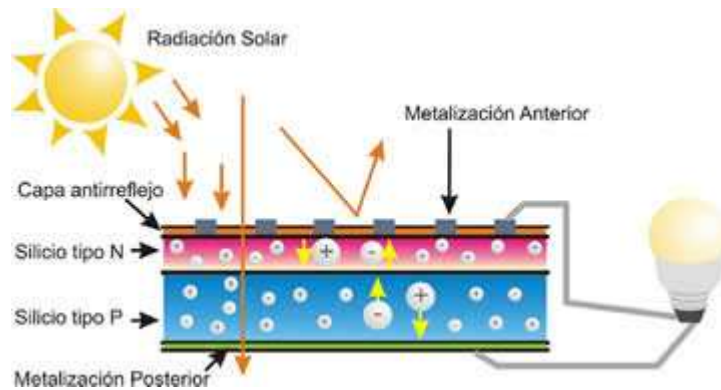


Fig2.3 Funcionamiento de un panel fotovoltaico "compromisoconelmundo.blogespot.com"

Los principales tipos de paneles solares que se pueden encontrar en el mercado son:

Silicio Monocristalino:

Estas celdas se obtienen a partir de barras cilíndricas de silicio perfectamente cristalizadas en una sola pieza, de modo que los electrones se mueven con más facilidad a través de él.

En laboratorios se han alcanzado rendimientos máximos del 24% para éste tipo de paneles siendo en los comercializados entre el 15 y el 20%. Son por lo tanto, los más eficientes y efectivos.



Fif 2.4 Modulo de silicio monocristalino

Silicio Policristalino:

Estas celdas se obtienen a partir de bloques de silicio obtenidos por fusión de trozos de silicio puro en moldes especiales. En los moldes, el silicio se enfría lentamente, solidificándose. En este proceso, los átomos no se organizan en un único cristal. Se forma una estructura policristalina con superficies de separación entre los cristales. Su eficiencia (en laboratorio del 20% y en los módulos comerciales entre 13% y el 16%) en conversión de luz solar en electricidad es poco menor a las de silicio monocristalino.



Fig 2.5 Modulo de silicio policristalino

Fabricante	Modelo	Tecnología	Potencia (W)	Área (m2)	Rendimiento (%)
BP	BP 4175	Silicio monocristalino	175	1,25847	13,91%
BP	BP 3170	Silicio policristalino	170	1,25847	13,51%

Fig 2.6 comparativa monocristalino policristalino

Silicio Amorfo:

Su eficiencia en conversión de luz solar en electricidad varía entre un 6 y un 8%. Por consiguiente, son sensiblemente más económicas que los de silicio cristalino. Estas celdas se obtienen mediante la deposición decapas muy delgadas de silicio sobre superficies de vidrio o metal. Las células amorfas son utilizadas haya donde se busca una alternativa más económica o cuando se requiere poca electricidad.

Capa fina:

Para reducir costes, se intenta reducir la cantidad de semiconductor utilizado, aprovechando sus propiedades.

Una célula plana, sólo con capa antirreflectiva, tiene su máxima absorción cuando su espesor es de 700 μm pero, con un espesor de 300 μm se llega a un valor sólo un 5% por debajo (Ver figura siguiente). Este fenómeno se utiliza en las células cristalinas mencionadas en el apartado anterior.

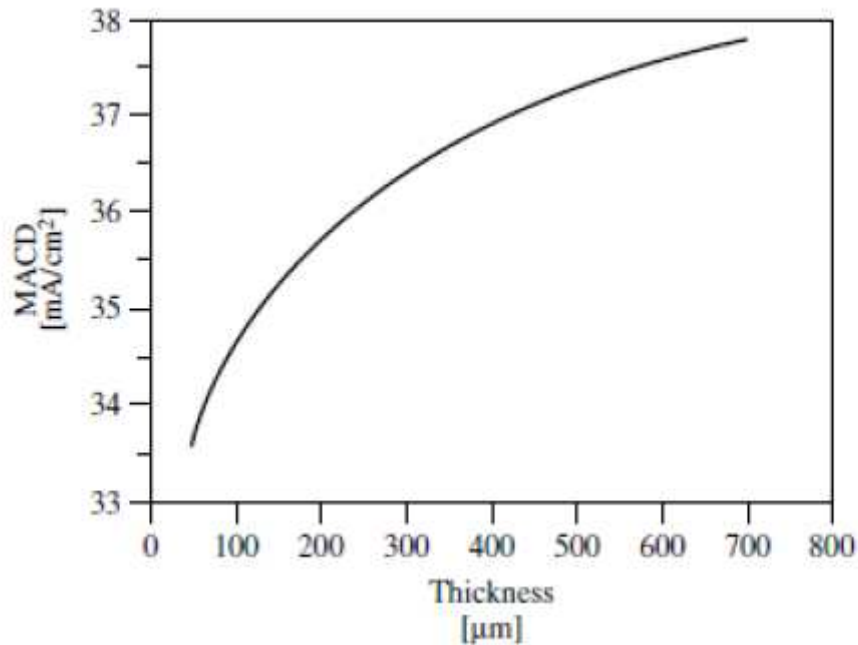


Fig 2.6. Máxima densidad de corriente alcanzable (Maximum achievable current density (MACD)) por una célula plana con capa antirreflectiva en función de su espesor “revista photon”

La reducción del espesor de las células hace también reducirse la velocidad de recombinación dentro de la célula solar, lo que es una ventaja ya que el Voc de la célula y el FF mejoran (ver figura siguiente). Esta reducción es tal que, mientras una célula cristalina tradicional suele estar alrededor de las 400 μm , una célula de silicio amorfo es de 40 μm y, con el telurio de cadmio se llega a 4 μm .

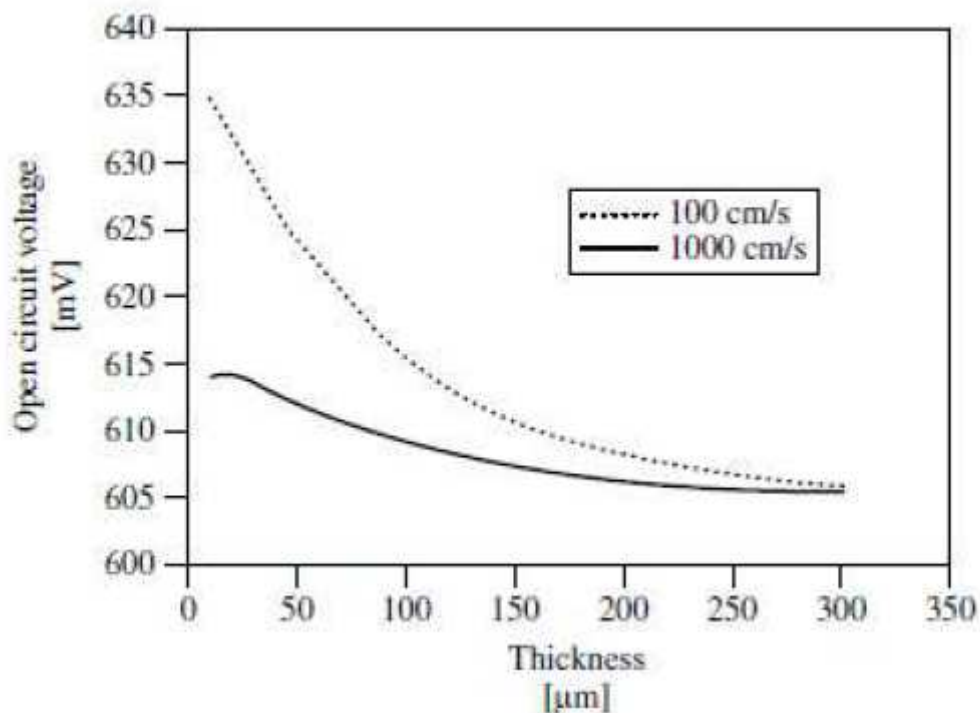


Fig.2.7. Voc Vs espesor de célula para 2 Corriente máxima generable por una célula plana con capa antirreflectiva, en función del espesor de la célula, para grandes y pequeñas velocidades de recombinación “revista photon”

Pero, no todo es bueno al reducir el espesor, como ya se adelantó antes, la corriente fotogenerada es mucho menor que con espesores mayores, por lo tanto, es necesario diseñar la cara frontal de la célula de manera que sea capaz de “atrapar” la mayor cantidad de luz posible, funcionando así como si la célula tuviese un espesor mayor.

El principal problema que se ha encontrado al utilizar silicio amorfo para fabricar células de capa fina es la baja eficiencia de los módulos. Para mejorar esto se han desarrollado células con otros materiales semiconductores más eficientes. Todos se basan en el mismo proceso, depositar una capa fina de semiconductor sobre un soporte barato, pero al ser materiales distintos ó, en el caso del silicio microcristalino, otro estado del silicio, tienen distintas propiedades y se pueden comportar también de forma distinta.

Otro problema que se ha encontrado es el efecto denominado “Staebler–Wronski”, por el cual, la célula puede perder hasta un 30% de su eficiencia en las primeras 1000 h de exposición solar (para silicio amorfo). Se ha estudiado este efecto y, se han mejorado los procesos para reducir sus efectos lo máximo posible, sin embargo, sigue dando que pensar sobre la durabilidad de estos módulos.

Concentración:

En este caso, también se trata de reducir la cantidad de material semiconductor utilizado. Pero, en vez de reducir el espesor de las células, se reduce su tamaño,

sustituyendo esa falta de material semiconductor por un sistema óptico que concentre la luz en una célula más pequeña.

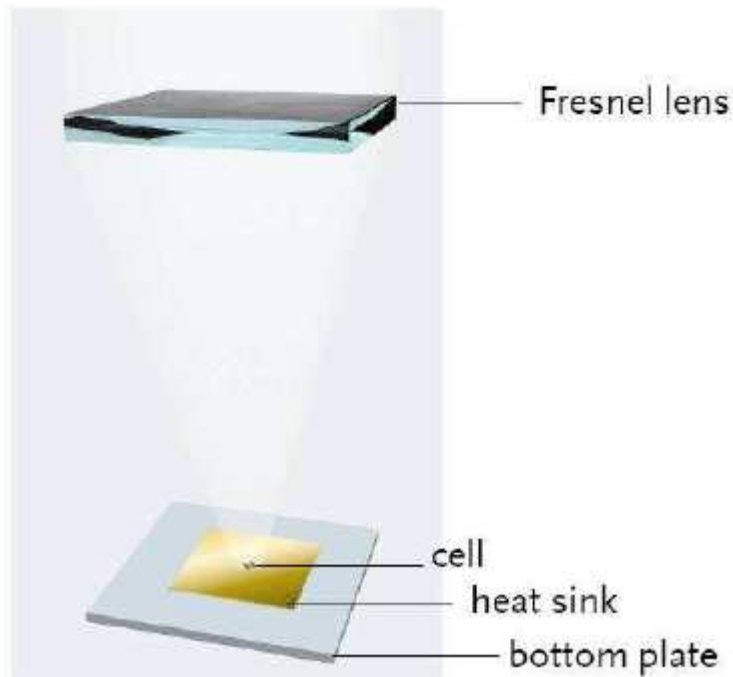


Fig 2.8. Tecnología del módulo FLATCON “compañía Concentrix”

En función del nivel de concentración conseguido, la célula podrá ser hasta 1000 veces más pequeña que si no se utilizase un sistema óptico. De este modo, se pueden utilizar células más eficientes, por ejemplo, las que se utilizan en los satélites, con eficiencias cercanas al 40% que, al ensamblarse en un módulo pueden dar una eficiencia de módulo del 27% (módulo FLATCON de Concentrix,).

El mayor problema de esta tecnología es que, al utilizar un sistema óptico, sólo aprovecha la componente directa de la radiación, por lo que requiere de un sistema de seguimiento, más o menos preciso, en función de la aceptación angular de dicho sistema. Debido a esto, su aplicación más común es en grandes centrales, ya que estos sistemas necesitan de cierto mantenimiento cualificado.

Comparativas de precios:

En el número de septiembre de 2009, la revista PHOTON, realiza un estudio de la evolución los precios de los módulos de distintas tecnologías en el mercado alemán desde febrero a julio de 2009

Tecnología	Precio (€/Wp)
Monocristalino	1,93
Policristalino	1,98
Silicio amorfo	1,54
Teluro de cadmio	1,58

Fig 2.9. Comparativa de precios “revista photon”

Además, de una tendencia descendente de los precios, se observa que, con las tecnologías de capa fina cuesta en torno a unos 40 céntimos menos el Wp. De hecho, con estos precios, no se justifica la existencia de los módulos de silicio policristalino, ya que son más caros y menos eficientes que los de silicio monocristalino. Los que si se justifican, sobretodo, son los de telurio de cadmio, que no son los más baratos (el silicio amorfo es ligeramente más barato) pero están cerca y con el doble de eficiencia que estos.

2.5. El acumulador (baterías)

Los acumuladores desempeñan tres funciones en los sistemas FV autónomos:

- **Autonomía:** satisfacen los requerimientos de consumo en cualquier momento incluidos periodos de nula (noche) o muy baja (días nublados) insolación.
- **Suministro de picos de intensidad:** cuando sean necesarias corrientes mayores de las que puede suministrar el generador FV, especialmente para arrancar motores y otros equipos con picos de arranque
- **Estabilización del voltaje:** evitando fluctuaciones dañinas para el correcto funcionamiento de los equipos de consumo.

Hay muchos tipos de baterías que podrían ser utilizadas en sistemas fotovoltaicos autónomos: Plomo ácido, nickel-cadmio, bromuro de zinc, cloruro de zinc, magnesio-litio, sodio-azufre, nickel-hidrógeno y baterías de flujo redox.

En la actualidad, las baterías más utilizadas son las de plomo-ácido debido a su bajo coste.

Dentro de las baterías de plomo ácido existen varios tipos:

- **De arranque:** Usadas en los coches. Su defecto es que no tienen una alta eficiencia de carga.
- **Baterías de tracción:** Usadas en carretillas elevadoras. Su defecto es que necesitan un alto mantenimiento, rellenar constantemente de agua.
- **Baterías estacionarias:** Son las apropiadas para un sistema fotovoltaico autónomo.

Dentro de las baterías estacionarias también existen distintos desarrollos que mejoran ciertas características. Hay dos tipos fundamentales de baterías de plomo-ácido estacionarias:

- **Plomo-ácido líquido (abiertas).** Se les debe añadir agua destilada periódicamente.

- **Baterías de gel selladas VRLA (Valve Regulated Lead Acid).** Son mucho más robustas que las de plomo-ácido líquidas, no precisan mantenimiento (no hay que rellenar el electrolito), necesitan menos energía para ser recargadas, permiten más profundidad de descarga, son más transportables, etc. También son más caras. Además, hay que tener en cuenta que no se puede superar su tensión de carga porque da lugar a la gasificación, actúa la válvula de seguridad, se secan y se deterioran.

Los ciclos de carga y descarga de las baterías se repiten diariamente. En muchos sistemas fotovoltaicos la profundidad de descarga diaria suele ser del 5 al 15%. Cuando hay varios días nublados la profundidad de descarga aumenta, por lo que hay que diseñar la batería para que no se alcance la profundidad de descarga máxima.

Las baterías para uso fotovoltaico son de ciclo profundo. Los ciclos continuos de trabajo (carga y descarga) de una batería hacen que ésta pierda capacidad con el tiempo, debido a que se va perdiendo material activo. Se llega a la muerte de la batería cuando la capacidad se ha reducido al 80% de la nominal. Cuanto menor sea el régimen de descarga (número de horas en las que se descarga la batería), más rápidamente pierde la batería su capacidad.

Una buena batería, para un sistema fotovoltaico autónomo, tiene que cumplir los siguientes requisitos:

- Larga vida
- Muy poca autodescarga
- Soportar largos períodos en baja carga sin estropearse
- Alta eficiencia de carga (devolver prácticamente toda la energía que se le aplica.
- Bajo coste
- Bajo mantenimiento

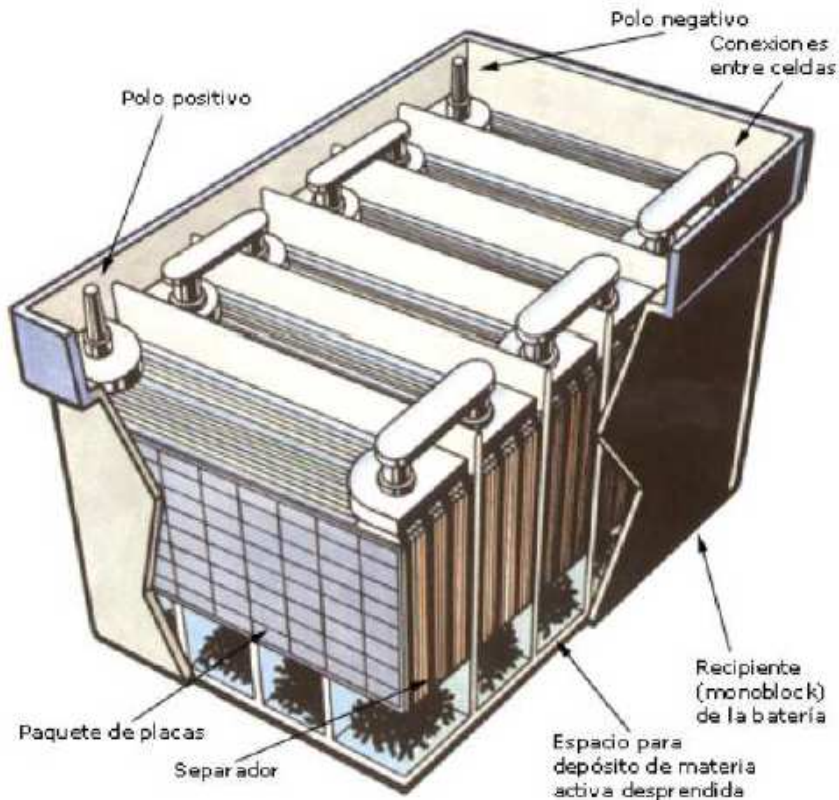


Fig 2.10 Despiece de una batería de plomo ácido

2.6-El regulador

Es uno de los componentes más baratos dentro de un sistema fotovoltaico autónomo pero, de su elección, depende la fiabilidad a largo plazo del sistema y los costes de mantenimiento.

En el proceso de carga de la batería, como la tensión que puede proporcionar el panel es mayor que la que presenta la batería a plena carga, si no se controla el proceso de carga, se pueden dar sobrecargas de la batería. El regulador de carga sirve para evitar dichas sobrecargas.

Este dispositivo controla el valor de la corriente inyectada en la batería. Si no se evita la sobrecarga de las baterías, se produce gasificación y calentamiento, dando lugar a una disminución de su vida útil. También evita las sobredescargas, que igualmente disminuyen la vida útil de la batería.

Un regulador funciona generalmente por control de la tensión (relacionada con el estado de carga) en los terminales de la batería.

Los métodos usados para controlar la tensión en la batería son el regulador serie (cortando el suministro mediante circuito abierto) y el regulador paralelo (disipando la corriente generada por el generador mediante un dispositivo electrónico).

El regulador a utilizar depende del tipo de batería, sin embargo, cómo ya se adelantó en el apartado anterior, casi todas las baterías utilizadas son de plomo ácido.

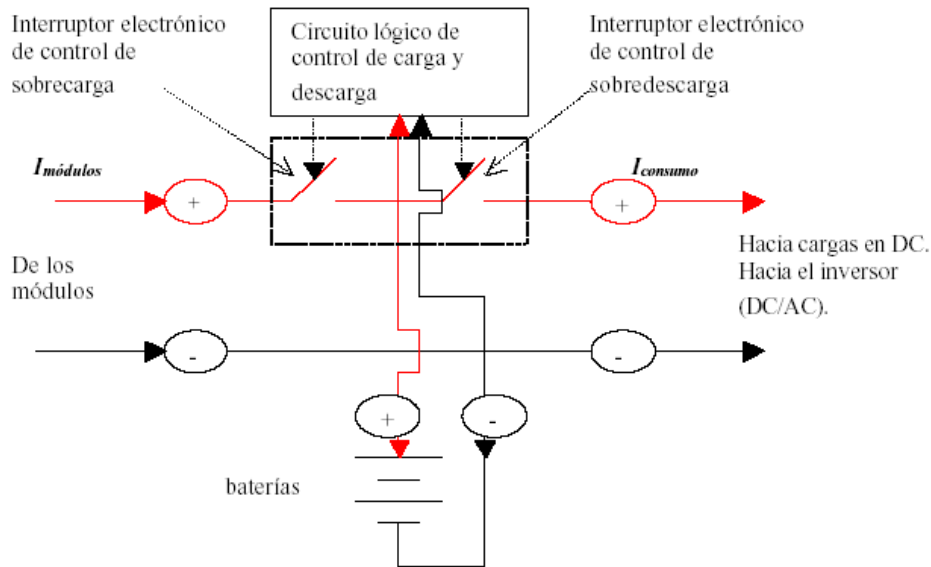


Fig 2.11. Esquema unifilar de un regulador de carga

En nuestro caso el regulador da la señal eléctrica al generador para que este se ponga en marcha en caso de que las baterías estén por debajo del umbral límite de descarga y los módulos no sean capaces de suministrar la energía suficiente para abastecer la necesidades puntuales de consumo. En este momento el regulador corta la corriente que va al inversor y enciende el generador, el generador inyecta corriente trifásica aguas abajo del inversor hasta que el regulador detecta que ya hay carga suficiente en las baterías o que los paneles son capaces de abastecer la demanda, entonces para el generador de gasolina y vuelve a suministrar corriente al inversor proveniente de las baterías o paneles.

Al llegar la corriente proveniente del generador de gasolina un relé mueve un conmutador que corta la corriente proveniente del inversor y da paso a la corriente del generador de gasolina.

2.7. El inversor

Su misión es convertir la corriente continua generada por los paneles ó almacenada en la batería en corriente alterna. Existen gran cantidad de tipos, pero a la hora del diseño de una instalación, lo importante es que tenga una buena eficiencia y se adapte a la potencia de nuestra instalación y el rango de tensiones. En la actualidad, debido al desarrollo de los microprocesadores y de las comunicaciones móviles, se puede monitorizar de manera remota los parámetros de generación eléctrica de la instalación fotovoltaica.

En el mercado existen inversores monofásicos y trifásicos. La frecuencia de la tensión de salida es de 50Hz (en Europa y algunos países de América) o de 60Hz (en Estados Unidos y otros países). En sistemas autónomos, lo normal, es que estén

conectados a la batería (a través del regulador), aunque los hay que pueden conectarse directamente al generador fotovoltaico.

Las principales características de un inversor son:

- Tensiones nominales de entrada y salida.
- Potencia máxima que puede proporcionar indefinidamente.
- Eficiencia (que varía con la potencia).

Hay ciertas cualidades que deben cumplir los inversores:

- Estabilidad de voltaje: La tensión de salida debe ser lo más estable posible, independientemente de la carga y la tensión de entrada.
- Eficiencia: Debe ser lo más elevada posible, para todo el rango de potencias de salida.
- Baja distorsión armónica.
- Capacidad para resistir potencia punta.
- Elevado rango de temperaturas de trabajo: suelen estar entre -5 y 40° .
- Posibilidad de ser combinado en paralelo (por si se quisiera ampliar la instalación).
- Arranque y desconexión automáticos (al detectar carga o la ausencia de ella).
- Señalización adecuada: alarma ante cortocircuitos y otros posibles fallos.
- Seguridad: deben llevar protección contra cortocircuitos, sobrecargas e inversión de polaridad.



Fig 2.12. Inversores de distintos tamaños

2.8.-Estructuras de captación solar

En función del tipo de estructuras que soportan los paneles elegidos, nos encontramos con diferentes soluciones para realizar la captación solar:

A) Estructura de captación solar fija, es la más utilizada hasta la fecha, ya que es la más fácil, simple y económica de instalar. Tiene el inconveniente de no aprovechar toda la radiación solar posible al quedar fijada su orientación e inclinación en el momento de la instalación, haciendo imposible el seguimiento del movimiento del Sol respecto a la superficie destinada a la captación solar.(fig 2.13.)

Esto hace que se aprovecha el Sol durante un número limitado de horas, sin olvidar que la máxima producción eléctrica por parte de los paneles fotovoltaicos se produce cuando los rayos solares inciden perpendicularmente sobre la superficie de captación.

Por lo tanto, en un sistema con estructura de captación solar fija con inclinación y orientación establecida en el momento de su instalación no se mantendrá siempre esta perpendicularidad deseada, ocasionando solamente una posición óptima del Sol por la cual se obtendrá una captación solar máxima. Esto hace que en el momento de instalar un campo solar fotovoltaico con estructura fija en una zona geográfica determinada se busque la inclinación y orientación azimutal que permita obtener un valor medio de energía lo más alto posible intentando compensar los periodos de baja captación solar.



Fig 2.13. Estructura fija de captación solar

B) Sistema de captación mediante seguidor solar.

B.1) Con un eje móvil, se trata de un sistema análogo al anterior con la diferencia que este dispone de un sistema que permite variar la inclinación respecto al eje horizontal desde 10° a 50° aproximadamente, en función de la época del año. Este movimiento se puede realizar a través de un sistema manual o automático, este segundo

presenta una mayor autonomía a cambio de un coste de adquisición más elevado, más posibilidades de sufrir averías y un mantenimiento periódico necesario. Los movimientos están condicionados a la incidencia de radiación solar dependiendo de los grados de inclinación que tenga el Sol a lo largo de los meses del año.(fig 2.14)

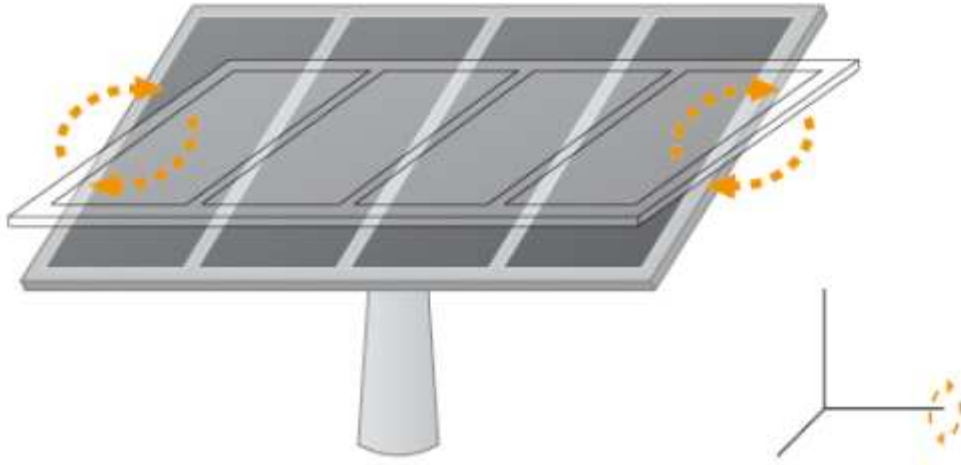


Fig 2.14. Seguidor en 1 eje

B.2) Con doble eje, ambos ejes inclinables independientemente con la finalidad de realizar un seguimiento total de la radiación solar. Siendo posible gracias al desarrollo de la tecnología durante estos últimos años, la cual ha permitido la utilización de sistemas capaces de realizar un seguimiento continuo del desplazamiento del Sol. Estos sistemas consisten en soportes articulados controlados electrónicamente con capacidad para sostener una serie de módulos fotovoltaicos, siendo capaces de orientarse durante el día (azimutalmente) y también modificar su inclinación respecto al suelo estacionalmente captando la máxima energía por unidad de superficie y por mes del año. Como hemos visto, con este sistema se consigue localizar la posición del Sol de una manera automática y orientar los paneles de manera que los rayos solares incidan de forma perpendicular a ellos, logrando de esta forma la máxima eficiencia en la captación de la radiación solar. La energía producida a partir de estos sistemas puede llegar a ser de un 30% más que en los fijos.(fig 2.16)

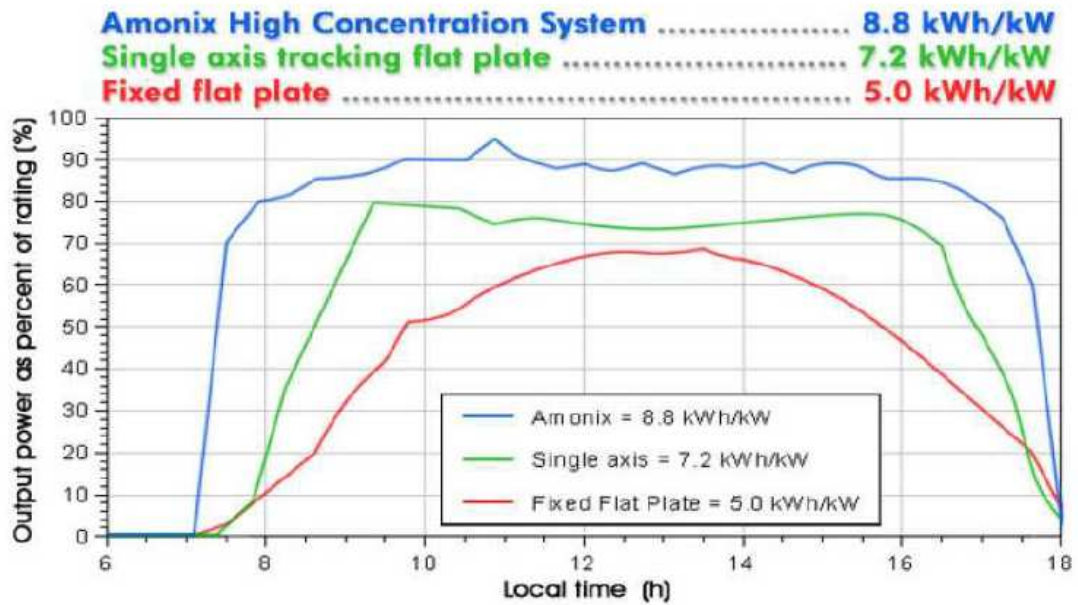


Fig 2.15. Comparativa de absorción solar con células de silicio. Fuente: ENDESA

El inconveniente de este tipo de seguidores es su elevado coste económico y de instalación, pero según estudios, su mayor aprovechamiento de la energía solar a favor de una mayor producción eléctrica puede aconsejar su instalación debido a que se podría llegar a amortizar la instalación en un menor tiempo que en el caso de disponer de un instalación solar fotovoltaica de paneles fijos.

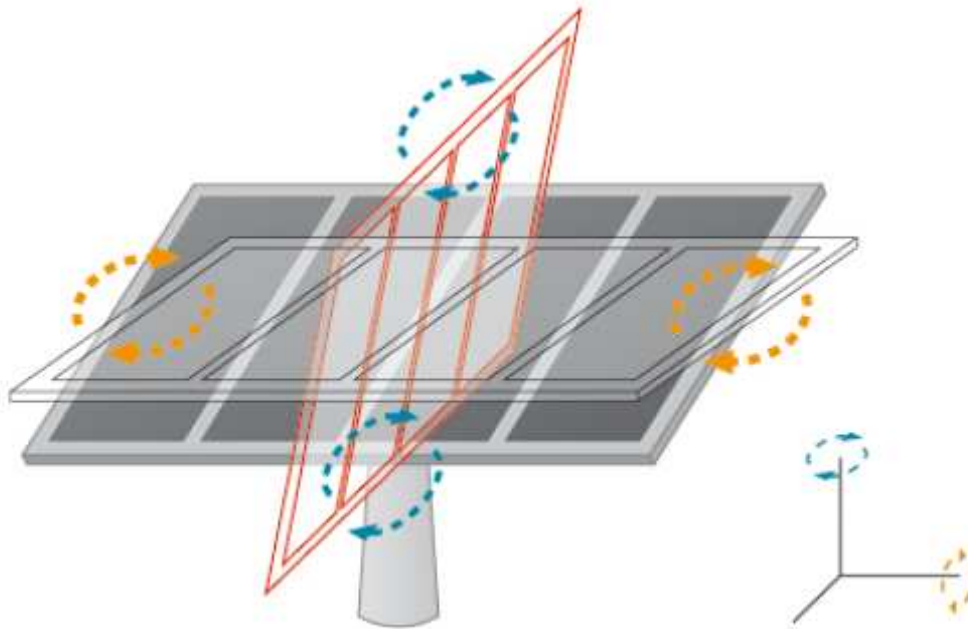


Fig 2.16. Seguidor en 2 ejes

2.9.- Protecciones, cableado y puesta a tierra.

Las protecciones de la instalación cumplirán con lo establecido en el R.D.1663/2000 de 29 de Septiembre sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión, con la resolución de 31 de mayo de 2001 y en particular con el esquema unifilar presentado en los planos de dicha resolución, y con las condiciones particulares de conexión facilitadas por la compañía eléctrica distribuidora.

a. Protecciones:

Además de las protecciones que incluye el inversor se incluirán las siguientes protecciones para la instalación:

-Interruptor general manual

(de manipulación por la compañía eléctrica) Interruptor magnetotérmico. La intensidad de cortocircuito de este interruptor debe ser más alta que la facilitada por la compañía eléctrica en el punto de acceso a la red concedido por esta.

-Fusibles (en armario CC)

En ambos polos de cada rama que componen el generador. Estos fusibles se encontraran en unos armarios situados junto al campo fotovoltaico en las que además se realizara el paralelo de las series hasta llegar al inversor.

-Transformador de aislamiento galvánico (en el inversor)

El aislamiento galvánico entre la red de distribución de baja tensión y el generador fotovoltaico se realizará mediante un transformador de aislamiento que como se ha comentado en el apartado anterior está incluido en el inversor seleccionado.

A su vez, la seguridad para las personas viene garantizada por las protecciones que se relacionan a continuación:

-Interruptor automático diferencial

Con el fin de proteger a las personas en caso de derivación de algún elemento en la parte de corriente alterna de la instalación.

-Configuración flotante del generador fotovoltaico

Los dos polos del generador están aislados de tierra. Al no existir un camino de retorno para la corriente, esta medida garantiza una protección total en caso de un primer defecto. En este caso la resistencia de aislamiento entre generador y tierra anterior a la ocurrencia de una derivación debe ser tan alta como para limitar la corriente de derivación a un máximo de 100 mA. Esto es equivalente a que sea mayor o igual $1.25 V_{oc}/100 \text{ mA}$.

-Vigilancia permanente de aislamiento.

Consiste en la incorporación de un dispositivo de avisar en caso de que por ocurrencia de algún defecto en la instalación no se cumpla la condición de seguridad definida en el párrafo anterior. De esta forma el defecto puede ser reparado antes de que ocurra un segundo defecto. La combinación de esta medida con la anterior proporciona un alto grado de seguridad.

-Doble aislamiento

Aislamiento Clase II en todos los componentes, esta medida de protección consiste en separar las partes accesibles de las instalaciones de sus partes activas, mediante un doble aislamiento o un aislamiento reforzado.

-Puesta a tierra

La puesta tierra de las masas de una instalación tiene por objeto proteger a las personas en el caso de que un defecto provoque la aparición de tensión donde normalmente no debe de haberla y también permite que funciones otras medidas de protección. En esta caso tal y como establece el R.D. 1663/2000 “Las masas de la instalación fotovoltaica estarán conectadas a una tierra independiente de la del neutro de la empresa distribuidora de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, así como de las masas del resto del suministro.”

Se conectarán a tierra la estructura de sujeción de estos, la carcasa de los inversores así como todas las masas metálicas presentes en la instalación. Esta puesta a tierra se realizará mediante cable de cobre desnudo y pica de tierra, siguiendo la normativa vigente en este tipo de instalaciones.

La puesta a tierra de la instalación se hará de forma que no se alteren las condiciones de puesta a tierra de la red de la empresa eléctrica distribuidora, asegurando que se produzcan transferencias de defectos a la red de distribución. Los positivos y negativos de cada rama de la instalación se conducirán hasta el cuadro de alterna separados y protegidos.

b. Cableado de la instalación

Los conductores serán de cobre y tendrán una sección tal que eviten caídas de tensión importantes y calentamientos. En este proyecto y para cualquier condición de trabajo, los conductores tendrán una sección suficiente tal que eviten unas caídas de tensión en la parte de corriente continua y de corriente alterna menores a 3 %.

Las secciones de conductor se adaptarán en cada tramo de circuito a las cargas máximas previsibles, en condiciones normales de servicio, que circulen por cada rama del generador fotovoltaico.

Las secciones finales de cable elegidas están optimizadas en base al análisis económico de pérdidas de potencias y coste de la sección de cable seleccionada. Se utilizará cable de Cu flexible y cubierta de polietileno reticulado, de sección según cálculos adjuntos, tanto para el tramo de continua, que discurre desde las cajas de

conexión de cada módulo hasta el cuadro de paralelos y de este al inversor, como para el tramo de alterna, desde el inversor hasta el cuadro de medida y protección.

2.10.- Medida y Caja General de Protección.

Los elementos que conforman el cuadro de medida de la instalación son los que se contemplan a continuación y en todo momento cumplirán con las normas particulares de la compañía Iberdrola distribución:

- Armario de poliéster autoextinguible reforzado con fibra de vidrio.
- Placas base de poliéster mecanizadas para el montaje de 1 contador electrónico bidireccional, transformadores de intensidad, bases portafusibles e interruptor.
- Bases portafusibles de 250A desconectables en carga de máxima seguridad. Tipo BUC.(Para fusibles NH tamaño 1)
- Interruptor de corte en carga de 250^a IV polos.
- Contador de energía bidireccional estático trifásico multifunción, se instalara un contador trifásica de energía neta fotovoltaica producida que tendrá la capacidad de mediar en ambos sentidos, cambio automático de tarifas y de clase 1.
- Transformadores de intensidad y regleta de verificación.

Los consumos eléctricos en el mismo emplazamiento que la instalación fotovoltaica, se situarán en circuitos independientes de los circuitos eléctricos de la instalación fotovoltaica y de sus equipos de medida. La medida de tales consumos se realizará con equipos propios e independientes, que servirán de base para su facturación.

El contador de salida será bidireccional, ó en su defecto, se conectarán dos contadores unidireccionales. La energía eléctrica que el titular de la instalación facturará a la empresa distribuidora será la diferencia entre la energía eléctrica de salida menos la de entrada a la instalación fotovoltaica.

Todos los elementos integrantes del equipo de medida, tanto a la entrada como a la salida de energía, serán precintados por la empresa distribuidora. Los puestos de los contadores se deberán señalar de forma indeleble, de manera que la asignación a cada titular de la instalación quede patente sin lugar a confusión. Además se indicará, para cada titular de la instalación, si se trata de un contador de entrada de energía procedente de la empresa distribuidora o de un contador de salida de energía de la instalación fotovoltaica.

Los contadores se ajustarán a la normativa metrológica vigente y su precisión deberá ser como mínimo la correspondiente a la Clase 2, regulada por el Real Decreto 875/1984 de 28 de Marzo, por el que se aprueba el Reglamento para la aprobación del modelo y verificación primitiva de contadores de uso corriente (clase 2) en conexión directa, nueva, a tarifa simple o a tarifas múltiples, destinadas a la medida de energía en corriente monofásica o polifásica de 50 Hz de frecuencia.

Las características del equipo de medida de salida serán tales que la intensidad correspondiente a la potencia nominal de la instalación fotovoltaica se encuentre entre el 45% de la intensidad nominal y la intensidad máxima de precisión de dicho equipo.

3. MÉTODOS DE DIMENSIONADO

En los últimos años han proliferado gran cantidad de aplicaciones informáticas capaces de realizar los cálculos necesarios para el dimensionado de sistemas fotovoltaicos. Estos programas realizan cálculos que permiten tener en cuenta muchas situaciones que, para un ingeniero proyectista, serían muy difíciles de considerar, ya que requieren de mucho tiempo.

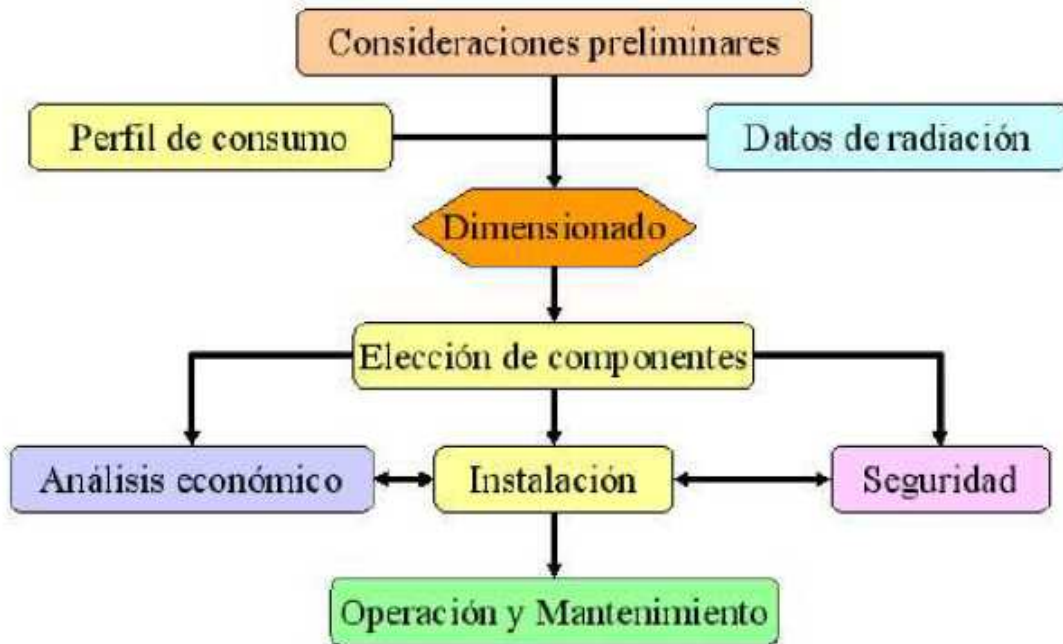


Fig 3.1. El diseño y el dimensionado de un sistema fotovoltaico

Los métodos de dimensionado tienen en común un objetivo, diseñar el sistema con la mayor fiabilidad y el menor coste, modificando los valores de tamaño del generador fotovoltaico y del acumulador. Sin embargo, habrá aplicaciones en las que se busque más fiabilidad aunque se aumente el coste de la instalación, por ejemplo, sistemas de comunicaciones y, otras que requieran de menor fiabilidad, como algunas aplicaciones domésticas.

En nuestro caso el dimensionado se realizará con el programa PVsyst que actualmente es el más avanzado y completo que existe en el campo del diseño de instalaciones fotovoltaicas. Como base de datos climatológica y de radiación solar usaremos la base PVgis de libre acceso en Internet.

3.1-Localización

El sistema se instalara en una parcela aneja a la granja propiedad del ganadero que hasta ahora solo se usaba para almacenar escombros y aperos viejos.

Término municipal: Tarazona (Zaragoza)

Polígono: nº 30

Sigpac: provincia 50; municipio 254; polígono 30: parcelas 10-4

Parcela: nº 3-4-755

Superficie: 4 - 1005.84 m²
3- 478.87 m²
755- 167.42 m²

Coordenadas U.T.M.: X = 604.982m
Y = 4639.583m
Z = 550

Clasificación del terreno: rustico

Linderos de la parcela: Norte: parcela 6
Sur: parcela 5
Este: parcela 701
Oeste: parcela 10

Sombras:

Sur: no hay sombras por tratarse de un terraplén con un desnivel de 3 metros

Este: no hay sombras por tratarse de una zona elevada respecto al este

Oeste: hay sombras debido a la nave de la granja de 5 metros de altura situada a 15 metros de la ubicación de los paneles fotovoltaicos

Parcela afectada

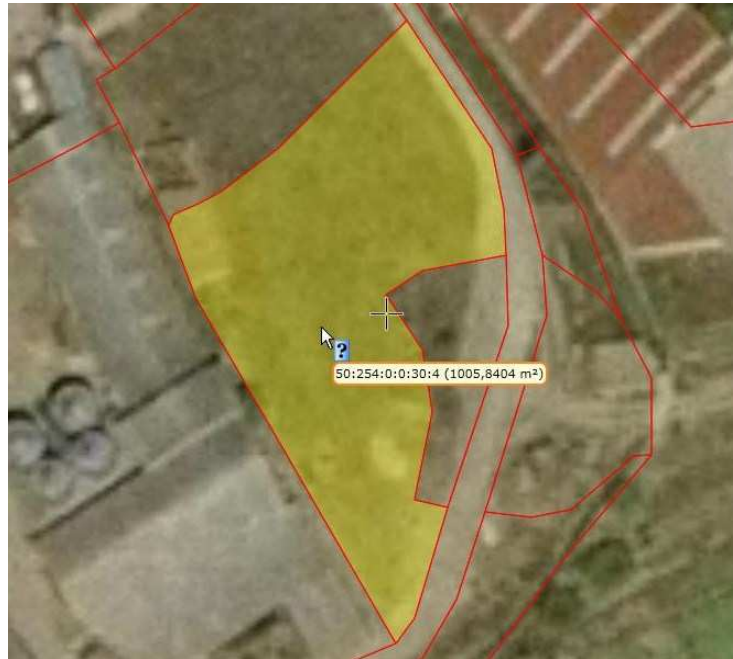


Fig 3.2. Parcela donde se situaran los módulos fotovoltaicos

3.2-Consumo

Se ha realizado un estudio del consumo que tendrá que abastecer la instalación.

Los equipos eléctricos que se encuentran en la granja son los siguientes, con sus respectivos consumos.

elemento	numero	potencia w	p. pico w	horas	total/dia Wh	total/mes Wh
placas	81	40	85	24	77760	2332800
bombillas	33	100	100	3	9900	297000
fluorescentes	2	120	120	5	1200	36000
neveras	2	60	150	24	2880	86400
motor silo	1	3500	3500	1	3500	105000
			3955		95240	2857200

Fig 3.3. Perfil de consumo del sistema

Dado que la granja ya esta construida y sabemos perfectamente los consumos que tenemos debido a que poseemos las facturas de la luz por periodo de un año, no será necesario recurrir a esta tabla para conocer los consumos sino al recibo de la luz adjunto en los anejos el cual nos proporciona una fiabilidad y precisión absolutas.

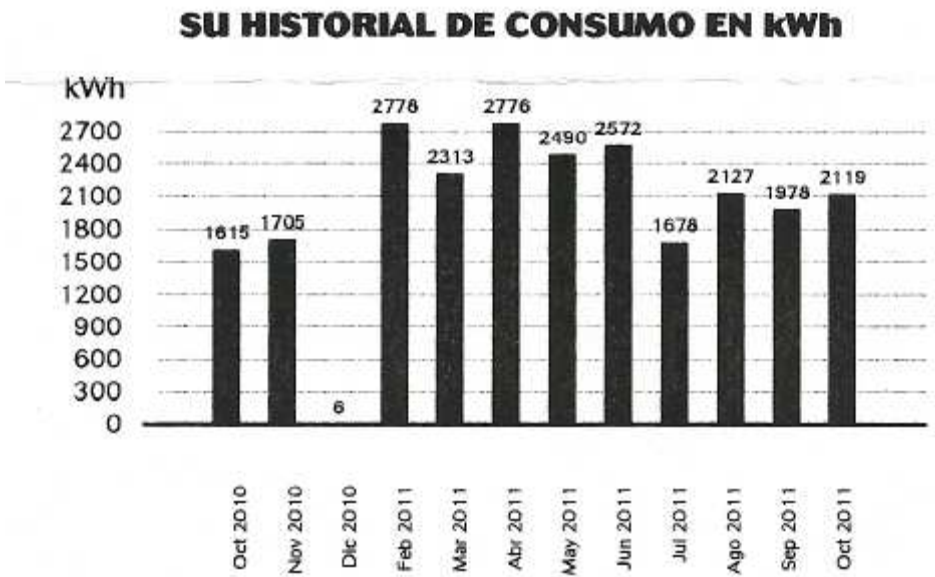


Fig 3.4. Tabla de consumos proporcionada por Endesa

En este grafico de la figura 3.3 ha sido extraído de la factura de la luz de la propia granja se ve detalladamente el consumo de la granja durante todo un año.

Durante los meses de diciembre y enero debido a un fallo en la facturación de la compañía eléctrica no figuran los consumos, pero dada la similitud climatológica de estos meses con el mes de febrero se estima un consumo igual en diciembre, enero y febrero “2776 kWh”

mes	consumo kWh
enero	2776
febrero	2776
marzo	2313
abril	2776
mayo	2490
junio	2572
julio	1678
agosto	2127
septiembre	1978
octubre	2119
noviembre	1705
diciembre	2776
MEDIA	2340,5

Fig 3.5. Tabla consumos mensuales

4.-DIMENSIONADO

Los cálculos se han realizado para 3 supuestos tipos de instalación, para posteriormente analizar la viabilidad económica de los distintos supuestos, por lo tanto se ha calculado todos los parámetros como si se tratase de 3 proyectos distintos:

- 1- Instalación aislada con baterías y generador (Anexo 1)
- 2- Instalación conectada a red en plano fijo (Anexo 2)
- 3- Instalación conectada a red con seguidores en 2 ejes (Anexo 3)

4.1.- descripción del proceso de cálculo

En este apartado vamos a describir brevemente el proceso de cálculo seguido en las distintas instalaciones, el proceso detallado en cada una de ellas se encuentra en los correspondientes anejos.

4.1.1- introducción de datos pvgis

El programa PVSYST dispone, de los datos de radiación de un gran número de ciudades, sin embargo, Tarazona no es una de ellas. La otra opción que permite es introducir desde alguna base de datos externa, ya sea de forma manual ó automática estos datos.

Monthly Solar Irradiation

PVGIS Estimates of long-term monthly averages

Location: 41°54'9" North, 1°43'31" West, Elevation: 494 m a.s.l.,

Solar radiation database used: PVGIS-classic

Optimal inclination angle is: 35 degrees

Annual irradiation deficit due to shadowing (horizontal): 0.0 %

Month	H_h	T_{24h}
Jan	1760	6.1
Feb	2490	7.0
Mar	3980	10.3
Apr	4800	12.1
May	5900	16.2
Jun	6540	20.9
Jul	6600	22.9
Aug	5750	22.7
Sep	4580	19.0
Oct	3070	15.2
Nov	1960	9.2
Dec	1500	6.0
Year	4090	13.9

H_h : Irradiation on horizontal plane (Wh/m²/day)
 T_{24h} : 24 hour average of temperature (°C)

Fig 4.1.1. Datos obtenidos en PVgis

A continuación se introducirán los datos climatológicos. En el programa ya hay una opción que nos permite importar los datos directamente desde la base de datos de PVsist

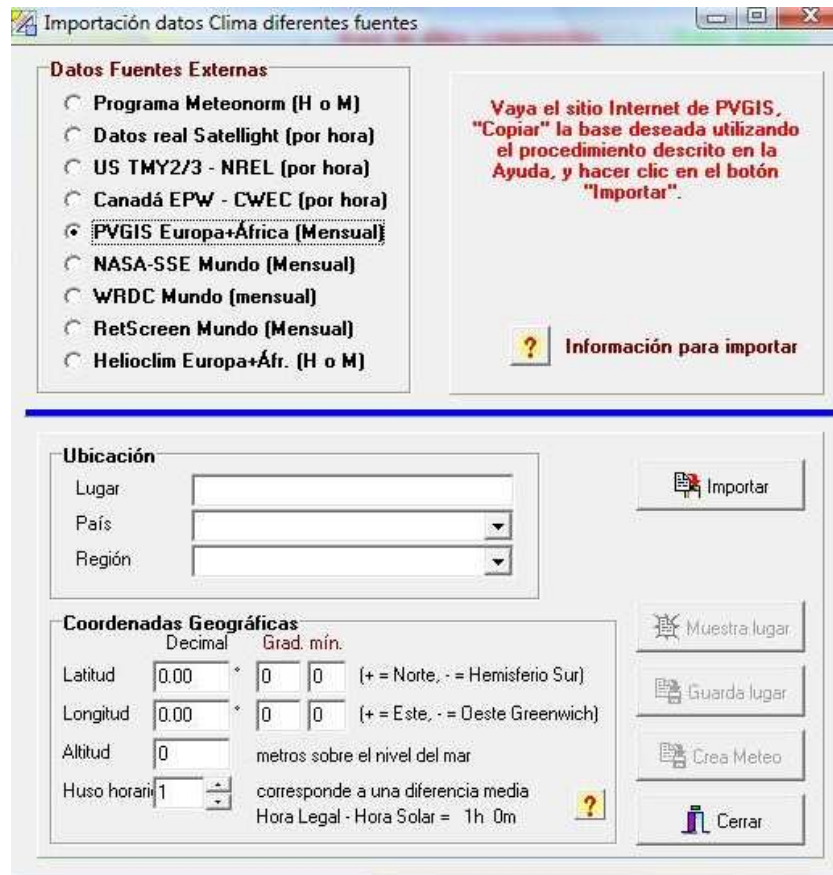


Fig 4.1.2. Introducción de las coordenadas

4.1.2-Dimensionado del proyecto

Una vez hecho esto, se puede comenzar con el dimensionado, para ello, desde la pantalla principal y, para comenzar se elegirá “diseño del proyecto” y el tipo de instalación que queremos dimensionar.



Fig 4.1.3. Pantalla principal pvsyst

Una vez elegido el proyecto pasamos a definir los diversos parámetros de nuestro proyecto.

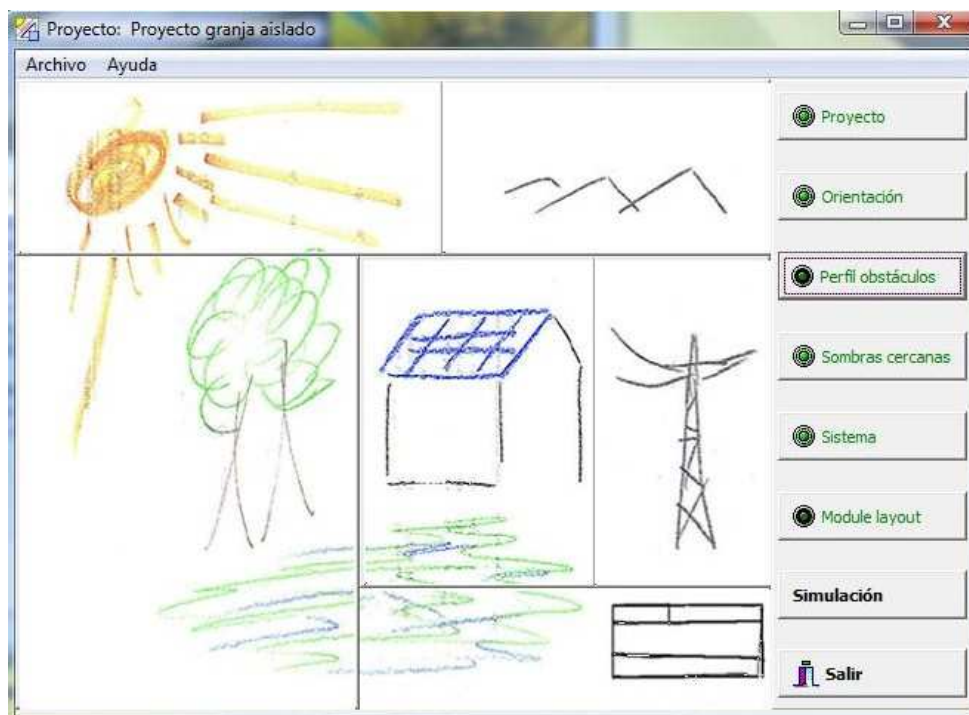


Fig 4.1.4. Pantalla de opciones del proyecto aislado

Cálculo del número de paneles fotovoltaicos necesarios

Para realizar el cálculo del número de paneles fotovoltaicos necesarios hay que seguir la siguiente expresión. Esto es un pre dimensionado manual antes de introducir

los datos en el programa PVSYST A la hora de realizar los cálculos se realiza con los datos del mes más desfavorable en este caso Diciembre:

$$\text{Número paneles fotovoltaicos} = \frac{\text{Energía necesaria (Wh/día)}}{\text{Potencia pico del panel (Wp)} \cdot \text{Radiación solar (hps/día)}}$$

Cálculo de baterías

En este apartado, se realizará el cálculo de acumuladores necesario en nuestra instalación. Para ello se necesitan saber el número de días de autonomía, que por lo general son 3 días, el consumo diario en Ah, y la profundidad de descarga, que generalmente es de 70%.

$$\text{Capacidad total acumulador(Ah)} = \frac{\text{Nº días autonomía} \cdot \text{Consumo energía diari (Ah)}}{\text{Profundidad de descarga}}$$

$$\text{Nº de acumuladores} = \frac{\text{Capacidad total acumulador(Ah)}}{\text{Capacidad del acumulador(Ah)}}$$

Perspectiva

Una vez tenemos todos los datos definiremos la perspectiva constructiva y definiremos los posibles objetos que puedan sombrear nuestra instalación

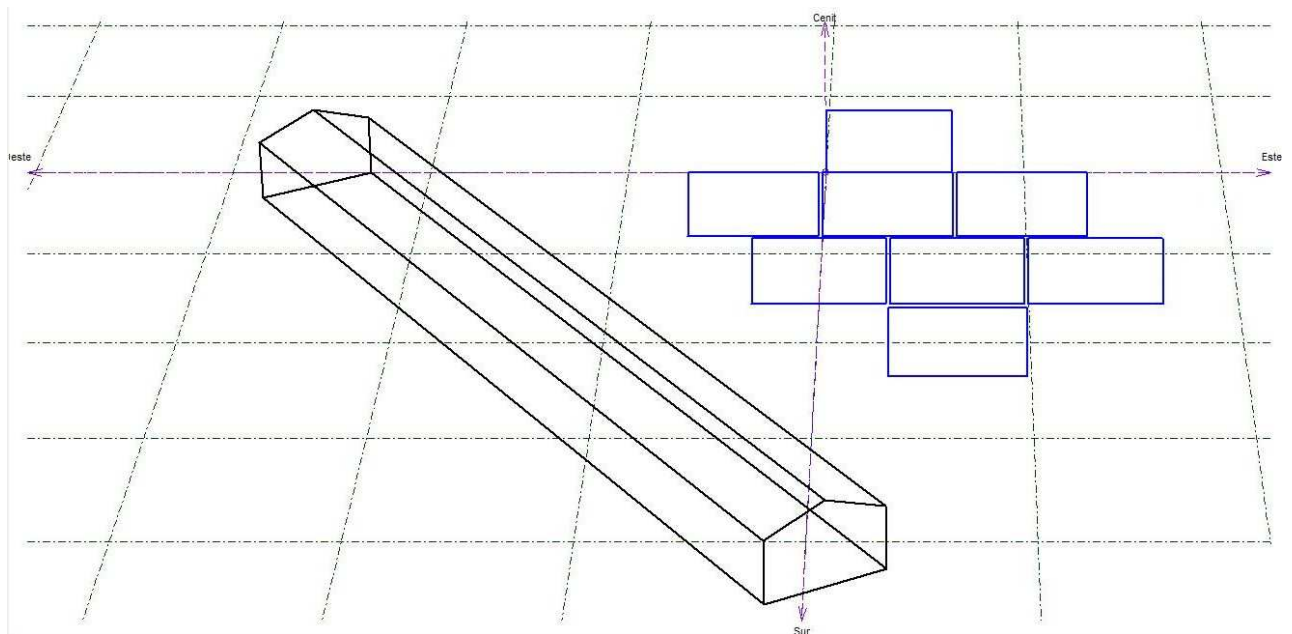


Fig 4.1.5.Perspectiva construida PVsyst

Definición de los elementos del sistema

Para definir el sistema tenemos que tener claros todos los elementos del sistema y sus aspectos tanto técnicos como económicos, una vez tengamos esto claro definiremos la marca y modelo de todos los elementos de la instalación en el programa.

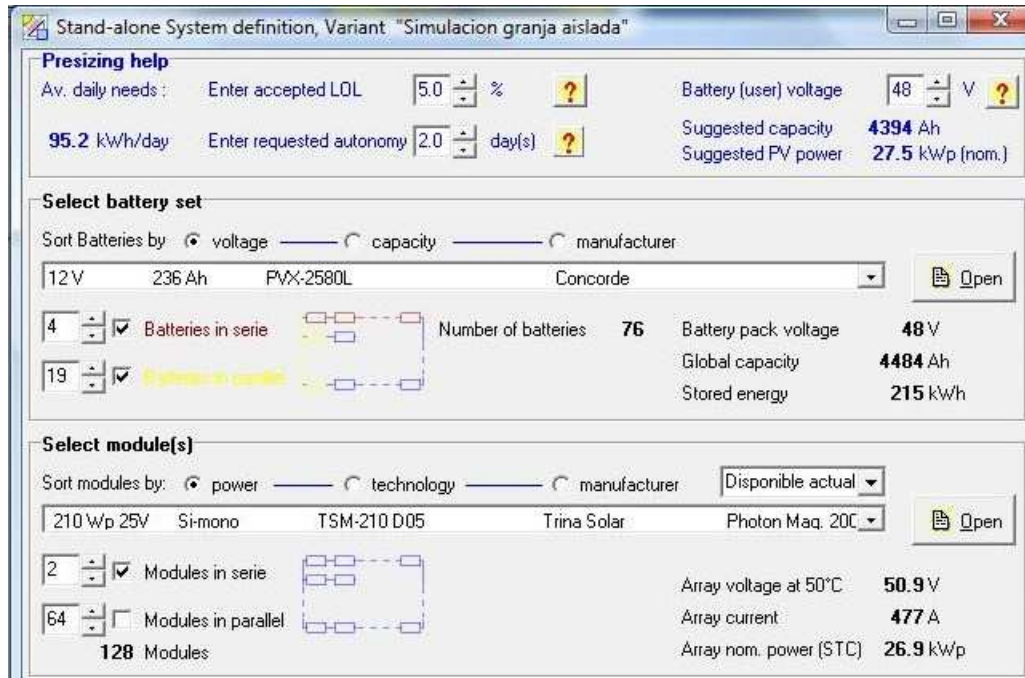


Fig 4.1.6. Pantalla sistema pvsyst

Obtención de resultados

Una vez definida toda la instalación e introducidos todos los datos procederemos a ejecutar la simulación y la obtención de resultados de dicha simulación. Una vez obtenidos los resultados procederemos a valorarlos.

4.2.- Instalación aislada

Primero se calculará una instalación totalmente aislada, dimensionada para abastecer plenamente la granja sin riesgo de pérdidas de suministro.

4.2.1.- Dimensionado de paneles

Los paneles se distribuirán en mesas de 16 paneles cada una, separadas entre ellas a una distancia de 6.01m desde la punta superior de una hasta la base de la otra, como se especifica en el dibujo. Esta separación es debida a la inclinación óptima en el mes más desfavorable (diciembre) y el ángulo de posición del sol el día que más bajo esta del año (24 grados).

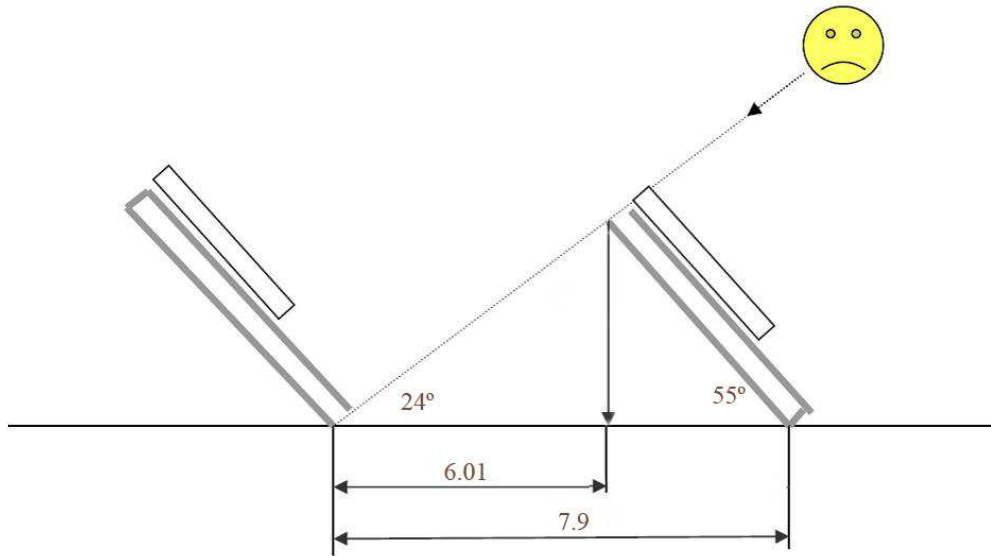


Fig 4.2.1. Separación entre mesas

Así pues colocaremos un total de 128 módulos situados en 8 mesas de 16 paneles cada una con una distribución como se especifica en las figuras 4.1.2 y 4.1.3. Esta distribución has sido escogida mediante un predimensionado que nos ha dado el número aproximado de paneles y valorando la distribución mas apropiada dada la geometría de la parcela, la orientación y la separación mínima para no crear sombreados como se ve en la figura 4.1.1.

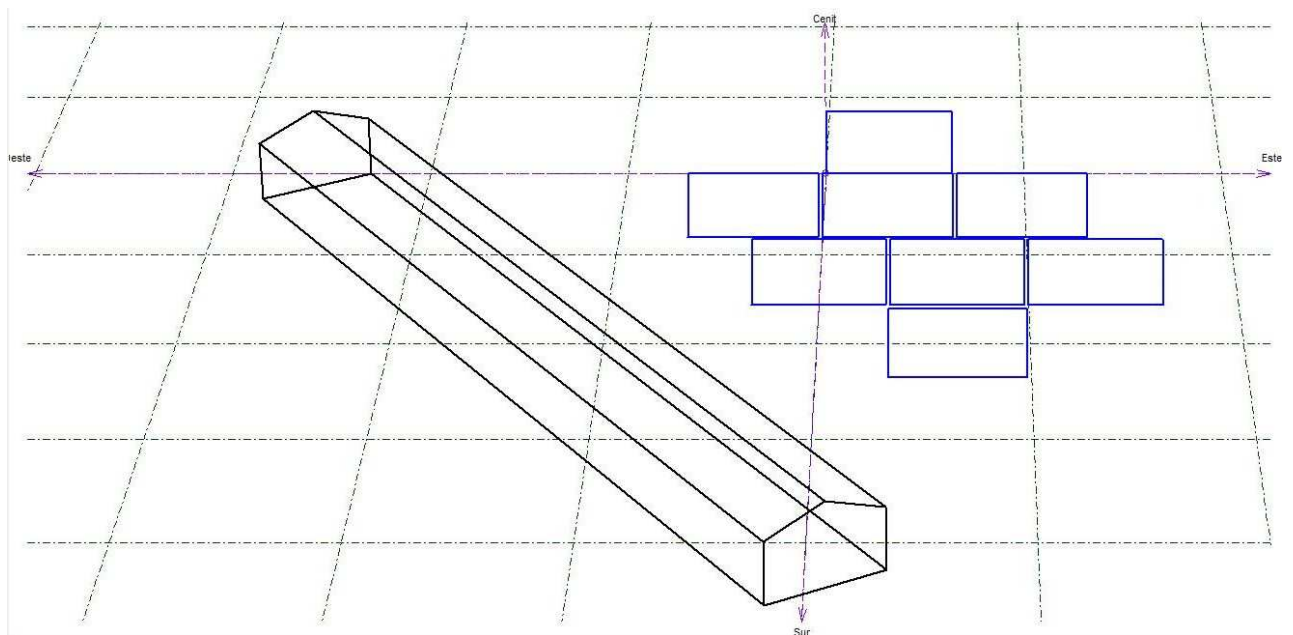


Fig 4.2.2. Perspectiva constructiva pvsyst

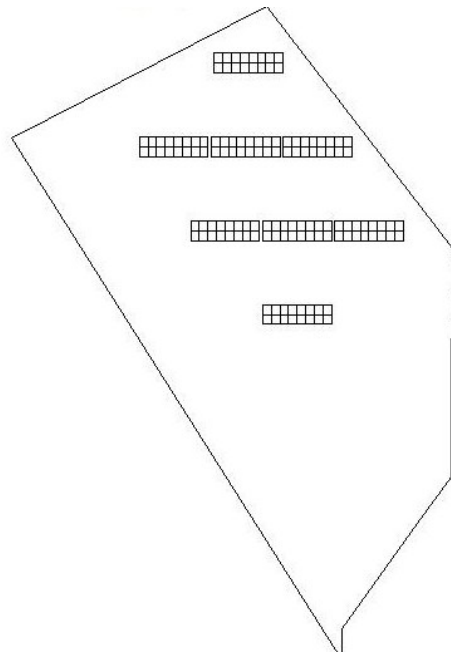


Fig 4.2.3. Plano de placas en parcela

4.2.2.- Dimensionado instalación eléctrica

Escogemos un voltaje de 48V porque para grandes consumos es recomendable usar la máxima tensión disponible.

Le asignamos una autonomía de 2 días porque si no con más días se nos dispararía el número de baterías y el coste de la instalación, además nuestra instalación va a venir apoyada por un generador de gasoil que en el caso de falta de energía se pondría en marcha para abastecer la instalación.

Elementos de la instalación

Módulos fotovoltaicos: trinasolar TSM 210 D05

Baterías: Concorde PVX-2580L

Generador gasolina: Honda S12000

Regulador: genérico con intensidad máxima de trabajo de 500A y tensión 48V

Inversor: LAYER GC-204 de 27KWp de 400V y 18A de salida en trifásica

Instalación

Para abastecer nuestras necesidades de 95.2 kWh/día con una autonomía de 2 días serán necesarios:

- 128 paneles fotovoltaicos distribuidos 2 en serie y 64 en paralelo
- 76 baterías, 4 en serie y 19 en paralelo

Como se muestra en el anejo 1 de instalación aislada.

La inclinación de los paneles será de 55° la cual es la inclinación óptima durante los meses de invierno que es cuando más energía se requiere y menos aporta el sol. El acimut será de 0° y la potencia nominal total de 27 kWp, la tensión proporcionada por los paneles será de 48v y la energía total producida por el sistema será de 34.8 MWh/año. Todos los datos de nuestra instalación vienen especificados en el anejo 1 de instalación aislada.

En la simulación del anejo 1 observamos que las perdidas por sombreado están dentro del rango asumible 6.8%, y que el resto de pérdidas son las normales para este tipo de instalaciones.

Nuestra instalación cubre perfectamente nuestras necesidades durante todo el año, siendo esta muy excedentaria durante los meses de verano, hasta 1273 KWh en julio de excedente, en los cuales para evitar un sobrecalentamiento de las placas por exceso de energía procederemos a cubrir parte de ellas con una lona reflectante según sea necesario, valorando en nivel de carga de las baterías y el consumo de nuestra explotación durante estos meses de excedente energético.

mes	consumo kWh	kWh producidos	balance
enero	2776	2962	186
febrero	2776	2667	-109
marzo	2313	2949	636
abril	2776	2857	81
mayo	2490	2950	460
junio	2572	2856	284
julio	1678	2951	1273
agosto	2127	2951	824
septiembre	1978	2856	878
octubre	2119	2952	833
noviembre	1705	2857	1152
diciembre	2776	2953	177

Fig 4.2.4. Tabla Resultados

Así pues durante los meses de invierno en caso de que no fueran suficientes las placas y baterías por causa de varios días seguidos nublado o consumos fuera de lo normal se instalara un generador a gasoil que se encenderá automáticamente cuando el regulador de las baterías detecte que la carga de estas es inferior al mínimo marcado por el fabricante.

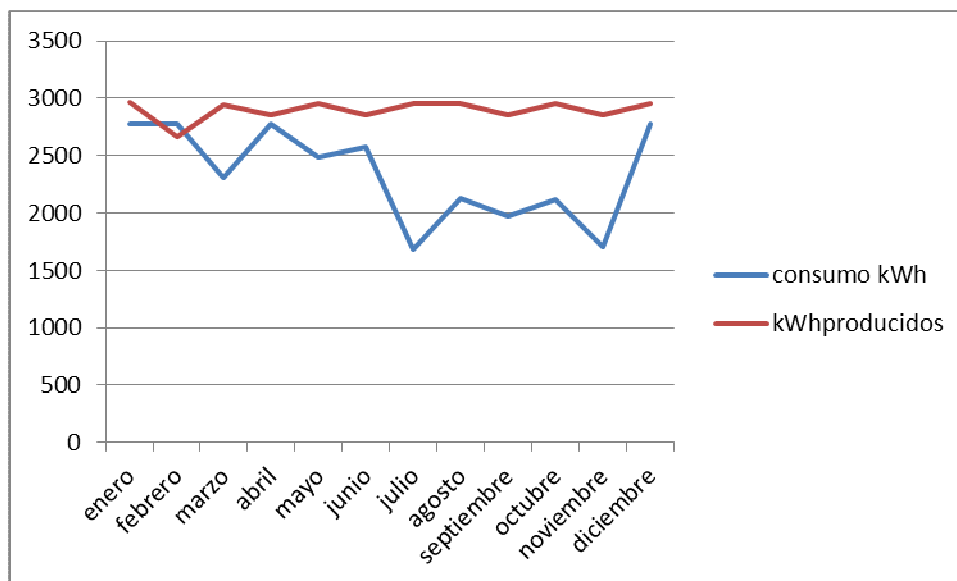


Fig 4.2.5. Gráfico resultado

4.3.- Instalación conectada a red en plano fijo

Este tipo instalación se calcula totalmente ajena a las necesidades de la granja, su único fin es valorar la rentabilidad respecto a las instalaciones aisladas, la granja se abastecerá de la red de manera independiente a la central solar, y esta inyectará su energía a la red sin pasar por la granja, solo se tendrá en cuenta el dimensionado del número de paneles y distribución de la aislada para valorar adecuadamente las diferencias de rentabilidad entre un tipo de instalación y otro.

4.3.1.-Dimensionado de paneles

Los paneles se distribuirán en mesas de 16 paneles cada una, separadas entre ellas a una distancia de 6.01m desde la punta superior de una hasta la base de la otra como se especifica en el dibujo. Esta separación es debida a la inclinación óptima en el mes más desfavorable y el ángulo de posición del sol el día que más bajo está del año.

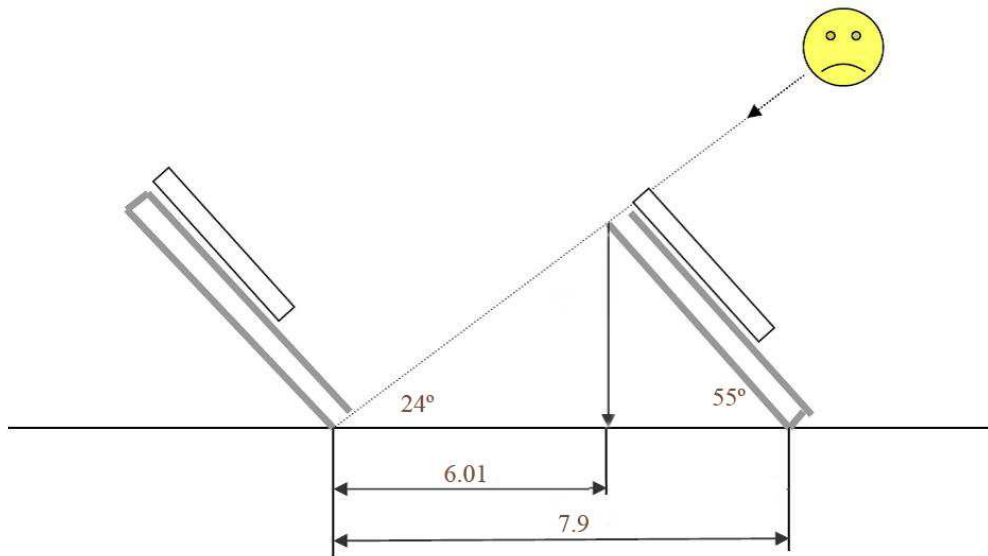


Fig 4.3.1. Separación entre mesas

Así pues colocaremos un total de 126 módulos situados en 7 mesas de 16 paneles y 1 mesa de 14 paneles, cada una con una distribución como se especifica en las figuras 4.2.2 y 4.2.3. Esta distribución ha sido escogida buscando la mayor semejanza a la distribución de la instalación aislada que es la que tomamos como referencia.

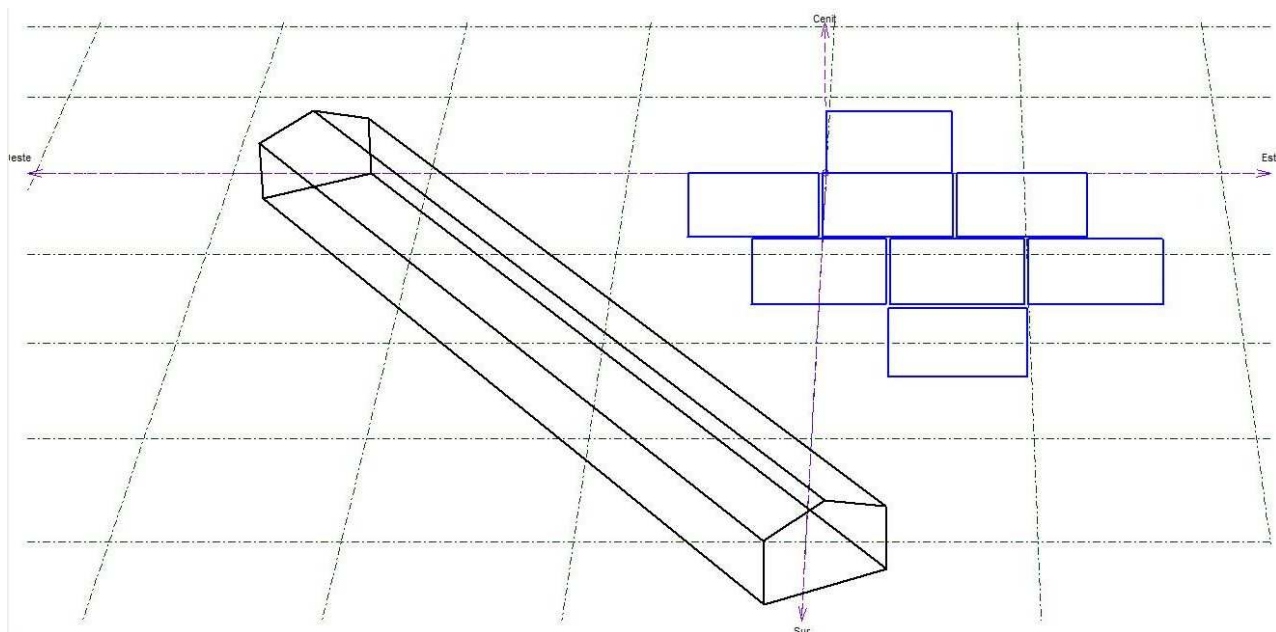


Fig 4.3.2. Perspectiva constructiva pvsyst

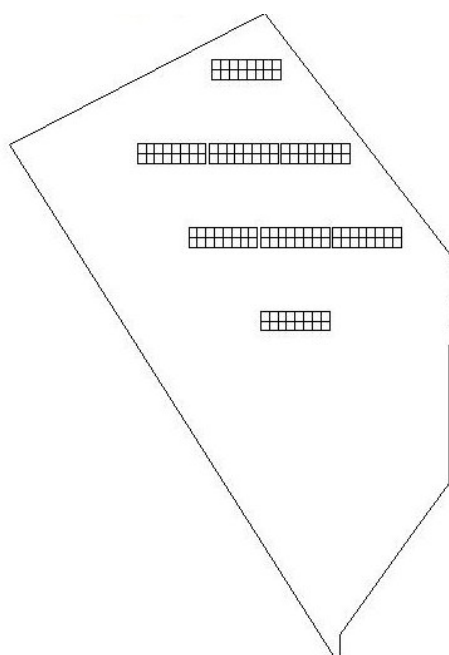


Fig 4.3.3 Plano de placas en parcela

Calculo eléctrico

Elementos de la instalación

Módulos fotovoltaicos: trinasolar TSM 210 D05

Inversor: Santerno, SUNWAY TG 35-ES - 800V 25kw

4.3.2.- Dimensionado instalación eléctrica

Para que nuestra instalación se asemeje lo máximo posible a la usada en aislada y dados los requerimientos del inversor para poder inyectar a red, serán necesarios 126 paneles fotovoltaicos distribuidos 21 en serie y 6 en paralelo y un inversor de rango 430-760 voltios apto para inyección a red.

La inclinación de los paneles será de 55° la cual es la inclinación óptima durante los meses de invierno que es cuando más energía se requiere y menos aporta el sol. El acimut será de 0° y la potencia nominal total de 26 kWp, la tensión proporcionada por los paneles será de 534V y la energía total producida por el sistema será de 29.41 MWh/año. Todos los datos de nuestra instalación vienen especificados en el anejo 2 de instalación conectada a red en plano fijo.

En la simulación observamos que hay perdidas por sombreado están dentro del rango asumible 6.8%, y que el resto de pérdidas son las normales para este tipo de instalaciones.

Nuestra instalación suministra a la red un total de 29,41 MWh/año observándose un pico de producción durante los meses de verano a pesar de que el ángulo esta optimizado para los meses de invierno, lo que nos anima a realizar una nueva simulación con seguidores para tratar de sacar el máximo rendimiento posible a la instalación y así poder realizar una nueva comparativa para buscar la solución óptima.

4.4.- Instalación conectada a red con seguidores en 2 ejes

Este tipo instalación se calcula totalmente ajena a las necesidades de la granja, su único fin es valorar la rentabilidad respecto a las instalaciones aisladas, la granja se abastecerá de la red de manera independiente a la central solar, y esta inyectara su energía a la red sin pasar por la granja, solo se tendrá en cuenta el dimensionado del número de paneles y distribución de la aislada para valorar adecuadamente las diferencias de rentabilidad entre un tipo de instalación y otro.

4.4.1.-Dimensionado de paneles

Los paneles se distribuirán en mesas de 16 paneles cada una estas mesas serán móviles en 2 ejes, norte-sur y este-oeste, separadas entre ellas a una distancia de 6.01m desde la punta superior de una hasta la base de la otra como se especifica en el dibujo. Esta separación es debida a la inclinación optima en el mes más desfavorable y el ángulo de posición del sol el día que más bajo esta del año.

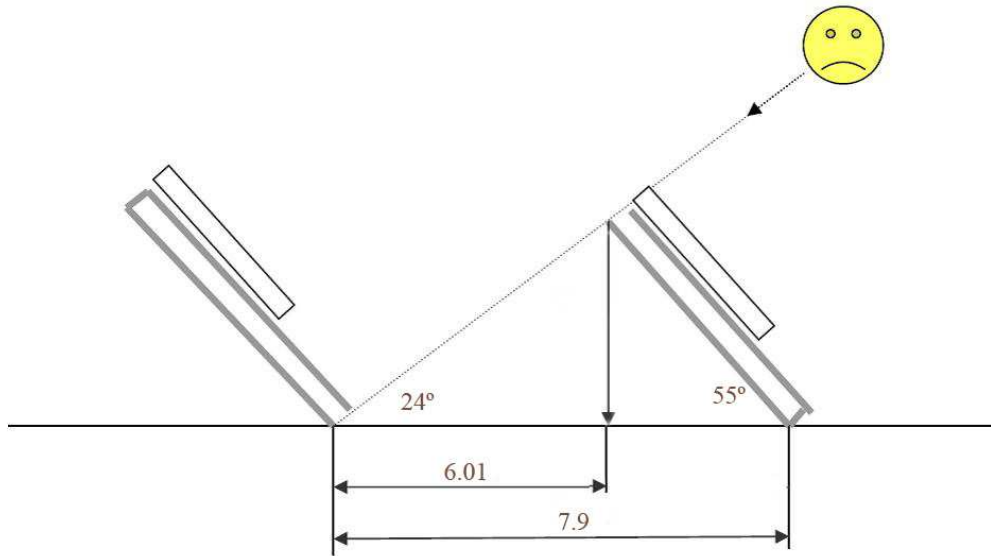


Fig 4.4.1. Separación entre mesas

Así pues colocaremos un total de 126 módulos situados en 8 mesas de 16 paneles cada una y una con 14 paneles con una distribución como se especifica en el dibujo.

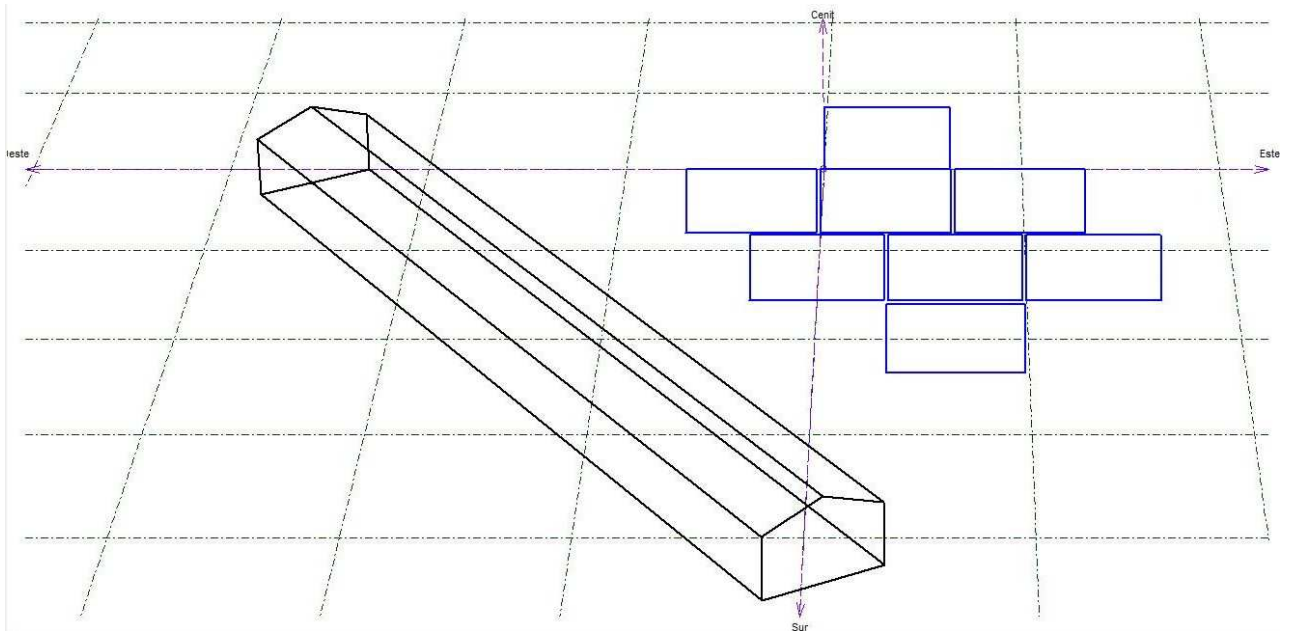


Fig 4.4.2. Perspectiva constructiva

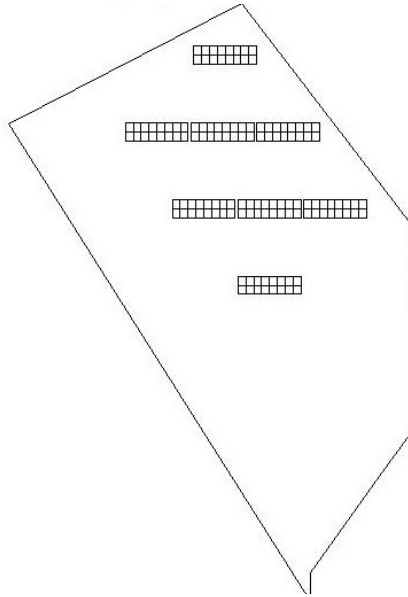


Fig 4.4.3. Plano de placas en parcela

4.4.2.- Dimensionado instalación eléctrica

Elementos de la instalación

Módulos fotovoltaicos: trinasolar TSM 210 D05

Inversor: Santerno, SUNWAY TG 35-ES - 800V 27kw

Instalación

Para que nuestra instalación se asemeje lo máximo posible a la usada en aislada y dados los requerimientos del inversor para poder inyectar a red, serán necesarios 126 paneles fotovoltaicos distribuidos 21 en serie y 6 en paralelo y un inversor de rango 430-760 voltios apto para inyección a red.

La inclinación de los paneles será variable debido a los movimientos de los seguidores. El acimut también variará según la posición del sol, la potencia nominal total de 26 kWp, la tensión proporcionada por los paneles será de 534V y la energía total producida por el sistema será de 40.4 MWh/año. Todos los datos de nuestra instalación vienen especificados en el anejo 3 de instalación conectada a red con seguidores.

En la simulación observamos que las pérdidas por sombreado están dentro del rango asumible 8.5%, y que el resto de pérdidas son las normales para este tipo de instalaciones.

Nuestra instalación suministra a la red un total de 40.04 MWh/año observándose un pico de producción durante los meses de verano muy acentuado.

5.- ESTUDIO ECONÓMICO

En el estudio económico se busca analizar la viabilidad de nuestra instalación y cuál de las posibles alternativas sería más rentable, así como estudiar a qué precio debería estar el kWh para que nuestra inversión resultara rentable.

5.1.- Resumen del presupuesto instalación aislada

A continuación se muestra el resumen del presupuesto desglosado en capítulos, correspondiente al volumen de obra total del proyecto aislado:

RESUMEN DE PRESUPUESTO

instalacion fotovoltaica aislada

CAPITULO	RESUMEN	EUROS	%
1	acondicionamiento.....	469,80	0,57
2	estructura.....	3.478,64	4,23
3	cableado.....	6.559,17	7,98
4	equipos.....	54.152,64	65,84
5	cuadros electricos.....	4.863,73	5,91
6	caseta baterias y cuadros.....	7.151,07	8,69
7	urbanizacion.....	1.956,79	2,38
8	seguridad y salud.....	3.323,82	4,04
9	proteccion contra incendios.....	290,20	0,35
TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL		82.245,86	
	13,00 % Gastos generales.....	10.691,96	
	6,00 % Beneficio industrial.....	4.934,75	
SUMA DE G.G. y B.I.		15.626,71	
	21,00 % I.V.A.	20.553,24	
TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA		118.425,81	
TOTAL PRESUPUESTO GENERAL		118.425,81	

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de CIENTO DIECIOCHO MIL CUATROCIENTOS VEINTICINCO EUROS con OCHENTA Y UN CÉNTIMOS

tarazona, a 17 de julio de 2012.

El promotor

La dirección facultativa

5.1.2- Cobros ordinarios

El coste anual que nos supone estar conectados a la red eléctrica sin contar los impuestos es de 3833,14 €. Con el 21% de iva nos asciende a un total de 4638,1€ Este coste lo interpretaremos como ingresos a la hora de realizar el estudio de viabilidad económica puesto que es el dinero que deberíamos pagar en caso de estar conectados a la red.

5.1.3- Pagos ordinarios

Los pagos ordinarios serán las tareas de mantenimiento regular e inspecciones habituales en este tipo de instalaciones así como el gasoil empleado en el generador supletorio necesario en caso de descarga de las baterías.

Los pagos ordinarios aproximados ordinarios son de 3168,27 €/año.

5.1.4- Subvenciones

Según la ORDEN de 14 de diciembre de 2011, del Departamento de Economía y Empleo, por la que se aprueban las bases reguladoras y se convocan para el ejercicio 2011, subvenciones para el uso eficiente de la energía y aprovechamiento de energías renovables.

Esta subvención puede ascender hasta un 20% de la inversión

El total de la subvención asciende a 19.574,514 €

5.1.5.- Análisis de la inversión

La ejecución del proyecto requiere una inversión de 118.425,81 € teniendo en cuenta el beneficio industrial y los gastos generales y considerando el I.V.A.

Para la financiación del proyecto, el promotor solicitará un préstamo a una entidad financiera por un importe de 50.000 € al 5% de interés anual y plazo de amortización de 10 años. Este préstamo corresponde al 42 % de la inversión.

Además recibe para la ejecución de la obra una subvención del 20 % del valor inicial 19.575 €

En el Anejo 5 de viabilidad económica, se ha realizado un análisis mediante los criterios del Valor Actual Neto (V.A.N.) y la Tasa Interna de Rentabilidad (T.I.R.), obteniendo los siguientes resultados:

Los resultados obtenidos en el análisis de la inversión de nuestro proyecto son los siguientes:

V.A.N.: 43.613 €

T.I.R.: -----

PayBack: -----

Con estos resultados se puede concluir que la inversión del proyecto no es viable, puesto que el V.A.N. es positivo, pero no es rentable debido a que el T.I.R. es inferior al tipo de interés e incluso negativo, al no ser rentable no obtenemos ni TIR ni Pay Back. Esto demuestra que en caso de tener cerca una toma eléctrica es mucho más rentable suministrarse de la red eléctrica que montarse la instalación aislada para autoabastecerse, este estudio también indica lo que puede suponer de sobrecoste a una granja el establecerse lejos de una toma de corriente de la red general.

5.1.6.- Umbral de rentabilidad

El umbral de rentabilidad nos marca el precio al que debería estar el kwh para que nos resultara más rentable tener una instalación aislada que tomarla de la red.

consumo kwh	precio kwh	total €
26032	0,4	10500

Y obtendríamos:

TIR 4%

VAN 95.211€

Para que nuestra instalación sea rentable el precio del kWh suministrado por la compañía debería ser de 0.4 euros.

5.2.1- Resumen del presupuesto instalación conectada a red en plano fijo

A continuación se muestra el resumen del presupuesto desglosado en capítulos, correspondiente al volumen de obra total del proyecto conectado a red en plano fijo:

RESUMEN DE PRESUPUESTO

CAPITULO	RESUMEN	EUROS	%
1	acondicionamiento.....	469,80	0,74
2	estructura.....	3.478,64	5,46
3	cableado.....	14.161,76	22,25
4	equipos.....	30.748,04	48,30
5	cuadros electricos.....	2.109,60	3,31
6	caseta cuadros.....	7.115,83	11,18
7	urbanizacion.....	1.956,79	3,07
8	seguridad y salud.....	3.323,82	5,22
9	proteccion contra incendios.....	290,20	0,46
TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL		63.654,48	
	13,00 % Gastos generales.....	8.275,08	
	6,00 % Beneficio industrial.....	3.819,27	
SUMA DE G.G. y B.I.		12.094,35	
	21,00 % I.V.A.	15.907,25	
TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA		91.656,08	
TOTAL PRESUPUESTO GENERAL		91.656,08	

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de NOVENTA Y UN MIL SEISCIENTOS CINCUENTA Y SEIS EUROS con OCHO CÉNTIMOS

, a 17 de julio de 2012.

El promotor

La dirección facultativa

5.2.2- Cobros ordinarios

Nuestra instalación es una instalación del tipo II puesto que está situada en el suelo y no en la cubierta de una nave.

Los valores de las tarifas que serán de aplicación para la convocatoria del primer trimestre de 2012 son según el artículo 4 del Real Decreto-ley 1/2012, de 27 de enero, queda suspendido el procedimiento de inscripción en el Registro de preasignación previsto en el artículo 4.1 del Real Decreto 1578/2008, de 26 de septiembre, de las solicitudes de instalaciones de tecnología fotovoltaica que hubieran sido presentadas a las convocatorias correspondientes a 2012:

Así pues asignaremos una retribución por Kwh de 0.121716 €/Kwh

kwh	precio €/kwh	total€
29410	0,121716	3579,66756

El total de cobros ordinarios asciende a 3579,67 €/año

5.2.2- Pagos ordinarios

Los pagos ordinarios serán las tareas de mantenimiento regular e inspecciones habituales en este tipo de instalaciones.

Los pagos ordinarios aproximados ordinarios son de 330 €/año.

5.2.3- Subvenciones

Según la ORDEN de 14 de diciembre de 2011, del Departamento de Economía y Empleo, por la que se aprueban las bases reguladoras y se convocan para el ejercicio 2011, subvenciones para el uso eficiente de la energía y aprovechamiento de energías renovables.

Esta subvención puede ascender hasta un 20% de la inversión

El total de la subvención asciende a 15.149,766 €

5.2.4.- Análisis de la inversión

La ejecución del proyecto requiere una inversión de 91.656,08 € teniendo en cuenta el beneficio industrial y los gastos generales y considerando el I.V.A.

Para la financiación del proyecto, el promotor solicitará un préstamo a una entidad financiera por un importe de 50.000 € al 5% de interés anual y plazo de amortización de 10 años. Este préstamo corresponde al 54 % de la inversión.

Además recibe para la ejecución de la obra una subvención del 20 % del valor inicial 15.149,766 €

En el Anejo 4 de viabilidad económica, se ha realizado un análisis mediante los criterios del Valor Actual Neto (V.A.N.) y la Tasa Interna de Rentabilidad (T.I.R.), obteniendo los siguientes resultados:

Los resultados obtenidos en el análisis de la inversión de nuestro proyecto son los siguientes:

V.A.N.: 59.123 €

T.I.R.: -----

PayBack: -----

Con estos resultados se puede concluir que la inversión del proyecto no es viable, puesto que el V.A.N. es positivo, pero no es rentable debido a que el T.I.R. es inferior al tipo de interés e incluso negativo. Esto demuestra que una vez eliminadas las subvenciones del gobierno y para una instalación tan pequeña como la que es objeto de nuestro proyecto la inversión no resulta rentable, pero si más rentable que la instalación aislada la cual era mucho más costosa por la necesidad de acumuladores y generador auxiliar y el rendimiento era menor debido al no aprovechamiento de mucha de la energía generada durante los meses de verano.

5.2.5.- Umbral de rentabilidad

El umbral de rentabilidad nos marca el precio al que debería estar el kwh para que nos resultara rentable tener una instalación solar fotovoltaica en plano fijo.

kwh generados	precio kwh	total €
29410	0,2	6000

TIR 4%

VAN 77.146€

Para que nuestra instalación sea rentable el precio del kWh pagado por la compañía debería ser de 0.2 euros.

5.3.- Resumen presupuesto instalación conectada a red con seguidores en 2 ejes

A continuación se muestra el resumen del presupuesto desglosado en capítulos, correspondiente al volumen de obra total del proyecto conectado a red en plano fijo:

RESUMEN DE PRESUPUESTO

CAPITULO	RESUMEN	EUROS	%
1	acondicionamiento.....	469,80	0,39
2	estructura.....	61.097,76	50,19
3	cableado.....	14.161,76	11,63
4	equipos.....	31.208,04	25,64
5	cuadros electricos.....	2.109,60	1,73
6	caseta cuadros.....	7.115,83	5,85
7	urbanizacion.....	1.956,79	1,61
8	seguridad y salud.....	3.323,82	2,73
9	proteccion contra incendios.....	290,20	0,24
TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL		121.733,60	
	13,00 % Gastos generales.....	15.825,37	
	6,00 % Beneficio industrial.....	7.304,02	
SUMA DE G.G. y B.I.		23.129,39	
	21,00 % I.V.A.	30.421,23	
TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA		175.284,22	
TOTAL PRESUPUESTO GENERAL		175.284,22	

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de CIENTO SETENTA Y CINCO MIL DOSCIENTOS OCHENTA Y CUATRO EUROS con VEINTIDOS CÉNTIMOS

, a 17 de julio de 2012.

El promotor

La dirección facultativa

5.3.2- Cobros ordinarios

Nuestra instalación es una instalación del tipo II puesto que está situada en el suelo y no en la cubierta de una nave.

Los valores de las tarifas que serán de aplicación para la convocatoria del primer trimestre de 2012 son según el artículo 4 del Real Decreto-ley 1/2012, de 27 de enero, queda suspendido el procedimiento de inscripción en el Registro de preasignación previsto en el artículo 4.1 del Real Decreto 1578/2008, de 26 de septiembre, de las solicitudes de instalaciones de tecnología fotovoltaica que hubieran sido presentadas a las convocatorias correspondientes a 2012:

Así pues asignaremos una retribución por Kwh de 0.121716 €/Kwh

kwh	precio kwh	total
40400	0,121716	4917,3264

El total de cobros ordinarios asciende a 4917,3264 €/año

5.3.2- Pagos ordinarios

Los pagos ordinarios serán las tareas de mantenimiento regular e inspecciones habituales en este tipo de instalaciones.

Los pagos ordinarios aproximados ordinarios son de 410 €/año.

5.3.3- Subvenciones

Según la ORDEN de 14 de diciembre de 2011, del Departamento de Economía y Empleo, por la que se aprueban las bases reguladoras y se convocan para el ejercicio 2011, subvenciones para el uso eficiente de la energía y aprovechamiento de energías renovables.

Esta subvención puede ascender hasta un 20% de la inversión

El total de la subvención asciende a 28.972,6 €

5.3.4.- Análisis de la inversión

La ejecución del proyecto requiere una inversión de 175.284,22 € teniendo en cuenta el beneficio industrial y los gastos generales y considerando el I.V.A.

Para la financiación del proyecto, el promotor solicitará un préstamo a una entidad financiera por un importe de 50.000 € al 5% de interés anual y plazo de amortización de 10 años. Este préstamo corresponde al 28 % de la inversión.

Además recibe para la ejecución de la obra una subvención del 20 % del valor inicial 28.972,6 €

En el Anejo 5 de viabilidad económica, se ha realizado un análisis mediante los criterios del Valor Actual Neto (V.A.N.) y la Tasa Interna de Rentabilidad (T.I.R.), obteniendo los siguientes resultados:

Los resultados obtenidos en el análisis de la inversión de nuestro proyecto son los siguientes:

Los resultados obtenidos en el análisis de la inversión de nuestro proyecto son los siguientes:

V.A.N.: 87.061 €

T.I.R.: -----

PayBack: -----

Con estos resultados se puede concluir que la inversión del proyecto no es viable, puesto que el V.A.N. es positivo, pero no es rentable debido a que el T.I.R. es inferior al tipo de interés e incluso negativo, al no ser rentable no obtenemos T.I.R ni Pay back. Esto demuestra que una vez eliminadas las subvenciones del gobierno y para una instalación tan pequeña como la que es objeto de nuestro proyecto la inversión no resulta rentable, pero si más rentable que la instalación aislada la cual era más costosa por la necesidad de acumuladores y generador auxiliar y el rendimiento era menor debido al no aprovechamiento de mucha de la energía generada durante los meses de verano.

5.3.5.- Umbral de rentabilidad

El umbral de rentabilidad nos marca el precio al que debería estar el kwh para que nos resultara rentable tener una instalación solar fotovoltaica con seguidores.

kwh generados	precio €/kwh	total €
40400	0,27	11000

TIR 4%

VAN 134.141 €

Para que nuestra instalación sea rentable el precio del kWh pagado por la compañía debería ser de 0.27 euros.

6.- CONCLUSIONES

Nuestro estudio buscaba tanto calcular el coste que supondría adicional el montar una granja a la cual no se pudiera hacer llegar una acometida eléctrica por lejanía de esta y a su vez valorar la rentabilidad de los distintos tipos de instalación que hoy en día se encuentran disponibles en el mercado y la repercusión que la eliminación de ayudas y subvenciones supondrán para este tipo de instalaciones en un futuro próximo.

Por lo cual se deduce que la mayor rentabilidad se obtiene suministrando la energía eléctrica directamente de la red sin usar placas solares, debido a la falta de ayudas y al bajo coste de kWh en España, estas solo se usarán en el caso en el que la toma general este a una distancia tal que el suministro sea imposible, en este caso habrá que añadir el sobre coste de toda la instalación fotovoltaica al total de la granja a la hora de su proyección.

Así mismo se observa que aun teniendo cerca la red eléctrica no sale tampoco rentable el uso de los terrenos anejos a la granja para montar una central fotovoltaica de pequeñas dimensiones, puesto que sin las ayudas que el gobierno daba hasta este año, las cuales han sido suprimidas a causa de la crisis, no resulta viable una inversión de estas características por su elevado coste y bajo rendimiento dado el tamaño reducido de nuestro terreno.

Instalación	nº paneles	nº mesas	nº baterías	MWh/año	Umbral rentabilidad
aislada	128	16	76	34,8	0,4
red plano fijo	126	16	0	29,41	0,2
red seguidores	126	16	0	40,4	0,27

Fig 6.1. Tabla resumen resultados

En el supuesto caso de que se concedieran subvenciones y resultara viable la instalación de una central fotovoltaica la mejor opción dada nuestra situación y el terreno disponible, sería la instalación en plano fijo conectado a red, puesto que de las 3 instalaciones estudiadas es la que mejores resultados aporta, por su bajo coste de instalación y mantenimiento y su buen rendimiento energético.

7.- NORMATIVA

Para la elaboración del presente proyecto se ha tenido en cuenta toda la normativa y reglamentación aplicable a este tipo de sistemas de aprovechamiento de fuentes de energía de origen renovable:

- R.D. 1578/2008 de 30 de Septiembre por la que se establece la metodología para la actualización y sistematización del régimen jurídico y económico de la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- R.D. 1663/2000 de 29 de Septiembre sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión.
- Real Decreto 1556/2005 por el que se establece la tarifa eléctrica para 2006.
- Reglamento de Centrales Generadoras de Energía Eléctrica.
- Instrucciones Técnicas Complementarias del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación. B.O.E. 25-10-84.
- ORDEN de 14 de diciembre de 2011, del Departamento de Economía y Empleo, por la que se aprueban las bases reguladoras y se convocan para el ejercicio 2011, subvenciones para el uso eficiente de la energía y aprovechamiento de energías renovables.
- Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red establecidas por el IDAE en su apartado destinado a Instalaciones de Energía Solar Fotovoltaica (PCT-C.-Octubre 2002).
- Reglamento de Seguridad e Higiene en Centros de Trabajo.
- Normas Autonómicas, Provinciales y municipales para estas instalaciones.

- Ley 54/1997 de 27 de Noviembre del Sector Eléctrico.
- Real Decreto 842/2002 de 2 de Agosto de 2002 por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. Ministerio de Industria y Energía.
- RD 1955/2000 de 1 de Diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Norma Básica de la Edificación, NBE.
- Normas particulares de la compañía eléctrica distribuidora.
- Ley 31/1995 de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre de 1997 sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras.
- Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados y Ordenanzas Municipales.
- Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- Real Decreto 7/2006, de 23 de junio, por el que se adoptan medidas urgentes en el sector energético.
- Reglamento de Baja Tensión aprobado por el Decreto 842/2002 de 2 de agosto por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
- Pliego General de Condiciones para Contrato de Suministro “Llave en Mano”.

8.- BIBLIOGRAFIA

LUQUE, Antonio. "Handbook of Photovoltaic Science and Engineering". 2ª edición.. Editorial John Wiley & Sons. United Kingdom. 2011

M. Castro, J. Carpio, R. Guirado, A. Colmenar, L. Dávila, "Energía Solar Fotovoltaica", Editorial Progensa, 2000

AGUIRRE DE JUANA, Javier. GARCIA RAMOS, Javier. Apuntes asignatura Electrificación y mecanización agraria.

PERNA MUR, Ernesto. Apuntes asignatura Ingeniería rural

DIAZ VILLAR, Pablo. "Confiabilidad de los sistemas fotovoltaicos autónomos: aplicación a la electrificación rural", Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, 2003

Referencias Web:

www.asif.org: Portal de la Asociación de la industria fotovoltaica.

www.idae.es: Portal del Instituto para la diversificación y el ahorro de la energía.

www.trinasolar.com : Fabricante de paneles fotovoltaicos.

www.mecasolar.com instalador de centrales solares.

www.sunway.eu/es/ Fabricante de inversores para instalaciones solares.

www.photon.com.es

www.censolar.es

www.endesa.es

www.minetur.gob.es : Ministerio de industria energía y turismo

compromisoconelmundo.blogspot.com

http://ocw.unia.es/ciencias-de-la-ingenieria/disenio-de-sistemas-fotovoltaicos/materiales-de-estudio-1/tema1/skinless_view

www.cenitsolar.com/fotovoltaica_red_marco.php

http://www.coitiab.es/reglamentos/electricidad/reglamentos/itc_bt/itc_bt.htm

http://aa.usno.navy.mil/cgi-bin/aa_altazw.pl

Softwares utilizados:

- PV GIS (Base de datos. Recurso solar)
- PV Syst (simulación de la producción de la planta)