



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



TRABAJO FIN DE GRADO

GRADO INGENIERÍA ELÉCTRICA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

Instalación Solar Fotovoltaica Aislada Para Granja De Terneros Para Engorde

Autor: Miguel Porter López

Tutor: Miguel García Martínez

Departamento: Ingeniería Eléctrica (5E)

Fecha: Junio del 2018

ÍNDICE

MEMORIA DESCRIPTIVA	7
1.- OBJETO DE PROYECTO	8
2.- JUSTIFICACIÓN DE LA INSTALACIÓN.....	10
2.1.- JUSTIFICACIÓN ACADÉMICA Y SOCIAL	10
2.2.- JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA.....	11
2.3.- NORMATIVA.....	12
2.4.- SUBVENCIONES	13
3.- INTRODUCCIÓN/DESCRIPCIÓN DEL LOCAL	14
4.- UBICACIÓN	15
4.1.- CLIMATOLOGÍA	16
5. ELEMENTOS DE CONSUMO DE LA INSTALACIÓN	18
5.1.- POTENCIA INSTALADA.....	22
6.- HORARIO DE JORNADA LABORAL DE LA GRANJA	24
7.- ESTUDIO DE LA ENERGÍA CONSUMIDA EN LA INSTALACIÓN	25
8.- CÁLCULO RADIACIÓN MENSUAL.....	27
9.- CÁLCULO DEL COEFICIENTE MÁS DESFAVORABLE.....	30
10.- DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INSTALACIÓN	32
10.1.- MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.....	33
10.2.- CONEXIONADO ENTRE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.....	34
10.3. REGULADOR DE INTENSIDAD	35
10.4.- ACUMULADORES DE ENERGÍA.....	35
10.5.- INVERSOR / CARGADOR.....	36
10.6.- GRUPO ELECTRÓGENO.....	36
10.7.- PROTECCIONES, CABLEADO Y CONEXIONES	37
10.8.- RECEPTORES ELÉCTRICOS	38
11.- DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA	39
11.1.- RELACIÓN DE COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA.....	39
11.2.- DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN.....	40
11.2.1- MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.....	40
11.2.1.1 CONEXIONADO ENTRE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.....	41
11.2.2.- ACUMULADORES DE ENERGÍA.....	41

11.2.3.- MONITOR DE BATERÍAS	42
11.2.4.- REGULADORES DE CARGA.....	43
11.2.5.- INVERSOR CARGADOR	44
11.2.6.- GRUPO ELECTRÓGENO.....	46
11.2.7.- MONITOR DE LA INSTALACIÓN SOLAR.....	48
11.2.8 CABLEADO DE LA INSTALACIÓN	49
11.2.9. SISTEMAS DE COMUNICACIÓN	51
11.2.10. PROTECCIONES DE LA INSTALACIÓN.....	51
11.2.11 PUESTA A TIERRA.....	52
11.9.12 CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA METÁLICA	52
11.2.11.1 SOBRECARGA DE LA ESTRUCTURA DEL LOCAL	53
11.2.11.2 DISTANCIA ENTRE ESTRUCTURAS.....	54
13.- ESTUDIO ECONÓMICO DE LA INSTALACIÓN	57
13.1.- COSTE DE LA INVERSIÓN	57
13.3.- COSTE Wpico INSTALADO	59
13.4- COSTE A 25 AÑOS.....	60
13.5.- COSTE A 40 AÑOS.....	61
13.6.- AMORTIZACIÓN.....	63
PLIEGO DE CONDICIONES	66
15.- OBJETIVO.....	67
16.- PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD.....	67
16.1.- NORMATIVA.....	67
16.2.- DEFINICIÓN DE RIESGOS	68
16.2.1.- RIESGOS GENERALES.....	69
16.2.2.- RIESGOS ESPECÍFICOS	69
16.3.- MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN.....	70
16.3.1.- MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN GENERALES.....	70
16.3.2.- MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN DE PERSONAS	71
17.- ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN	72
17.1.- MÓDULO FOTOVOLTAICO.....	72
17.2.-ESTRUCTURA DE LOS PANELES SOLARES	73
17.3.- ACUMULADORES.....	74
17.4.- REGULADORES	74

17.5.- INVERSORES	75
17.6.- GRUPO ELECTRÓGENO.....	76
17.7.- CABLEADO	76
17.8.- PROTECCIONES Y PUESTA A TIERRA	77
18.- EJECUCIÓN DE LA OBRA	77
18.1.- PASOS DE EJECUCIÓN DE LA OBRA	78
18.2.- COMIENZO DE LA OBRA Y PLAZO DE ENTREGA	78
18.3.- OBRAS COMPLEMENTARIAS	78
18.4.- OBRA DEFECTUOSA.....	79
18.5.- RECEPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.....	79
18.6.- CONSERVACIÓN DE LA INSTALACIÓN	80
18.7.- MEDIOS AUXILIARES	80
18.8.- LIBRO DE ORDEN	80
18.9.- LIBRO DE INCIDENCIA.....	80
18.10- MODIFICACIONES DEL PROYECTO	81
19.- IMPACTO AMBIENTAL.....	81
19.1.- IMPACTO AMBIENTAL SOBRE EL PAISAJE	83
19.2.- IMPACTO AMBIENTAL SOBRE LA VEGETACIÓN	83
19.3.- MEDIDAS CORRECTIVAS.....	84
19.4.- PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL.....	84
20.- PLAN DE MANTENIMIENTO DE LA INSTALACIÓN	84
20.1.- MANTENIMIENTO DE LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS	85
20.2.- MANTENIMIENTO DE LOS REGULADORES DE CARGA	85
20.3.- MANTENIMIENTO DE LOS ACUMULADORES.....	86
20.4.- MANTENIMIENTO DE LOS INVERSORES.....	87
20.5.- MANTENIMIENTO DEL GRUPO ELECTRÓGENO	87
20.6.- MANTENIMIENTO DEL CABLEADO Y CANALIZACIONES.....	88
20.7.- MANTENIMIENTO DE LA ESTRUCTURAS METÁLICA	88
20.8.- MANTENIMIENTO DE LA PUESTA A TIERRA.....	88
21.- GARANTÍA	89
21.1.- ÁMBITO GENERAL	89
21.2.- PLAZOS	89
21.3.- CONDICIONES DE LA GARANTÍA	89
21.4.- ANULACIÓN DE LA GARANTÍA.....	90

21.5.- LUGAR Y TIEMPO DE LA PRESTACIÓN.....	90
ANEXO	91
CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	92
22.- CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS.....	93
22.1.- CÁLCULO POTENCIA INSTALADA EN EL LOCAL	93
22.2.- CÁLCULO CONSUMO DE LA INSTALACIÓN.....	94
22.3.- CÁLCULO DEL COEFICIENTE MÁS DESFAVORABLE.....	101
22.4.- CÁLCULO MÓDULOS FOTOVOLTAICOS	104
22.5.- CÁLCULO REGULADORES DE CARGA.....	105
22.6.- CÁLCULO ACUMULADORES.....	106
22.7.- CÁLCULO INVERSORES	108
22.8.- GRUPO RLCTRÓGENO	109
22.9.- CABLEADO DE LA INSTALACIÓN EN CORRIENTE CONTÍNUA	110
22.9.1.-SECCIÓN DEL CABLEADO ENTRE PANEL Y CAJA DE CONEXIONES	110
22.9.2.-SECCIÓN DEL CABLEADO ENTRE CAJA DE CONEXIONES Y REGULADOR DE CARGA	113
22.9.3.-SECCIÓN DEL CABLEADO ENTRE REGULADOR DE CARGA Y BATERIAS	115
22.9.4.-SECCIÓN DEL CABLEADO ENTRE BATERÍAS.....	116
22.9.5.-SECCIÓN DEL CABLEADO ENTRE REGULADOR E INVERSOR.....	117
22.10 CÁLCULO DEL CABLEADO DE LA INSTALACIÓN EN CORRIENTE ALTERNA	119
22.10.1.-SECCIÓN DEL CABLEADO ENTRE INVERSOR Y LÍNEA DE ALIMENTACIÓN	119
22.10.2.-SECCIÓN DEL CABLEADO ENTRE INVERSOR Y GRUPO ELECTRÓGENO	121
22.11.- PROTECCIONES DE LA INSTALACIÓN.....	122
22.11.1.- PROTECCIONES EN CORRIENTE CONTINÚA.....	122
TRAMO COMPRENDIDO ENTRE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS Y REGULADOR	123
TRAMO COMPRENDIDO ENTRE REGULADOR Y BATERÍAS	123
22.12.- PUESTA A TIERRA DE LA INSTALACIÓN	124
FICHAS TÉCNICAS.....	126
1. MÓDULO FOTOVOLTAICO.....	127
2. SOPORTE MÓDULOS	130
3. CAJA DE CONEXIONADO.....	152
4. ACUMULADORES.....	156
5. MONITOR ACUMULADORES.....	159
6. REGULADORES.....	162

7. INVERSORES	164
8. GRUPO ELECTRÓGENO.....	168
9. MONITOR INSTALACIÓN.....	177
10. CABLEADO	182
PLANOS.....	192
PLANO 1.- PLANO SITUACIÓN	193
PLANO 2.- PLANO EMPLAZAMIENTO	194
PLANO 3.- PLANO UBICACIÓN.....	195
PLANO 4.- PLANO VISTAS GRANJA	196
PLANO 5.- PLANO VISTAS INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA	197
PLANO 6.- PLANO VISTAS HORNACINA	198
PLANO 7.- PLANO ESQUEMA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA	199
PLANO 8.- PLANO DETALLE ARQUETA TOMA DE TIERRA.....	200
PLANO 9.- PLANO TOMA DE TIERRA	201
PRESUPUESTO	202
23.-PRESUPUESTO	203

MEMORIA DESCRIPTIVA

1.- OBJETO DE PROYECTO

El objetivo del presente proyecto tiene como finalidad la planificación, el dimensionamiento y posterior puesta en marcha de una instalación solar fotovoltaica aislada de la red de 26.28 kWp de potencia instalada. La instalación, se encargará del abastecimiento del suministro eléctrico de una granja de terneros de engorde que se encontrará ubicada en el término municipal de Villar del arzobispo (Valencia). Se trata pues de una granja de animales real por lo que habrá que plantearse posibles problemas para el abastecimiento de energía y buscar la mejor solución para ella.

En la actualidad, la granja se encuentra construida y en funcionamiento mediante un grupo electrógeno y con nulas posibilidades de conectarse a la red de distribución eléctrica, ya que se encuentra alejada del municipio y de una línea eléctrica cercana a su ubicación. Además, la instalación eléctrica, ya se encuentra instalada bajo los criterios del reglamento electrotécnico de baja tensión y la guía técnica de aplicación del propio reglamento. Por lo que en el presente proyecto, se buscará una solución para abastecer en su totalidad de energía eléctrica. Para ello, se ha pensado abastecerla mediante fuentes de energía renovables, y más concretamente, en energía solar fotovoltaica.

El local a estudiar, estará en funcionamiento durante todos los días del año, ya que es un local que albergará animales vivos (terneros) que requieren de un cuidado permanente. Por lo que, se tendrá que tener en cuenta a la hora del dimensionamiento de la instalación.

La instalación será de un tamaño considerable, ya que el local tiene una superficie de 750 m² construidos. Así que, el local contará con elementos eléctricos a los que habrá que abastecer. Para alimentar toda esta demanda, se contará con placas fotovoltaicas, reguladores, inversores, baterías y un grupo de apoyo que garanticen el total funcionamiento de la instalación.

El presente proyecto, tiene entre sus objetivos el diseño de la instalación al menor coste posible, siempre y cuando esté bajo las exigencias de las normas de seguridad vigentes en el estado español. Todo esto, se seguirá rigurosamente para evitar accidentes y buscar la máxima fiabilidad del sistema para asegurar el suministro eléctrico al local.

Para ello, se instalarán **72 módulos fotovoltaicos** modelo **TSM-DD14A (II)-365 Wp Monocrystalline** cada uno de ellos de la marca **TALLMAXplus**, por lo que la potencia total instalada en placas será de **26.280 Wp**. Los módulos fotovoltaicos estarán distribuidos 36 ramas en paralelo de dos placas en serie cada una.

Para gestionar toda la energía de las placas se colocarán **4 reguladores Maximizador BlueSolar MPPT 150/85** de la marca **Vitron Energy** de 85 A de intensidad nominal con tecnología de búsqueda del punto de máximo rendimiento de la potencia. Los 4 reguladores que instalaremos en el local estarán interconectados mediante un cable de datos para realizar el control y la toma de datos de los mismos.

Para almacenar la energía y dotar al sistema de 3 días de autonomía, se instalarán **72 baterías** modelo **BAE SECURA PVS SOLAR 2850 C72 2V** que posee una capacidad de 2498 Ah. Estas baterías estarán distribuidas en 24 vasos en serie y 3 ramas en paralelo.

Por otro lado, se instalarán **2 inversores/cargadores monofásicos** modelo **Quattro** de la marca **Vitron Energy** que posee una potencia nominal **15 KW** que proporcionará una salida en corriente alterna 230 V 50 Hz. Los 2 inversores/cargadores que instalaremos en la granja estarán interconectados mediante un cable de datos para el control de la tensión y frecuencia de salida y para ordenar al grupo de apoyo que se ponga automáticamente en marcha cuando las baterías bajen su capacidad al 30%.

Además para dotar a la instalación de máxima fiabilidad del suministro de energía eléctrica y abaratar la instalación, se instalará un grupo electrógeno de la marca **PRAMAC** modelo **GSL22D**, que cuenta con una **potencia activa de 20 kW**. El grupo de apoyo, dotará de energía al local cuando aparezca un descenso crítico en la capacidad de los acumuladores del sistema. Éste, estará interconectado mediante cable UTP categoría 6 a los inversores de la instalación para el arranque automático ordenado por los inversores.

Por otro lado, la instalación contará con un **monitor victron** modelo **Color Control GX** que se encargará de monitorizar la energía producida por los paneles, los consumos del local y el estado de los elementos de la instalación. Además, también se contará en la instalación de un **controlador de presión de las baterías** de la marca **Victron** modelo **BMV-702** que será capaz de medir la capacidad de las baterías.

El coste total de la instalación ascenderá a **59.452,04 €** lo que supondrá un coste del Wpico instalado de **2.74 €** con una previsión de amortización de la instalación a partir de los **14 años**.

2.- JUSTIFICACIÓN DE LA INSTALACIÓN

En los apartados siguientes al presente punto, se dará una explicación desde el punto de vista académico, social y económico del presente proyecto. Además de las pertinentes normativas que se deberán seguir para la realización del proyecto y las posibles subvenciones.

2.1.- JUSTIFICACIÓN ACADÉMICA Y SOCIAL

Desde el punto de vista académico, las energías renovables son una manera de obtener energía sin tener que emplear materiales fósiles limitados existentes en la tierra. Para ello, emplea para la obtención de energía los rayos provenientes del sol, la energía cinética del viento o de las olas del mar. Por lo que podemos concluir que la energía obtenida es limpia e inacabable.

En el presente proyecto, se opta por emplear una instalación solar fotovoltaica. Dicha instalación obtendrá la energía mediante una serie de elementos (módulos fotovoltaicos, reguladores, baterías, inversores...) que serán capaces de transformar la energía de los rayos del sol en energía eléctrica con la finalidad de dar servicio a una granja.

Desde el punto de vista social, la obtención de energía eléctrica por medio de energías renovables tiene una gran aceptación por la sociedad por varios motivos:

- Las energías renovables están comprometidas con el medio ambiente ya que no emiten ningún tipo de contaminación a la atmosfera, al menos de manera directa.
- Con el empleo de estas técnicas de obtención de energía, se reduce la huella ecológica. Ayudando al ecosistema a reducir el impacto ambiental generado por la demanda humana que se hace de los recursos del planeta.

2.2.- JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

Desde el punto de vista económico, el montaje e instalación de una instalación solar fotovoltaica aislada requiere de un gasto inicial elevado, pero permitirá al usuario estar desconectado de cualquiera red de suministro eléctrico y de compañía suministradora. Al no depender de ninguna compañía suministradora, el usuario, no tendrá que sufrir ningún tipo de incremento del precio del Kilovatio, recibir facturas del consumo eléctrico, alquiler de los equipos ni pagos de impuestos al estado por consumo energético.

Por otra parte, cabe destacar que una instalación solar tiene una vida útil estimada de 25 años según el fabricante. Una vez transcurrido este periodo, las placas reducen su producción hasta un 80%, por lo que su vida no terminará, si no que únicamente se le reduce su productividad un 20% y por tanto sigue siendo útil la instalación, aunque se pueden presentar defectos en diferentes puntos de la placa (fallos en celdas o corrosión en el conexionado, etc.).

Cabe destacar que en los últimos años los elementos de este tipo de instalaciones, han experimentado un notable descenso en cuanto a su precio, además del aumento de sus prestaciones. Por lo que, desde el punto de vista económico, se prevé a corto plazo que esta tendencia continúe, lo que hará cada vez más rentable y apetecible para un consumidor.

Por otra parte, la situación legislativa actual en el territorio español, permite la instalación de placas fotovoltaicas aisladas de la red sin estar obligados a pagar ningún impuesto al estado. Por lo que, resulta muy interesante el estudio de la posibilidad de colocar una instalación de estas características y no estar sujeto a ninguna compañía suministradora.

2.3.- NORMATIVA

Para el estudio y la posterior instalación del presente proyecto, se deberá tener en cuenta la normativa y legislación aplicable a este tipo de Instalaciones.

La normativa que se deberá emplear para la instalación eléctrica:

- Ley 54/1997 del 27 de noviembre del sector eléctrico (BOE nº 285 del 28/11/1977).
- R.D 647/2011, por el que se regula la actividad de gestor de cargas del sistema para la realización de servicios de recarga energética.
- R.D 842/2002 del 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
- R.D 661/2007 del 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial (BOE nº 126, del 26/05/2007).
- Guía técnica de aplicación; instalaciones generadoras de baja tensión (GUIA BT-40).
- Pliego de condiciones técnicas para instalaciones aisladas publicado por el IDEA.
- R.D 314/2006, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- R.D 1578/2008 del 26 de septiembre, de retribución de la actividad de producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica para instalaciones posteriores a la fecha límite de mantenimiento de la retribución del Real Decreto 661/2007, del 25 de mayo, para dicha tecnología BOE 27/09/08.
- Ordenanzas municipales.

La normativa que se deberá emplear para la ejecución de la obra y montaje:

- Ley 31/1995, del 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- R.D 1627/97 del 24 de octubre de 1997 por el que se establece las disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las obras de construcción.
- Ordenanzas municipales de edificación.
- R.D 485/97 del 14 de abril; Disposiciones mínimas en materia de señalización de Seguridad y Salud en el trabajo.

- R.D 773/1997 del 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por trabajadores de equipos de protección individual.
- R.D 1215/1997 Disposición mínima de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- R.D 1435/1992 modificado por el R.D 56/1995, el cual dista las disposiciones de la aplicación de la Directiva de Consejo 89/392/CEE, relativa a la aproximación de las legislaciones de los estados miembros sobre las máquinas.
- Orden del Ministro de Industria y Energía 17/11/1989. Modificado por el R.D 245/1989,27/02/1989.
- Orden del Ministro de Industria y Energía, 29/03/1996. Modificación del Anexo I del R.D 245/1989.

2.4.- SUBVENCIONES

Actualmente, en la comunidad valenciana se encuentra el Instituto Valenciano de Competitividad Empresarial (IVACE), que es la entidad encargada de establecer, gestionar y tramitar las líneas y ayudas destinadas a infraestructuras energéticas de carácter renovable (instalaciones aisladas, de autoconsumo y conectada a red).

Se ha consultado con dicho instituto para comprobar si existe algún tipo de ayuda o subvención con la que poder beneficiarnos para el presente proyecto. Actualmente no existe ninguna ayuda en vigor, ya que desde 2013 no ha habido ningún tipo de subvención destinada a instalaciones solares fotovoltaicas aisladas.

A continuación indicaremos el link donde se puede consultar en cada momento la página del IVACE.

http://www.ivace.es/index.php?option=com_content&view=article&id=5779:programa-de-energias-renovables-y-biocarburantes-3&catid=360:ayudas-2015-ahorro-y-eficiencia-energetica-y-energias-renovables-2&lang=es

3.- INTRODUCCIÓN/DESCRIPCIÓN DEL LOCAL

Se dispone de una granja de terneros de engorde ubicada en el término municipal de Villar del arzobispo. El local cuenta con 750 m² construidos (50 x 15 m), a los cuales, diseñaremos una instalación solar fotovoltaica aislada de la red que garantice en su totalidad el suministro de energía eléctrica que dicho local demande.

La granja está distribuida en 3 zonas, las cuales son las siguientes:

- **Zona de oficina/comedor**
- **Zona de almacén**
- **Zona de engorde de terneros**

Todas las zonas anteriormente nombradas, estarán detalladas en el apartado **PLANOS** del presente proyecto.

La disposición de los paneles fotovoltaicos se realizará en la cubierta del local mediante soportes metálicos anclados y con su respectiva orientación al sur e inclinación de 60 °. En cuanto a la disposición de los elementos restantes a la instalación, es decir, regulador, inversor, acumuladores y grupo de apoyo, se alojaron en una hornacina prefabricada instalada junto a la granja.

En cuanto a lo referente a las instalaciones fotovoltaicas aisladas, la mayor parte del coste económico se encontrará en la optimización en la instalación de los acumuladores, ya que estos elementos suponen entorno al 40/50% del coste de la instalación. La fórmula escogida para el abaratamiento de los costes de las mismas y poder garantizar al usuario de la instalación de los mismos privilegios es la colocación de un grupo electrógeno de apoyo.

Para las instalaciones aisladas, la mayor parte del coste económico de la instalación viene determinada por la cantidad de baterías a colocar en ella. En la actualidad, podemos considerar que alrededor de un 40/50% del coste de la instalación es el precio de las baterías, de esta manera vamos a optar por la colocación de un grupo electrógeno.

En lo referente a la colocación de un grupo de electrógeno, permitirá la optimización del número de acumuladores a colocar en la instalación. Esto conllevará la reducción de días de autonomía de la instalación y un ahorro económico en la inversión inicial. Además, se prevé que el funcionamiento de este dispositivo sea muy reducido ya que se ha optado por colocar en la instalación 3 días de autonomía en la capacidad de las baterías más que suficiente para que dicho grupo se ponga en funcionamiento en contadas ocasiones provocado por una climatología adversa. Este apoyo a la instalación simplemente nos ayudará en que, en el peor caso, ya sea por caída de la instalación por fallo, avería o carencia climatológica, podamos garantizar el suministro al local y no encontrarnos en completa desconexión energética.

4.- UBICACIÓN

La granja de terneros sobre la que se realizará el presente proyecto, se encuentra ubicada en el término municipio de Villar del Arzobispo, en la provincia de Valencia.

En la ilustración que se facilitará a continuación, se puede ver donde se encuentra la granja y donde se colocaran los paneles solares.



FIGURA 1. LOCALIZACIÓN DE LA INSTALACIÓN

Las coordenadas del emplazamiento del local son las siguientes:

- **Latitud:** 39° 40' 41,60'' N
- **Longitud:** 0° 47' 56,60'' W
- **Altitud:** 520 m respecto al nivel del mar
- **Coordenadas x:** 685.762,61
- **Coordenadas y:** 4.398.003,56

Respecto a la ubicación del local, se podrá encontrar con más detalle en el apartado **PLANOS** del presente proyecto:

- **Plano Situación**
- **Plano Emplazamiento**
- **Plano Ubicación**

4.1.- CLIMATOLOGÍA

Todos los fabricantes de placas, inversores, baterías, etc., informan en sus fichas técnicas que para una máxima producción y rendimiento de sus productos, la temperatura máxima a la que pueden trabajar sin que les afecte en su rendimiento de la producción es de 25°C. Por lo que comprobamos que las temperaturas medias anuales en la ubicación del local no sean superiores a la recomendada por el fabricante.

Probablemente en los meses de verano se superen en días puntuales los 25°C que recomiendan los fabricantes, afectando al rendimiento de los elementos de la instalación. Para ello, al realizar los cálculos de la instalación, se ha añadido un sobredimensionamiento de un 20 % para reducir al máximo los efectos de las altas temperaturas de la época estival.

En la página CLIMATE-ORG encontramos los datos de temperatura máxima, mínima y media del municipio de Villar del arzobispo que se verán reflejadas en la siguiente tabla y grafica.

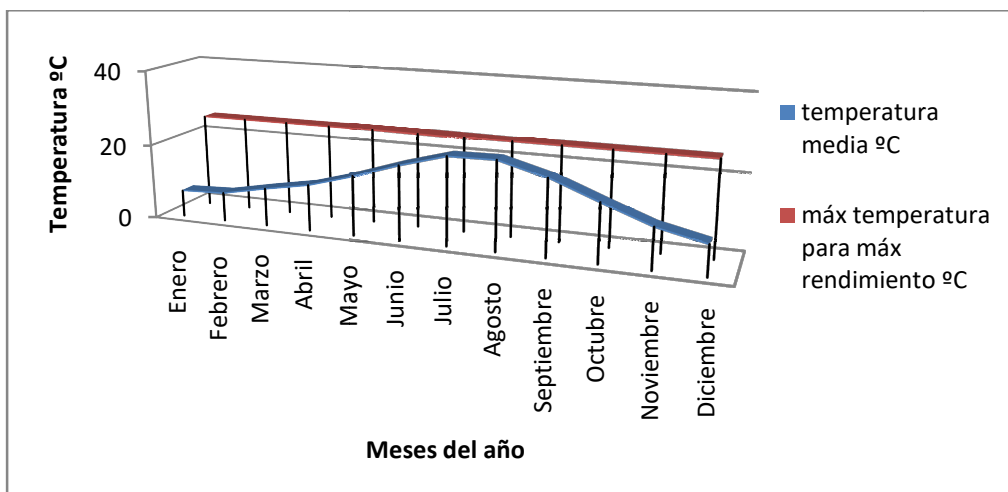


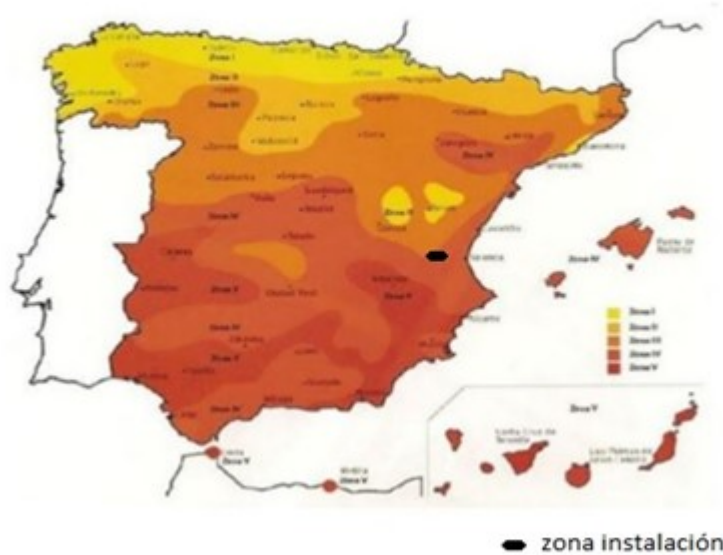
FIGURA 2. TEMPERATURA MEDIA

TEMPERATURAS ANUALES			
MESES	T. MÁXIMA °C	T. MÍNIMA °C	T. MEDIA °C
ENERO	11.3	2.9	7.1
FEBRERO	11.9	3.3	7.6
MARZO	15.2	4.9	10.0
ABRIL	17.3	7.2	12.2
MAYO	20.8	10.7	15.7
JUNIO	24.8	14.7	19.7
JULIO	28.3	17.9	23.1
AGOSTO	28.5	18.2	23.3
SEPTIEMBRE	25.1	15.0	20.0
OCTUBRE	20.3	10.4	15.3
NOVIEMBRE	15.5	5.9	10.7
DICIEMBRE	12.5	3.4	7.9

Como se puede apreciar en el gráfico y en la tabla, en ningún momento la temperatura media del emplazamiento del local supera los 25°C que el fabricante recomienda que no se superen para obtener el máximo rendimiento de los elementos de la instalación. Por otro lado, se estudia cual es la radiación media en

kWh/m² que tiene la zona donde se realizará la instalación.

Para ello, adjuntamos al presente apartado un mapa de la península donde se podrá apreciar en que zona climatológica se encuentra Villar del Arzobispo, emplazamiento del local a estudiar.



ZONA CLIMÁTICA	I	II	III	IV	V
Irradiación media diaria kWh/m ²	<3.8	3.8-4.2	4.2-4.6	4.6-5	>5

FIGURA 3. MAPA DE LA RADIACIÓN EN LA PENINSULA IBÉRICA

La zona en la que se encuentra el local es **zona IV**. En dicha zona, se obtiene una irradiación media anual de 4.6 / 5 kWh/m². Esto nos indica que, por cada metro cuadrado de superficie de placas instalada, se va a generar en la instalación fotovoltaica de 4,6 a 5 kWh. Por lo que, se puede afirmar que nos encontramos en una zona muy favorable para la obtención de energía solar y poder realizar la inversión del montaje de las instalaciones.

5. ELEMENTOS DE CONSUMO DE LA INSTALACIÓN

Luminaria 1 (Downlight led circulares)

Se dispone de 2 unidades de Downlight led circular de la marca Philips que tienen una potencia de 8 W/ud. Estas luminarias se encontraran en el baño y por lo tanto, su duración de encendido será de un breve periodo de tiempo al día. Se estima que el tiempo de utilidad será de 2h al día aproximadamente.



FIGURA 4. DOWN LIGHT LED CIRCULAR

LUMINARIA 2 (PANEL LED 400X400)

La iluminación de la oficina contará con paneles led de 400x400 de dimensiones de la marca Philips. La potencia nominal de los paneles es de 72 W/ud, siendo un total de 9 unidades. El periodo de funcionamiento de estos paneles será durante la jornada laboral de oficina, 8h/día, de lunes a viernes.



FIGURA 5. PANEL LED 400x400

LUMINARIA 3 (LUMINARIAS ESTANCAS)

La iluminación en la zona de almacén y engorde de terneros, será de luminarias estancas tipo led IP 67, ya que van a estar en una zona de alto riesgo de incendio por estar en contacto con la paja y piensos de los animales. La potencia de cada luminaria estanca es de 23 W, siendo un total de 36 unidades. El encendido de estas, será de 10 h/día, ya que tienen que estas encendidas durante todo el periodo de alimentación de los terneros.



FIGURA 6. LUMINARIA ESTANCA

LUMINARIA DE EMERGENCIA

El local contará con alumbrado de emergencia de la marca Legrand de una potencia nomina de 3 W/ud. Cuenta con 6 unidades situadas en las puertas para en caso de corte del suministro eléctrico, estas se pondrán en funcionamiento para ayudar a los empleados del local a salir de él. El alumbrado de emergencia estará encendido durante las 24 h/día.



FIGURA 7. LUMINARIAS DE EMERGENCIA

LUMINARIA EXTERIOR LED

Para el alumbrado exterior de la granja, se dispondrá de 7 focos led de 100 W de la marca Disano y una protección IP65. La duración de encendido de las luminarias será 12 horas al día.



FIGURA 8.. LUMINARIA EXTERIOR LED

ORDENADOR DE MESA

Se utilizan en la oficina de la granja un total de 2 ordenadores de mesa de la marca HP que tienen un consumo medio de 270 W. Los ordenadores se utilizan durante todos los días laborables de la zona de oficinas una media de 6h/día de lunes a viernes.



FIGURA 9. ORDENADOR DE MESA

IMPRESORA

La oficina de la granja contará con 2 impresoras de la marca EPSON que tiene una potencia nominal de consumo de 300 W. El tiempo de utilización de las impresoras dependerá de la faena que se tenga, por lo que se estima que se empleara una media de 1,5 h/día durante la jornada laboral de la oficina.



FIGURA 10. IMPRESORA

SERVIDOR WIFI

Se dispondrá de 1 Servidor Wifi que estará encendió durante las 24h del día y su consumo es de 90 W.



FIGURA 11. SERVIDOR WIFI

NEVERA

En la granja se dispondrá de una nevera de la marca Bosch para tener los medicamentos de los animales y alimentos de los trabajadores frescos. La nevera tiene una potencia nominal 250 W y estará conectada durante las 24 h del día pero se estima un factor de simultaneidad de entre 0,3 y 0,4.



FIGURA 12. NEVERA

MICROONDAS

En el local se dispondrá de un microondas para el uso de los trabajadores de la granja. Se estima que el microondas estará conectado a la red aislada durante 30 minutos al día. La potencia del microondas es de 1000 W.



FIGURA 13. MICROONDAS

AIRE ACONDICIONADO

La oficina de la granja dispondrá de un sistema de aire acondicionado de la marca LG. Este sistema, cuenta con modo frio y caliente, por lo que se empleará tanto en verano como en invierno. La potencia de consumo es de 2500 W y su uso dependerá del mes en el que nos encontremos. Además de que únicamente se encenderá los días laborables de oficina, es decir, de lunes a viernes.



FIGURA 14. AIRE ACONDICIONADO

TOMA DE CORRIENTE

La granja contará con 2 tomas de corriente para el uso de otros aparatos eléctricos que se emplearan esporádicamente. La potencia máxima que podrá consumir será de 3000 W a 230 V y una intensidad de 16 A. El tiempo estima al día de uso es de 2,5 h.



FIGURA 15. TOMA DE CORRIENTE

VENTILADOR INDUSTRIAL

Se dispondrá en la zona de engorde de 20 unidades de ventiladores industriales con una potencia de consumo medio de 70 W, ya que cuenta con 5 velocidades. Estos se emplearan en los meses más caluros del año y su duración al día dependerá del mes en el que se encuentre.



FIGURA 16. VENTILADOR INDUSTRIAL

BOMBA DE AGUA

La granja dispondrá de una bomba de agua de 500 W monofásica, que se empleará para dar agua a los animales. Dicha bomba tiene una velocidad máxima de flujo de 9000 L/h y una altura máxima de elevación de 15 m de altura.



FIGURA 17. BOMBA DE AGUA

5.1.- POTENCIA INSTALADA

Para la realización del presente apartado, se a mantiene una reunión con el cliente de la instalación con fin de obtener la suficiente información de los elementos instalados, sus potencias y las horas de utilización al cabo de un día. Todos estos datos, quedarán definidos para el posterior diseño de la instalación, ya que se tiene que cubrir en todo momento las necesidades demandado por el usuario del local.

Se dispondrá de un total de 14 receptores de consumos diferentes con sus respectivas potencias nominales. Para el cálculo de la potencia instalada de la granja se realizará el sumatorio de todas las potencias nominales de todos los elementos.

Mostramos a continuación una tabla con la potencia de cada uno de los elementos eléctricos, la cantidad de cada uno de ellos y la potencia total instalada en el local.

Receptores	Unidades	Tensión (V)	Potencia (W/ud)	Potencia total (W)
LUMINARIA 1 DOWNLIHG LED	2	230	8	16
LUMINARIA 2 PANEL LED	9	230	72	648
LUMINARIA 3 ESTANCA	36	230	23	828
LUMINARIA EXTERIOR	7	230	100	700
LUMINARIA EMERGENCIA	6	230	6	36
ORDENADOR DE MESA	2	230	270	540
SERVIDOR WIFI	1	230	90	90
IMPRESORA	2	230	300	600
BOMBA DE AGUA	1	230	500	500
AIRE ACONDICIONADO	1	230	2500	2500
NEVERA	1	230	250	250
MICROONDAS	1	230	1000	1000
TOMA DE CORRIENTE	2	230	3000	6000
VENTILADORES	20	230	70	1400

Σ POTENCIA TOTAL INSTALADA

15,108 kW

Podemos apreciar con más detalle cómo se reparten las potencias instaladas en la granja en la siguiente gráfica de barras y gráfico circular:

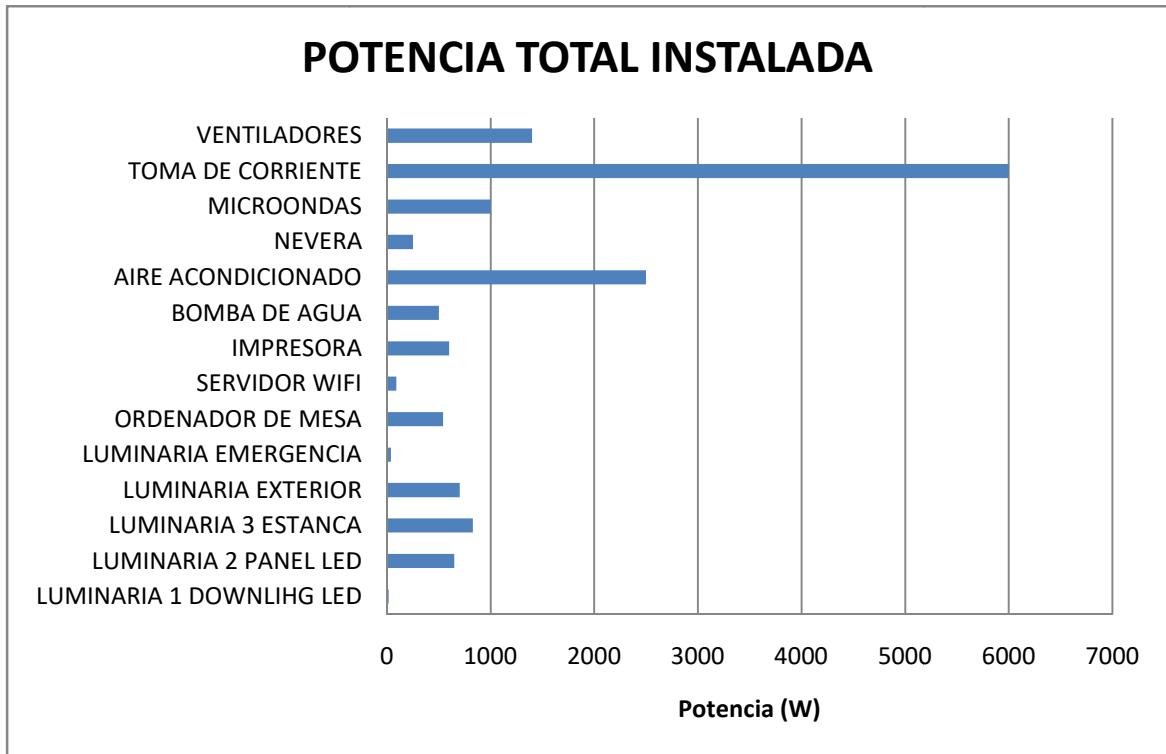


FIGURA 18. DIAGRAMA DE BARRAS POTENCIA INSTALADA

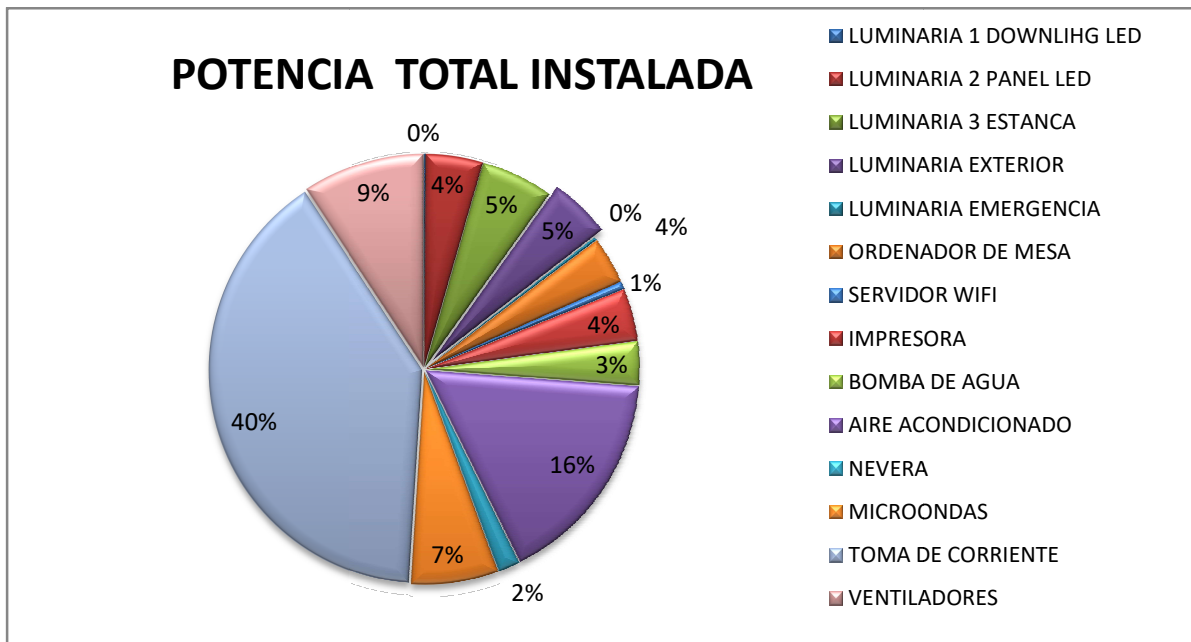


FIGURA 19. GRÁFICA CIRCULAR POTENCIA INSTALADA

6.- HORARIO DE JORNADA LABORAL DE LA GRANJA

En la granja, se presentaran 2 modelos de jornada laboral que son los siguientes:

- **JORNADA LABORAL DE OFICINA:** La jornada laboral en la oficina de la granja tendrá lugar de lunes a viernes de 8:00 de la mañana a 14:00 de la tarde, con media hora de descanso para el almuerzo.
- **JORNADA LABORAL DE LA EXPLOTACIÓN GANADERA:** La jornada laboral para el personal que se encarga de la explotación ganadera, tendrá lugar todos los días de la semana, con una rotación en los empleados para tener los 2 días de descanso impuesto por ley. El horario de trabajo será de 8:00 de la mañana hasta 19:00 de la tarde con una hora de descanso para la comida y media hora para el almuerzo.

El calendario laboral para el año 2018 sería el siguiente:

Calendario 2018

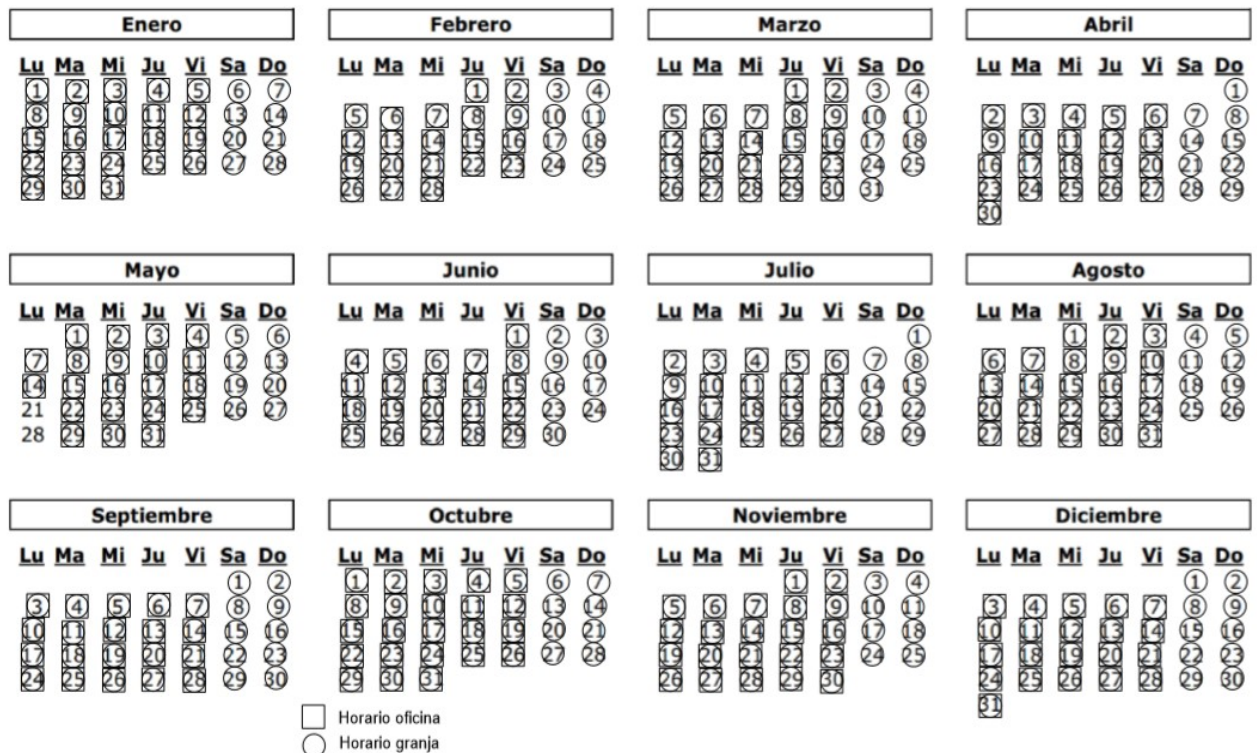


FIGURA 20. CALENDARIO LABORAL 2018

7.- ESTUDIO DE LA ENERGÍA CONSUMIDA EN LA INSTALACIÓN

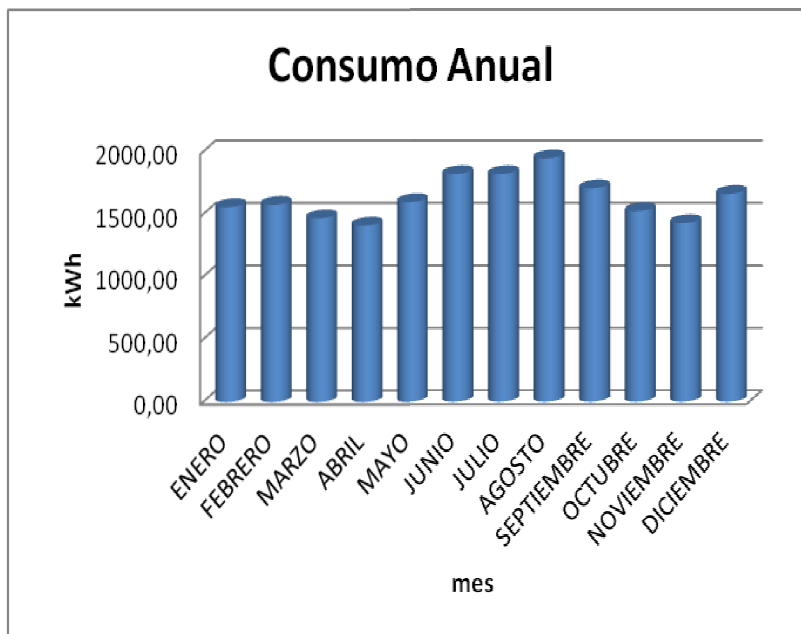
Para el estudio de la energía consumida en el local, se deberán de observar el comportamiento de los elementos de la instalación y la simulación de las horas de utilización de los mismos para obtener el consumo del local mensualmente.

Para ello, conociendo los receptores de la instalación y las horas de utilización, aplicaremos coeficientes de simultaneidad para obtener una mejor optimización y conseguir crear un modelizado más próximo a la realidad del consumo del local.

Una vez realizadas las operaciones pertinentes, se obtendrá una tabla de los consumos diario en kWh/día del local. Dicha tabla nos facilitará para obtener los consumos mensuales en kWh/mes.

En el apartado **Cálculos justificativos** en el **Anexo** del presente proyecto, se podrá visualizar los consumos de los 12 meses del año con todo detalle.

A continuación, se muestra una tabla y un gráfico con el consumo de cada uno del mes meses del año pormenorizado.



Consumo Anual kWh/mes	
Enero	1557.50
Febrero	1575.29
Marzo	1467.97
Abril	1410.36
Mayo	1597.27
Junio	1821.77
Julio	1894,09
Agosto	1947.65
Septiembre	1707.86
Octubre	1523.55
Noviembre	1428.86
Diciembre	1605.52

FIGURA 21. GRÁFICA CONSUMO ANUAL

Se observa en la gráfica que el consumo eléctrico en el local es muy regular. Aun así, podemos apreciar que en los meses de otoño y primavera los consumen descienden con respecto a los meses de invierno y verano.

Para finalizar el presente apartado, podremos observar una recopilación anual de los consumos de cada elemento de la instalación.

Receptores Instalación	consumo anual kwh/año
LUMINARIA 1 DOWNLIHG LED	11,68
LUMINARIA 2 PANEL LED	1394,496
LUMINARIA 3 ESTANCA	3022,2
LUMINARIA EXTERIOR	3066
LUMINARIA EMERGENCIA	315,36
ORDENADOR DE MESA	631,476
SERVIDOR WIFI	788,4
IMPRESORA	213,84
BOMBA DE AGUA	1494
AIRE ACONDICIONADO	1568,375
NEVERA	674,1
MICROONDAS	231,1
TOMA DE CORRIENTE	4662,6
VENTILADORES	1521,8
Energía Anual consumida (kWh)	19595,43

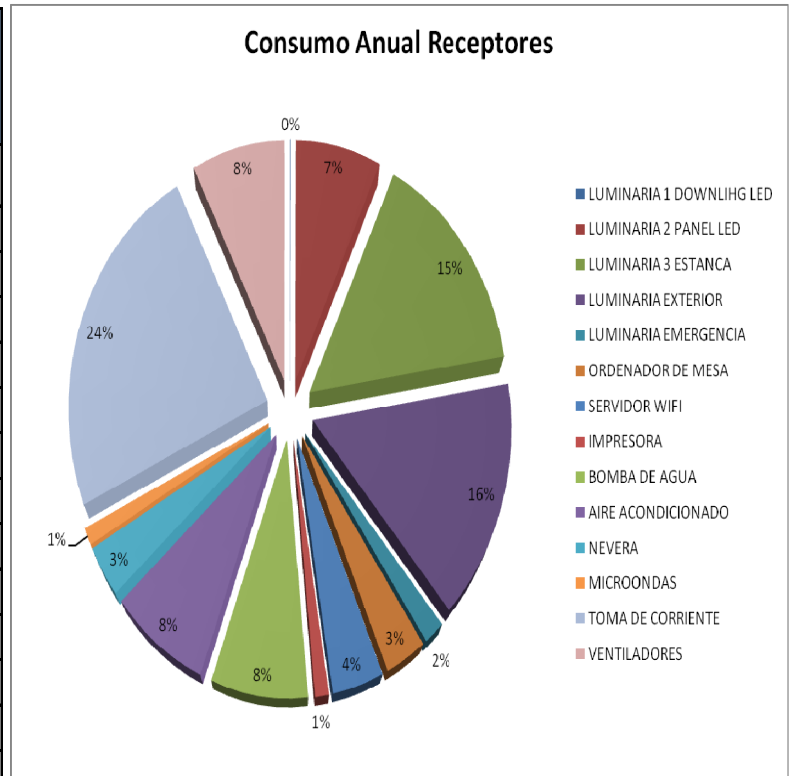


FIGURA 22. GRÁFICA CIRCULAR CONSUMO ANUAL

Como podemos apreciar en la gráfica, la gran mayoría de los consumos que se generan en el local provienen de la propia iluminación del local y de las tomas de corriente.

8.- CÁLCULO RADIACIÓN MENSUAL

Para el cálculo de la radiación mensual, se deberá elegir el ángulo de inclinación más óptimo para los módulos fotovoltaicos, la orientación de las placas y el tipo de panel a usar.

La orientación de nuestros paneles será hacia el sur y el tipo de panel que emplearemos en la instalación será de tipo mono-cristalino.

Para la elección de la inclinación de los paneles, se realizará el estudio de 3 posibles inclinaciones estándares diferentes para obtener así el ángulo de inclinación más óptimo para nuestra instalación.

Los ángulos escogidos para realizar el estudio son los siguientes:

- **INCLINACIÓN 60°:** Esta inclinación es la más óptima para instalaciones aisladas. Con ella la radiación media anual es muy constante, siendo las variaciones de la radiación entre los meses de verano y los de invierno es muy baja e insignificante.
- **INCLINACIÓN 15°:** La variación de la energía captada por placas solares en esta inclinación en los meses de verano y de invierno es muy elevada. Por lo que esta inclinación no es aconsejable emplear para instalaciones que tengan un consumo regular ya que nos generará problemas para lograr abastecer la instalación
- **INCLINACIÓN 30°:** El ángulo de inclinación de 30° es una intermedio entre las dos anteriores. Dicha inclinación se suele emplear en las instalaciones de autoconsumo.

Mediante la página web PVGIS “CLIMATE-SAF” obtenemos los datos de la irradiación global mensual en el lugar donde se va a llevar a cabo la instalación para la inclinación de 60°, 30° y 15 °.

Month	H(60)
Jan	4540
Feb	5280
Mar	5890
Apr	5400
May	5210
Jun	5340
Jul	5610
Aug	5750
Sep	5630
Oct	5410
Nov	4670
Dec	4200
Year	5240

FIGURA 23. EJEMPLO PVGIS CLIMATE-SAF

La radiación mensual y diaria obtenida en el PVGIS para el emplazamiento de la granja para las 3 inclinaciones a estudiar son las siguientes:

➤ **PARA 60 GRADOS**

MES	RAD 60° (Wh/m ²)/día	RAD 60° (KWh/m ²)/mes
ENERO	4540	140.74
FEBRERO	5230	146.44
MARZO	5840	181.04
ABRIL	5290	158.70
MAYO	5140	159.34
JUNIO	5320	159.60
JULIO	5630	174.53
AGOSTO	5760	178.56
SEPTIEMBRE	5630	168.90
OCTUBRE	5410	167.71
NOVIEMBRE	4710	141.30
DICIEMBRE	4210	130.51
Media anual diaria ((Wh/m ²)/día)		5225.83
Media anual mensual ((KWh/m ²)/mes)		158.95

➤ **PARA 30 GRADOS**

MES	RAD 30° (Wh/m ²)/día	RAD 30° (KWh/m ²)/mes
ENERO	3870	119.97
FEBRERO	4780	133.84
MARZO	5940	184.14
ABRIL	6060	181.80
MAYO	6490	201.19
JUNIO	7120	213.60
JULIO	7400	229.40
AGOSTO	6870	212.97
SEPTIEMBRE	5970	179.10
OCTUBRE	5150	159.65
NOVIEMBRE	4100	123.00
DICIEMBRE	3520	109.12
Media anual diaria ((Wh/m ²)/día)		5605.83
Media anual mensual ((KWh/m ²)/mes)		170.65

➤ **PARA 15 GRADOS**

MES	RAD 15° (Wh/m ²)/día	RAD 15° (KWh/m ²)/mes
ENERO	4540	140.74
FEBRERO	5230	146.44
MARZO	5840	181.04
ABRIL	5290	158.70
MAYO	5140	159.34
JUNIO	5320	159.60
JULIO	5630	174.53
AGOSTO	5760	178.56
SEPTIEMBRE	5630	168.90
OCTUBRE	5410	167.71
NOVIEMBRE	4710	141.30
DICIEMBRE	4210	130.51
Media anual diaria ((Wh/m ²)/día)		5336.67
Media anual mensual ((KWh/m ²)/mes)		162.53

Una vez tenemos los datos de irradianza de los 3 ángulos propuesto para el estudio, realizamos una gráfica para poder observar con más detalle y facilidad las curva de radiación diaria de cada una de las inclinaciones.

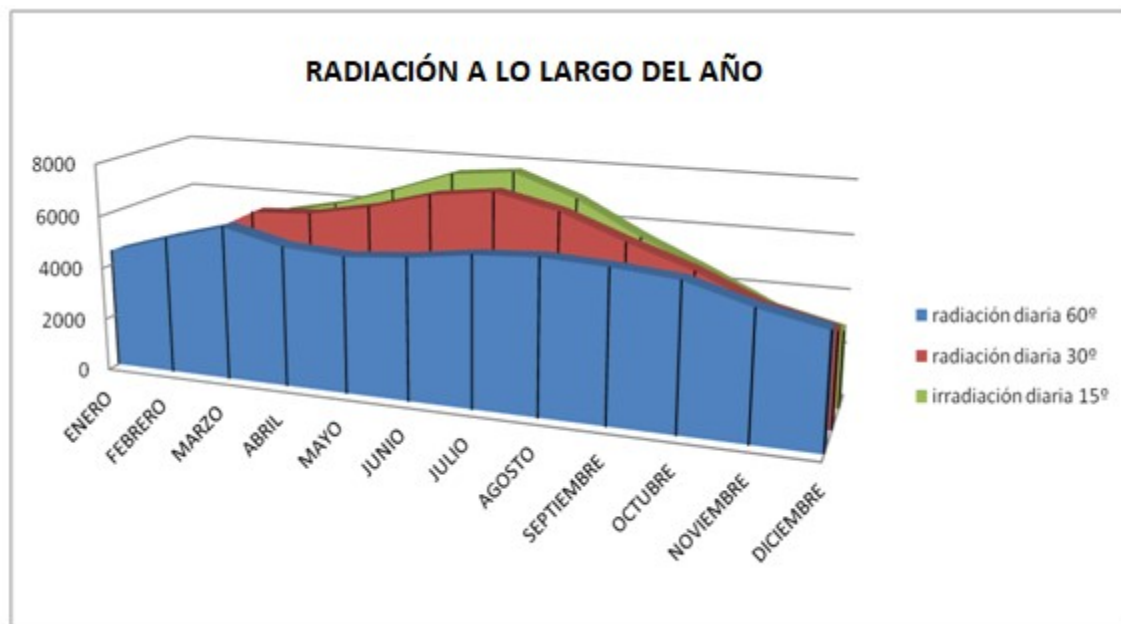


FIGURA 24. GRÁFICA RADACIÓN

Analizando las tablas y la gráfica, podemos observar las diferencias que abría a la hora de la productividad de los paneles fotovoltaicos. Por lo que, con una inclinación de 60° la radiación media diaria mensual oscila entre los 4210 (Wh/m²)/día y los 5840

(Wh/m²)/día, mientras que con la inclinación de 15 grados, se obtiene una variación es mucho mayor y fluctúa desde los 2860 (Wh/m²)/día en Diciembre a los 7720 Wh/m²/día en Julio. Esto supone un contraste muy grande dando lugar a una captación de energía muy irregular. En nuestro caso, nuestros consumos en la granja son muy constantes a lo largo del año, por lo que, si colocamos una inclinación de 15 grados, provocaremos graves problemas de suministro energético.

Una vez obtenidas las iradiancias de las 3 inclinaciones, nos decantaremos a la colocación de nuestros paneles a una inclinación de 60 grados a falta del cálculo del coeficiente más desfavorable (CMD) el cual nos afirmará por segunda vez cual es la inclinación más favorable para nuestra generación de electricidad gracias al efecto fotovoltaico.

9.- CÁLCULO DEL COEFICIENTE MÁS DESFAVORABLE

Para el cálculo del coeficiente más desfavorable (CMD) para nuestra instalación, necesitamos trabajar en Ah/mes, por lo que deberemos calcular los consumos en Ah. Para ello, emplearemos la siguiente expresión matemática con la cual obtendremos el consumo mensual y diario en amperios hora:

$$C_{MENSUAL} = \frac{\text{Consumo} * 1000}{48 V_{CC} * n} = \text{Ah/mes}$$

$$C_{DIARIO} = \frac{C_{MENSUAL}}{N^{\circ} \text{ Días del mes}} = \text{Ah/día}$$

Tomaremos como n el rendimiento del inversor escogido para nuestra instalación que será de 0.94 indicado en la ficha técnica del propio elemento.

Una vez calculados el consumo del mes en Ah, calcularemos el CMD, que emplearemos posteriormente para concluir con la inclinación a instalar los paneles fotovoltaicos y para el posterior cálculo del número de paneles que se instalaran en el local.

Para el cálculo del CMD se empleará la siguiente fórmula:

$$CMD = \frac{C_{MENSUAL}(\text{Ah/Mes})}{\text{Radiación mensual}}$$

A continuación se adjuntarán las tablas del CMD de cada una de las inclinaciones estudiadas:

MES	CONSUMO kWh	Ah/MES	Ah/DIA	RAD 60° (Wh/m²)/día	RAD 60° (KWh/m²)/mes	COEF. CMD
ENERO	1557,50	34518,99	1113,52	4540	140,74	245,27
FEBRERO	1575,29	34913,30	1246,90	5230	146,44	238,41
MARZO	1467,97	32534,84	1049,51	5840	181,04	179,71
ABRIL	1410,36	31258,07	1041,94	5290	158,7	196,96
MAYO	1597,27	35400,53	1141,95	5140	159,34	222,17
JUNIO	1821,77	40376,06	1345,87	5320	159,6	252,98
JULIO	1821,77	41984,09	1354,33	5630	174,53	240,56
AGOSTO	1947,65	43165,94	1392,45	5760	178,56	241,74
SEPTIEMBRE	1707,86	37851,60	1261,72	5630	168,9	224,11
OCTUBRE	1523,55	33766,56	1089,24	5410	167,71	201,34
NOVIEMBRE	1428,86	31668,09	1055,60	4710	141,3	224,12
DICIEMBRE	1663,02	36857,76	1188,96	4210	130,51	282,41
Media anual diaria ((Wh/m²)/día)				5225,83		
Media anual mensual ((KWh/m²)/mes)				158,95		



MES	CONSUMO kWh	Ah/MES	Ah/DIA	RAD 30° (Wh/m²)/día	RAD 30° (KWh/m²)/mes	COEF. CMD
ENERO	1557,50	34518,99	1113,52	3870	119,97	287,73
FEBRERO	1575,29	34913,30	1246,90	4780	133,84	260,86
MARZO	1467,97	32534,84	1049,51	5940	184,14	176,69
ABRIL	1410,36	31258,07	1041,94	6060	181,8	171,94
MAYO	1597,27	35400,53	1141,95	6490	201,19	175,96
JUNIO	1821,77	40376,06	1345,87	7120	213,6	189,03
JULIO	1821,77	41984,09	1354,33	7400	229,4	183,02
AGOSTO	1947,65	43165,94	1392,45	6870	212,97	202,69
SEPTIEMBRE	1707,86	37851,60	1261,72	5970	179,1	211,34
OCTUBRE	1523,55	33766,56	1089,24	5150	159,65	211,50
NOVIEMBRE	1428,86	31668,09	1055,60	4100	123	257,46
DICIEMBRE	1663,02	36857,76	1188,96	3520	109,12	337,77
Media anual diaria ((Wh/m²)/día)				5605,83		
Media anual mensual ((KWh/m²)/mes)				170,65		



MES	CONSUMO kWh	Ah/MES	Ah/DIA	RAD 15° (Wh/m²)/día	RAD 15° (KWh/m²)/mes	COEF. CMD
ENERO	1557,50	34518,99	1113,52	3180	98,58	350,16
FEBRERO	1575,29	34913,30	1246,90	4130	115,64	301,91
MARZO	1467,97	32534,84	1049,51	5490	170,19	191,17
ABRIL	1410,36	31258,07	1041,94	5960	178,8	174,82
MAYO	1597,27	35400,53	1141,95	6690	207,39	170,70
JUNIO	1821,77	40376,06	1345,87	7500	225	179,45
JULIO	1821,77	41984,09	1354,33	7720	239,32	175,43
AGOSTO	1947,65	43165,94	1392,45	6880	213,28	202,39
SEPTIEMBRE	1707,86	37851,60	1261,72	5640	169,2	223,71
OCTUBRE	1523,55	33766,56	1089,24	4570	141,67	238,35
NOVIEMBRE	1428,86	31668,09	1055,60	3420	102,6	308,66
DICIEMBRE	1663,02	36857,76	1188,96	2860	88,66	415,72
Media anual diaria ((Wh/m²)/día)				5336,67		
Media anual mensual ((KWh/m²)/mes)				162,53		



FIGURAS 25. DATOS CMD DE LA INSTALACIÓN

Una vez obtenido los CMD más desfavorables para las 3 inclinaciones. Nos decantaremos por emplear el CMD de la inclinación de 60°, porque es el más apropiado para el cálculo de los módulos fotovoltaicos.

Angulo de inclinación	CMD
60 °	282,41
30 °	337,77
15 °	415,72



FIGURA 26. DATOS CMD DE LA INSTALACIÓN

10.- DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INSTALACIÓN

En el presente apartado, vamos a describir la función de cada uno de los elementos más importantes de las instalaciones fotovoltaicas aisladas de la red.

ESQUEMA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA AISLADA

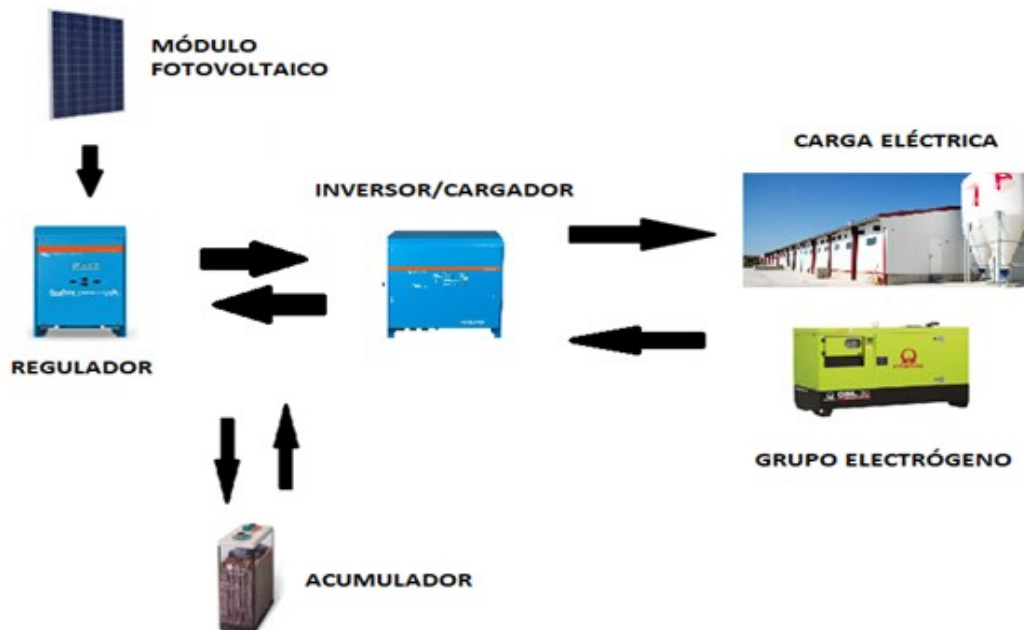


FIGURA 27. ESQUEMA INSTALACIÓN AISLADA

En los siguientes apartados se realizará un breve resumen de cada uno de ellos y sus características más importantes.

10.1.- MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Las placas solares o módulos fotovoltaicos, son los elementos de la instalación encargados de la transformación de la radiación solar en energía eléctrica mediante el efecto fotovoltaico. Este efecto, consiste en captar los rayos solares por medio de las celdas fotovoltaicas que componen el panel. Estas celdas están compuestas por una fina capa de silicio que se encuentran junto a otra capa de silicio impregnado de boro, creándose así una tensión entre ambas capas.



FIGURA 28. FUNCIONAMIENTO CELULA FOTOVOLTAICA

Por otro lado, podemos encontrar varios tipos de paneles fotovoltaicos en el mercado. Esto dependerá del material con el que se ha fabricado las celdas fotovoltaicas que los componen. Los paneles que podemos encontrar en la actualidad son los siguientes:

- **Monocristalinos:** Fabricados con un único cristal de silicio puro. Estos paneles fotovoltaicos son empleados en zonas donde su climatología es muy fría, ya que este tipo de placas tienden a absorber mejor la radiación. Por otro lado se emplean en zonas frías ya que no soportan los sobrecalentamientos.
- **Policristalinos:** Constituidas de múltiples cristales de silicio. Este tipo de paneles solares son recomendables en climas cálidos, pues absorben la radiación a una mayor velocidad y le afecta en menor medida las altas temperaturas.
- **Amorfos:** Fabricados de una fina capa de silicio sobre metal y cristal. Son paneles con una vida útil corta y bajo rendimiento en comparación con los anteriores descritos.

La disposición de los paneles solares se podrá realizar en serie o en paralelo. Esto dependerá de la tensión o intensidad que se necesite para alimentar a la carga o las cargas eléctricas.

10.2.- CONEXIONADO ENTRE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

La conexión entre cada uno de los módulos se realiza mediante unas cajas de registro (Caja string) situadas en la parte posterior de los paneles. En estas cajas se encuentran los bornes de conexión mediante los cuales se realizan las conexiones serie/paralelo de los módulos para otorgar al sistema la tensión e intensidad requerida.

Los conectores que facilitan la instalación son del tipo MC4.

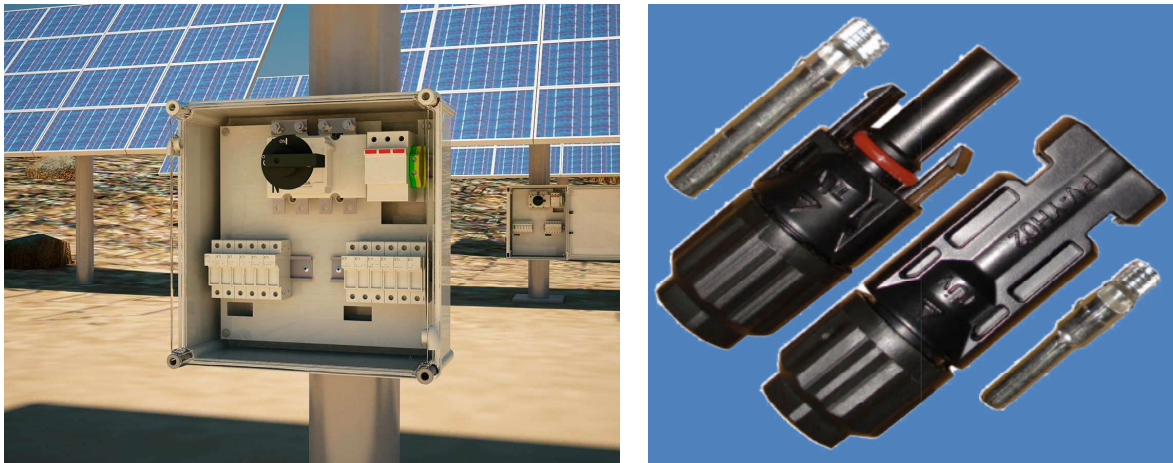


FIGURA 29. CAJA DE CONEXIONADO Y CONECTOR TIPO MC4

Un punto importante a tener en cuenta es el agrupamiento de los módulos, ya que cada una de la rama que compone el sistema fotovoltaico, deberá tener el mismo número de módulos fotovoltaicos con el fin de crear un conjunto simétrico equilibrado y evitar deteriorar los demás componentes de la instalación por los posibles desequilibrios que se pueden originar.

10.3. REGULADOR DE INTENSIDAD

El elemento encargado de conducir la energía producida en los paneles fotovoltaicos al resto de elementos de la instalación es el Regulador. Dicho elemento tendrá la capacidad de ordenar la desconexión de los paneles fotovoltaicos una vez se detecte que los acumuladores hayan llegado al máximo de su capacidad.

Para la elección correcta del regulador para una instalación de estas características atenderemos a los siguientes requisitos:

- La tensión de trabajo del regulador será igual a la de la instalación (48V).
- La intensidad de trabajo del regulador será igual o superior a la correspondiente al conjunto de placas que generen la energía.

En el presente proyecto, se empleará para la instalación un regulador/maximizador que posee una tecnología MPPT que será capaz de buscar el punto de máxima eficiencia y rendimiento del sistema.

Podemos encontrar en el mercado, reguladores para sistemas fotovoltaicos desde 10 A hasta unos 100 A como máximo.

10.4.- ACUMULADORES DE ENERGÍA

En los sistemas fotovoltaicos aislados, se dispone de un sistema de acumuladores para que una vez generada la energía en los módulos fotovoltaicos a lo largo del día, poder contar con esta una vez que no haya radiación solar.

Hay una amplia gama de acumuladores en el mercado, pero la tecnología más empleada en los sistemas aislados son las baterías del tipo OPzS (plomo-acido). Dependiendo del sistema que se desee instalar, podremos encontrar diferentes configuraciones de las mismas. En el caso del presente proyecto se emplearán los modelos OPzS de tensión 2 V, los cuales asociaremos en serie hasta conseguir el voltaje que se requiere en la instalación.

Para la elección de la batería, se requerirá del conocimiento de la capacidad que esta dispone en Ah con el fin de obtener un sistema de acumuladores que nos garanticen los días de autonomía que el usuario quiera otorgar y requiera su local.

Para finalizar el apartado, cabe destacar que todas las baterías sufren a lo largo del tiempo un deterioro en los ciclos de vida, disminuyendo la vida útil de la misma. Para evitar dicho deterioro o al menos exprimir al máximo la vida del acumulador, se calcularán de tal modo que nunca disminuyan su carga por debajo del 30% de su capacidad. Para ello, se fijará un coeficiente de descarga máxima del acumulador del 70 % de este modo, cuando el regulador detecte que la capacidad de las baterías

compromete la vida útil, desconectará a la instalación del consumo de las mismas y automáticamente se pondrá en marcha el grupo de apoyo que dispone la instalación.

10.5.- INVERSOR / CARGADOR

El trabajo realizado por los inversores en las instalaciones de las características del presente proyecto consistirá en transformar la energía generada por los módulos fotovoltaicos y proveniente de los reguladores en corriente continua en corriente alterna monofásica a 230 V y 50 Hz.

Por otro lado, otra función que realizará dicho elemento consistirá en ordenar al grupo electrógeno su encendido automático una vez el regulador detecte la carencia de capacidad en los acumuladores de energía de la instalación. Además, como bien indica su nombre, realizará el trabajo de cargar las baterías con la energía generada por el grupo de apoyo transformando la energía alterna generada por el grupo a corriente continua.

Las principales características que se deben tener en cuenta para la elección del inversor cargador más correcta para la instalación son:

- La tensión de trabajo del inversor deberá de ser igual a la de la propia instalación (48V)
- La potencia que soporta del inversor deberá ser igual o inferior a la de la instalación.

Además, se deberá tener en cuenta el rendimiento del inversor a la hora de su elección ya que a la hora de los cálculos es muy importante ese dato a la hora de realizar un buen dimensionado de la instalación.

10.6.- GRUPO ELECTRÓGENO

Los grupos electrógenos o grupos de apoyo, son un tipo de generador de combustión interna alimentados mediante combustibles fósiles. Éstos son capaces de generar una corriente alterna monofásica o trifásica de 230/400 V a 50 Hz con una oscilación en la frecuencia menor al $\pm 7\%$.

Estos grupos son empleados para multitudes de funciones, pero concretamente en el presente proyecto se empleará como apoyo a la instalación fotovoltaica. Dependiendo de la instalación y de la autonomía de la que disponga la misma, el grupo electrógeno que se instalará será de mayor o menor potencia. En el caso concreto de nuestra instalación, se le otorgará 3 días de autonomía, por lo que el grupo de apoyo que se le colocará será una potencia que garantice en un momento puntual poder cubrir las necesidades del local y poder cargar los acumuladores.

En este caso concreto, el grupo contará con un arranque automático y con un depósito de combustible con una amplia capacidad que le permita estar varias horas en funcionamiento permitiendo cargar los acumuladores y garantizando el suministro eléctrico al local.

Para finalizar, destacar que la instalación de este tipo de grupos electrógenos permiten reducir el número de días de autonomía y por tanto un descenso del número de acumuladores siendo más económica la instalación. Cabe recordar que los acumuladores son la parte más cara de la instalación suponiendo un 40 % del coste final de ella.

10.7.- PROTECCIONES, CABLEADO Y CONEXIONES

Como se ha mencionado en la introducción del presente proyecto, la seguridad de la instalación es uno de los objetivos principales a la hora del estudio y montaje de una instalación de estas características.

Para dotar a la instalación de la seguridad pertinente, se tendrá que tener en cuenta 2 zonas en la instalación. La primera zona discurre entre la salida de las placas y la entrada del inversor, en la cual circulará energía en corriente continua. Para proteger esta zona se emplearán fusibles. En la segunda zona de la instalación se protegerá mediante magneto-térmicos y diferenciales ya que discurrirá corriente alterna, esta zona discurre entre la salida del inversor y la entrada de las cargas.

Los principales elementos de protección a emplear van a ser:

- **Aislamiento de los conductores:** Todos los cables, conexiones etc. deberán estar aislados correctamente para evitar el contacto con cualquier otro objeto, persona o animal, además de soportar una tensión e intensidad de trabajo. Por otro lado, deberán de ser no propagadores de la llama y libre de halógenos para evitar la propagación de incendios y muerte por asfixia.
- **Interruptores magneto-térmicos:** Estos elementos protegerán a la instalación ante sobrecargas y cortocircuitos en la zona alterna de la instalación.
- **Interruptores diferenciales:** Elemento encargado de la protección de las personas que de manera directa o indirecta se ponga en contacto con algún elemento conductor de la instalación. Este dispositivo será encargado de la protección de la instalación en la zona alterna.
- **Puesta a tierra independiente:** Para tener Una instalación totalmente protegida, será necesario realizar una puesta a tierra independiente de la

del local. Su función consistirá en unir todas las masas metálicas de la instalación tales como los soportes de las placas para evitar una derivación.

- **Fusibles:** Para proteger los elementos de la instalación que se encuentran en la zona de corriente continua se les colocaran fusibles que protegerán la instalación de sobrecarga de corriente eléctrica por fusión.

10.8.- RECEPTORES ELÉCTRICOS

Todo este sistema de placas, reguladores, baterías, inversores, cableado y protecciones tiene como finalidad alimentar eléctricamente a los receptores de la granja para su funcionamiento.

Estos receptores se caracterizarán cada uno por la tensión de alimentación (230-400V), su frecuencia de trabajo (50 Hz) y por su potencia nominal.

Recordemos que todos los elementos de consumo de la granja de terneros se encuentran citados en el **apartado 5. Elementos de consumo** donde se encuentran todas sus características y sus horas de funcionamiento al día.

11.- DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

11.1.- RELACIÓN DE COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

Como se ha nombrado reiteradas veces durante el presente proyecto, se dispone de una granja de terneros de engorde a la cual se le dispondrá de una instalación fotovoltaica, con el fin de abastecerse de energía sin tener que conectarse a la red eléctrica.

La instalación fotovoltaica estará compuesta por un total de 72 módulos solares, cada uno de ellos de 365 Wp, obteniendo una potencia pico instalada de 26.28 KWp.

Se emplearán en la instalación 4 reguladores de 85 A cada uno. Cada regulador tendrá conectadas 9 ramas en paralelo de dos paneles en serie. Estos elementos, tendrán la función de controlar y proteger en todo momento el estado de la capacidad de las baterías y hacer el llenado óptimo y alargar la vida útil de las mismas. Estos reguladores, irán conectados a 2 inversores monofásicos de 17 KVA, que se encargaran de convertir la corriente continua generada por los módulos fotovoltaicos en corriente alterna para abastecer al local.

El número de acumuladores para la instalación ha sido dimensionado para 3 días de autonomía, y contará con 24 Vasos de 2 V cada uno, formando un sistema de 48 V y dos ramas en paralelo. Las baterías contarán con un monitor que nos permitirá obtener la información de cada batería.

La instalación también contará con un grupo de apoyo de 20 KW, que se encargará de abastecer de energía a la granja y de cargar las baterías en caso de encontrarse los acumuladores a una capacidad crítica.

Para finalizar, todos los elementos descritos anteriormente de la instalación estarán monitorizados y controlados por el dispositivo Color Control GX, informando al usuario en cada momento del estado de la instalación solar.

RESUMEN DE LA INSTALACIÓN			
ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN	MARCA	MODELO	CANTIDAD
PANELES FOTOVOLTAICOS	TALLMAX plus	TSM-DD14A(II)-365	72
REGULADORES	VICTRON ENERGY	BLUE SOLAR MPPT 150/85 CAN-BUS	4
ACUMULADORES	BAE SECURA	PVS SOLAR 2280 C72	48
INVERSOR CARGADOR	VICTRON ENERGY	QUATTRO	2
GRUPO ELECTRÓGENO	PRAMAC	GSL22D	1
MONITOR DE BATERIAS	VICTRON ENERGY	BMV-702	1
MONITOR DE INSTALACIÓN	VICTRON ENERGY	COLOR CONTROL GX	1

11.2.- DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN

11.2.1- MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Los módulos fotovoltaicos que escogeremos para el estudio y posterior montaje de la instalación serán las “**TSM-DD14A (ii)-365**” de la marca **TALLMAX plus**. Serán suministrados por el GRUPO PEISA siendo estos paneles de silicio mono cristalino de 72 celdas y con una potencia pico de 365 Wp.

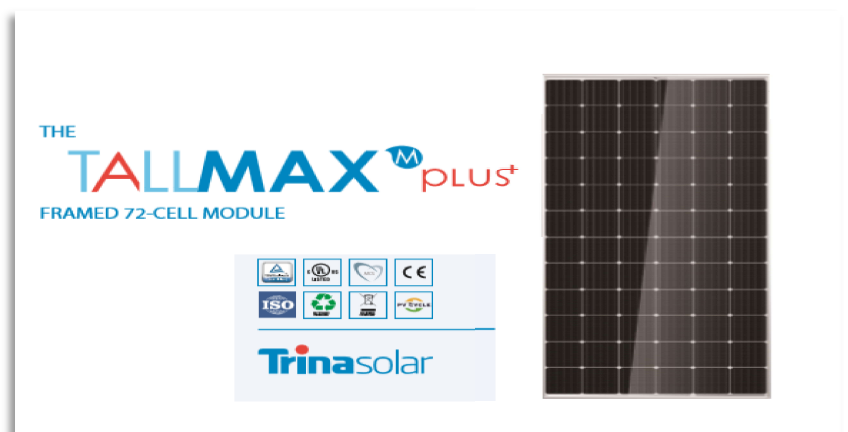
TALLMAX plus garantiza que cada año la pérdida de eficiencia no superará el 0.7%, siendo su rendimiento a los 25 años como mínimo un 82% del rendimiento que tenía el primer día.

En la instalación se colocarán un total de **72 paneles fotovoltaicos** distribuidos en **36 líneas en paralelo** de **2 placas en serie**. Los cálculos de los paneles se podrán cotejar en el **Anexo** en el apartado **Cálculos justificativos**. Las características más significativas de los paneles empleados son:

CARACTERÍSTICAS MÓDULO FOTOVOLTAICO	
MARCA	TALLMAX plus
POTENCIA MÁXIMA (Wp)	365
TOLERANCIA (Wp)	-0/+5
TENSIÓN DE MÁXIMA POTENCIA (V)	39.1
CORRIENTE DE MÁXIMA POTENCIA (A)	9.35
TENSIÓN A CIRCUITO ABIERTO (V)	47.3
CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO (A)	9.88
EFICIENCIA DEL MÓDULO (%)	18.8
DIMENSIONES DEL PANEL (mm)	1956 X 992 X 40

Todas las características acerca del módulo fotovoltaico escogido para la instalación podrán ser contrastadas en el **Anexo** del presente proyecto en el apartado **Fichas técnicas**.

Figura 30. MÓDULO FOTOVOLTAICO
MARCA TALLMAX plus



11.2.1.1 CONEXIONADO ENTRE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

El conexionado entre cada uno de los paneles solares se realizará mediante una caja de conexionados o registro situada en la parte posterior de los módulos.

En estas cajas strings, se encuentran los bornes de conexionado donde se realizarán las conexiones en serie y paralelo de la instalación de los paneles.

Un punto muy importante a la hora de realizar el conexionado y el agrupamiento de los paneles, es que se debe de realizar agrupaciones simétricas para evitar posibles desequilibrios en el conjunto. Las agrupaciones que se realizaran en el presente proyecto serán de 9 ramas en paralelo de 2 paneles en serie, siendo un total de 4 agrupaciones dando un total de 72 módulos fotovoltaicos.

Los bornes de conexiones que se emplean para este tipo de instalaciones son del tipo MC4 o combinables con MC4.

Además destacar que en las cajas string se encontraran las protecciones de los fusibles las cuales protegerán la instalación.

En el apartado **PLANOS** del presente proyecto, se encuentra el esquema de conexionado de los paneles solares con todo detalle.

11.2.2.- ACUMULADORES DE ENERGÍA

En cuanto a los acumuladores, se ha elegido para el estudio y posterior instalación del presente proyecto son de la marca **BAE SECURA**, modelo **“PVS SOLAR 2280 C72 (2001 Ah)”**. La empresa encargada del suministro de los acumuladores será GRUPO PEISA.

Las características más importantes de los acumuladores son:

CARACTERÍSTICAS ACUMULADOR	
MODELO	BAE SECURA
TIPO	PLOMO-ÁCIDO
TENSIÓN NOMINAL (V)	2
CAPACIDAD C72 (Ah)	2001

Todas las características acerca del módulo fotovoltaico escogido para la instalación podrán contrastadas en el apartado **Ficha técnica** del **Anexo** del presente proyecto.



FIGURA 31. ACUMULADOR BAE SECURA PVS SOLAR

Se instalarán un total de **48 Acumuladores** distribuidos en **24 vasos en serie y 2 ramas en paralelo** que dotaran al sistema de 3 días de autonomía.

Los cálculos realizados para la obtención del número de baterías a emplear en el proyecto podrán ser cotejados en el **Anexo** en el apartado **Cálculos Justificativos**.

En el apartado **PLANOS** del presente proyecto, se encuentra el esquema de conexionado de los acumuladores al detalle.

11.2.3.- MONITOR DE BATERÍAS

Cuando se trata de un sistema de elevadas dimensiones de acumuladores, un elemento muy importante para incorporar a la instalación es el monitor de baterías. Para el presente proyecto, se ha decidido incorporar el monitor de baterías BMV-702 y nos permite en todo momento saber la capacidad de las baterías.

Este material es fabricado por Victron Energy y será suministrado para el montaje en la granja de terneros por el Grupo Peisa.

Como hemos nombrado anteriormente, este elemento es el encargado de monitorizar todo el sistema de acumuladores de la instalación. Tiene una alta precisiones y su principal función es calcular los amperios/horas consumidos por las cargas y el estado de carga de las baterías.

Un punto muy importante del monitor de baterías, es que alberga un relé el cual se podrá programar para desconectar cargas no críticas o para arrancar un grupo electrógeno que es el caso de esta instalación.

Este instrumento es muy sencillo de instalar y de programar, ya que todas las conexiones eléctricas se realizan a la placa de conexiones rápida del derivador de corriente. Además cuenta con las últimas tecnologías de la informática que nos permitirá controlar nuestro sistema por medio de Bluetooth con cualquier móvil inteligente, tablet, ordenador o cualquier dispositivo de de Apple o Android .

Gracias al BMV-702, el cliente de la instalación, dispondrá de un menú de instalación rápida y de otro más complejo pero con más detalle con textos deslizantes para realizar distintos ajustes del sistema.

Además dicho elemento dispone de un control de la tensión del punto medio. Esta función se utiliza a diario en las instalaciones de estas características para la monitorización de grandes y complejos bancos de acumuladores. Esta monitorización del punto medio de la tensión nos permitirá detectar cualquier fallo de los vasos y poder actuar antes de la aparición de un problema mayor.



FIGURA 32. CONTROL DE BATERIAS BWV-702

11.2.4.- REGULADORES DE CARGA

Los reguladores que emplearemos para el cálculo del presente proyecto y posterior instalación serán los **Victron Energy** modelo “**Blue Solar MPPT 150/85A – can bus**” de la marca **Victron Energy** que nos aportará una calidad extra a nuestra instalación al contar con la tecnología MPPT la cual busca siempre la mejor eficiencia para cualquier modo de funcionamiento aumentando hasta un 30 % el rendimiento de la producción en comparación con los reguladores PWM. La empresa encargada del suministro del material será Grupo Peisa.

Las características más importantes de los reguladores a instalar son las siguientes:

CARACTERISTICAS REGULADOR DE CARGA	
MARCA	VICTRON ENERGY
MODELO	MPPT 150/85
TENSIÓN NOMINAL (v)	12/24/48
CORRIENTE NOMINAL (A)	85
TENSIÓN MÁXIMA (V)	150
RENDIMIENTO (%)	98

Se instalarán un total de **4 Reguladores**, los cuales albergaran la producción de 18 ramas en paralelo de paneles fotovoltaicos. El modelo elegido, dotará de la tecnología necesaria para que uno de ellos actúe como maestro y el resto como esclavos.

El maestro será el encargado de ordenar a los esclavos, y para esto, nuestro regulador dispondrá del sistema CAN-BUS que ofrece las siguientes prestaciones:

- Alta inmunidad a las interferencias, habilidad para el auto diagnóstico y la reparación de errores de datos.
- Es el protocolo de comunicaciones normalizado, con lo que se simplifica y economiza la tarea de comunicar subsistemas de diferentes fabricantes sobre una red común o bus.
- El procesador anfitrión delega la carga de comunicaciones a un periférico inteligente, por lo tanto el procesador anfitrión dispone de mayor tiempo para ejercer sus propias tareas.
- Al ser una red multiplexada, reduce considerablemente el cableado y elimina las conexiones punto a punto, excepto de los enganches.



FIGURA 33. REGULADOR MAXIMIZADOR VICTRON ENERGY

Todas las características acerca del regulador escogido para la instalación, podrán ser contrastadas en el **anexo** del presente proyecto en el apartado **fichas técnicas**.

En el apartado **PLANOS** del presente proyecto, se encuentra el esquema de montaje y conexionado de los reguladores con todo detalle.

11.2.5.- INVERSOR CARGADOR

Los inversores cargadores que emplearemos para el cálculo del presente proyecto y posterior instalación serán el modelo **Quattro 48/15000/200-100/100** de la marca **Victron Energy** de **15 KW** que se encargarán de transformar la corriente CC generada por los módulos y suministrarla en CA a la carga y al contrario de CA generada por el grupo en CC para cargar las baterías.

Las características más importantes del inversor a emplear son las siguientes:

CARACTERISTICAS INVERSOR CARGADOR	
MARCA	VITRON ENERGY
MODELO	Quattro
RANGO DE TENSIÓN DE ENTRADA CC (V)	38-66
RANGO DE TENSIÓN DE SALIDA CA (V)	230
POTENCIA DE SALIDA A 25 ° C (w)	15000
RENDIMIENTO (%)	96

Dicho inversor, puede conectarse a dos fuentes de alimentación de CA independientes, como puede ser nuestra instalación que deberá conectarse a grupo de apoyo. Dicho inversor, tendrá la capacidad de equilibrar las frecuencias automáticamente de los dos generados de energía y alimentar de forma segura a la carga.

Además, alberga dos salidas en CA, la salida principal dispone de la función “on-break” (sin interrupción) que se encargará de alimentar al local y evitará que en caso de apagón o de desconexión de la toma del generador el local no pierda el suministro eléctrico. El cual, cuando detecte la reducción de energía de las placas y acumuladores, ordenará al grupo electrógeno que se ponga automáticamente en funcionamiento. Por lo que podemos afirmar que posé los mismos privilegios que un gestor de energía.

Por otro lado, el inveror/cargador Quattro tendrá la capacidad de cargar los acumuladores de la instalación por medio de grupo electrógeno. El cual deberá de convertir la CA en CC y cargar de forma segura los acumuladores.

Para finalizar, el inversor contará con una toma de datos que se utilizará para conectar en caso de emplearse barios inversores en la instalación poder ser unidos entre sí y coordinarse mutuamente, y sincronizarse a la perfección.



FIGURA 34. INVERSOR/CARGADOR QUATTRO VICTRON ENERGY

Todas las características técnicas del inversor se podrán cotejar en el **Anexo** del presente proyecto en el apartado **Fichas técnicas**.

En el apartado **PLANOS** del presente proyecto, se encuentra el esquema de montaje y conexionado de los inversores con todo detalle.

11.2.6.- GRUPO ELECTRÓGENO

Como hemos reiterado en anteriores apartados, la instalación contará con un grupo de apoyo que se empleará en caso de emergencia para abastecer de suministro eléctrico a la granja y cargar las baterías de la instalación.

Como se ha mencionado durante el presente proyecto, la ubicación del local se encuentra en las inmediaciones del término municipal de Villar del arzobispo. Este lugar cuenta con una climatología cálida, donde pocas veces se podrá encontrar una climatología adversa que no permita generar mediante los paneles fotovoltaicos. Por lo que el grupo electrógeno que se colocará en la instalación tendrá la función de apoyo en las posibles situaciones de emergencia de ausencia de energía.

El grupo electrógeno que se ha previsto colocar en la instalación tendrá una potencia activa de 20 KW, suficiente para en el caso de tener que iniciar su funcionamiento poder abastecer en su totalidad a la granja y poder cargar las baterías.

El grupo que se instalará será de la marca **PRAMAC** modelo **GSL22D** suministrado por GRUPO SECURTY. Este será insonorizado gracias a la cabina que lo recubre, monofásico a **230 V** y **50 Hz** ya que nuestro local del presente proyecto únicamente cuenta con consumos monofásicos.

El grupo, trabajará mediante la combustión de diesel, con una capacidad de 100 litros y una autonomía de funcionamiento de 24 h. Además, contará con arranque automático el cual una vez el inversor le ordene que se ponga en funcionamiento por la descarga de las baterías, este se pondrá a generar energía eléctrica para abastecer al local y recargar las baterías, ya que se ha diseñado para dicho fin.

La documentación exigible que debe de tener el grupo de apoyo, es la siguiente:

- Declaración CE de conformidad.
- Manual de instrucciones del fabricante.
- Contrato de alquiler en caso de que el generador se tuviera que arrendar.
- Copia de la hoja de la última revisión del generador.
- Indicaciones, normas y recomendaciones que establezca el propietario o la empresa de alquiler.

Otro punto importante, será la señalización de la misma:

- Placa de identificación.
- Señales de peligro (atrapamientos, contactos térmicos, etc.).
- Señales de advertencia de peligro eléctrico.
- Marcado CE.

Las características más importantes del grupo electrógeno a instalas son las siguientes:

CARACTERISTICAS GRUPO ELÉCTROGENO GSL 22D	
POTENCIA APARENTE (KVA)	23
POTENCIA ACTIVA (KW)	20
VOLTAJE	230
FRECUENCIA	50
FACTOR DE POTENCIA	0,8
TIPO	CABINADO INSONORIZADO
ARRANQUE	AUTOMATICO
COMBUSTIBLE	DIESEL
CAPACIDAD DEL DEPÓSITO (L)	100

El propio grupo contará con las pertinentes medidas de protección para corriente alterna (magneto termicos y diferenciales) reflejadas en la ficha técnica del elemento.

Todas las características técnicas del grupo electrógeno se podrán cotejar en el **Anexo** del presente proyecto en el apartado **Fichas técnicas**.

En el apartado **PLANOS** del presente proyecto, se encuentra el esquema de montaje y conexionado del grupo con todo detalle.



FIGURA 34. GRUPO ELECTRÓGENO

11.2.7.- MONITOR DE LA INSTALACIÓN SOLAR

Para finalizar con los elementos que se instalaran en la instalación fotovoltaica del presente proyecto, queda por destacar el monitor Color GX de Victron Energy. Este elemento será suministrado por el GRUPO PEISA.

El monitor realizará la función de control y monitorización de todos los elementos instalados en el proyecto. Además, como cuenta con la última tecnología informática, enviará todas las lecturas y datos de la instalación a la página web gratuita de Victron, página destinada a la monitorización remota de las instalaciones. Por lo que dicho elemento ofrece una gran ventaja para el cliente de la instalación ya que puede ver a todo momento el estado de su instalación.

Por otro lado, cuenta con la función de arranque/parada automática del generador y con la posibilidad de personalizarlo. Para ello, usa el estado de carga de las baterías, la tensión e intensidad del sistema para dar la orden al generador de su arranque o su paro mediante la configuración aportada.

Este dispositivo estará conectado a internet y en el caso de que no hubiera, este almacenará todos los datos en una memoria interna del propio.

Las características más destacables del monitor Color Control GX son:

- Cuando el monitor se encuentra conectado a internet, el GX se actualizará automáticamente en caso de nuevas versiones del Software.
- A la hora de configurar el sistema del monitor, se puede configurar en varios idiomas.
- Se puede utilizar como pasarela ModBus-TCP para enlazar todos los elementos de Victron del sistema.
- El sistema operativo empleado es el Venus OS de Linux.

El monitor, tiene la gran ventaja de mostrarnos mediante una pantalla los estados en los que se encuentra cada elemento de la instalación. Su utilización es fácil y de manera sencilla.



FIGURA 35. MONITOR COLOR CONTROL GX VICTRON

11.2.8 CABLEADO DE LA INSTALACIÓN

Para la conexión de los distintos elementos de la instalación fotovoltaica del presente proyecto, se empleará cables eléctricos de cobre, el cual estará fabricado con materiales de alta calidad para que se asegure la durabilidad y la fiabilidad de la instalación. El cableado evidentemente tendrá que cumplir con el reglamento técnico de baja tensión. Las conexiones, cables, equipos y demás elementos tendrán que tener el grado de protección IP.535, concepto que se define en la norma UNE 20-234.

Por otro lado, dependiendo del lugar donde se coloquen los cables (en exterior o interior de la granja) y si la corriente que circula por ellos es de CC o CA, Se empleará un cable u otro.

Los cables que se emplearan en el exterior de la granja, que serán los encargados de enlazar los módulos fotovoltaicos hasta los reguladores, tendrán una última capa de protección (doble aislamiento) resistente a la intemperie y la humedad, de tal forma que



FIGURA 36. CABLE PV ZZ-F (AS+)

no le afecten internamente los agentes atmosféricos, conforme a las normas UNE-21123, UNE-HD-603 y UNE-21030.

Los cables empleados para exterior serán los **PV ZZ-F (AS+) 1,8 KV DC**. Todas las características técnicas del cable están en el **Anexo** del presente proyecto en el apartado **Fichas técnicas**.

Los cables que se instalarán en el interior de la hornacina que interconecten los diferentes elementos de la instalación no tendrán la obligación de tener el doble aislamiento que poseerán los cables de exterior, pero sí que deberán cumplir con el reglamento técnico de baja tensión. Los cables empleados para el interior serán los **XZ1FA3Z-K (AS) 1,8 KV DC**. Todas las características técnicas del cable estarán en el **Anexo** del presente proyecto en el apartado **Fichas técnicas**.

Una vez se transforma la corriente continua a corriente alterna monofásica, el cableado que se empleará para las conexiones del grupo electrógeno hasta el inversor o del inversor hasta el CGBT de la instalación será del tipo **RZ1-K (AS) 0.6/1 kV AC**, el cual cumple la normativa del reglamento de baja tensión. Todas las características técnicas del cable estarán en el **Anexo** del presente proyecto en el apartado **Fichas técnicas**.



FIGURA 37. CABLE RZ1-K (AS+)

Una vez se tiene claro la tipología del cable que se empleará para la instalación, Para el cálculo de las secciones se deberá tener en cuenta los siguientes Criterios:

- **Criterio de Caída máxima de tensión según la zona:** La circulación de corriente a través de los conductores, ocasiona una pérdida de potencia transportada por el cable, y una caída de tensión o diferencia entre las tensiones en el origen y el final de la línea. Esta caída de tensión debe ser inferior a los límite

marcados por el Reglamento en cada parte de la instalación, con el objeto de garantizar el funcionamiento de los receptores alimentados por el cable.

- **Criterio de Intensidad máxima admisible por el conductor:** La temperatura del conductor del cable, trabajando a plena carga y en régimen permanente, no deberá superar en ningún momento la temperatura máxima admisible asignada de los materiales que se utilizan para el aislamiento del cable.
- **Criterio de la intensidad de cortocircuito:** La temperatura que puede alcanzar el cable, como consecuencia de un cortocircuito o sobre intensidad de corta duración, no debe sobrepasar la temperatura máxima admisible de corta duración (para menos de 5 segundos) asignada a los materiales utilizados para el aislamiento del cable. Según la ITC-BT-40 para plantas generadoras conectadas a red debemos sobredimensionar la intensidad máxima un 20%.

Para la elección de la sección de cada tramo irá condicionado por la siguiente tabla obtenida por el reglamento de baja tensión vigente en la actualidad.

Sección	Instalación directamente enterrada				Instalación al aire en galerías ventiladas			
	Terna de cables unipolares (1)		Un cable tripolar o tetrapolar (2)		Terna de cables unipolares (1)		Un cable tripolar o tetrapolar (2)	
	XLPE	PVC	XLPE	PVC	XLPE	PVC	XLPE	PVC
6	72	63	66	56	46	38	44	36
10	96	85	88	75	64	53	61	50
16	125	110	115	97	86	71	82	65
25	160	140	150	125	120	96	110	87
35	190	170	180	150	145	115	135	105
50	230	200	215	180	180	145	165	130
70	280	245	260	220	230	185	210	165
95	335	290	310	265	285	235	260	205
120	380	335	355	305	335	275	300	240
150	425	370	400	340	385	315	350	275
185	480	420	450	385	450	365	400	315
240	550	485	520	445	535	435	475	370
300	620	550	590	505	615	500	545	425
400	705	615	665	570	720	585	645	495
500	790	685	-	-	825	665	-	-
630	885	770	-	-	950	765	-	-

FIGURA 38. TABLA SECCIONES DEL CABLEADO SEGÚN INTENSIDAD ADMISIBLE

A continuación se podrá apreciar una tabla resumen de las secciones que se emplearan en el presente proyecto según el tramo de la instalación.

SECCIONES CABLEADO	
TRAMOS	SECCIÓN mm ²
MÓDULOS-CAJA CONEXIONES	6
CAJA CONEXIONES-REGULADOR	70/150
REGULADOR-BATERÍAS	70
ENTRE BATERIAS	25
REGULADOR-INVERSOR	150
INVERSOR-CARGA	50
INVERSOR- GRUPO ELECTRÓGENO	16

11.2.9. SISTEMAS DE COMUNICACIÓN

Para tener una óptima comunicación entre los diferentes elementos de la instalación, ya sea para trabajar conjuntamente en paralelo o para una correcta comunicación del sistema, es necesario emplear los elementos de comunicación. Los elementos empleados serán los siguientes:

- **Victron VE.can RJ45 Terminator.** Terminal empleado para la optima comunicación de los reguladores Victron los cuales emplean un sistema CAN-BUS.
- **Victron RJ45 UTP.** Cableado de comunicación que se conectará entre reguladores Victron en paralelo, sistema VE.can, VE Bus y VE.net.
- **Victron VE.direct.** Cable de conexión entre el BMV-702 y el monitor Color Control GX.
- **Victron MK2-USB.** Interfaz VE.Bus, que se empleará para la programación del inversor victron quattro.

11.2.10. PROTECCIONES DE LA INSTALACIÓN

Para asegurar la protección de los elementos de la instalación y de las personas que convivan con la instalación, es necesario dotar a la instalación de elementos de protección.

Los elementos de protección que se van a emplear en el presente proyecto serán de fusibles para la zona de corriente continua y magneto térmicos y diferenciales para la zona de corriente alterna.

Los elementos de protección que se van a emplear en la instalación serán:

ZONA CORRIENTE CONTINUA	
TRAMO	PROTECCIÓN
MODULO FOTOVOLTAICO - CAJA STRING	16 A
REGULADOR – BATERÍAS	125 A

ZONA CORRIENTE ALTERNA	
TRAMO	PROTECCIÓN
INVERSOR – CARGA	CGBT (ya existente)
INVERSOR – GENERADOR	32 A (ya existente en grupo)

En el apartado **Planos** del presente proyecto, se podrá visualizar la disposición de los elementos de protección.

11.2.11 PUESTA A TIERRA

En el presente apartado, se realizará el dimensionado de la puesta a tierra, obligatoria para este tipo de instalaciones, ya que se trata de una protección para la instalación y los usuarios que protegerá de los contactos directos e indirectos.

Para el dimensionado, deberemos de conocer qué tipo de terreno cuenta el local. Dicho terreno es arena arcillosa que cuenta con una resistividad según la ITC-BT-18 del presente reglamento de baja tensión de $50/500 \Omega \cdot m$. Para el cálculo, se optará por emplear $300 \Omega \cdot m$ como resistividad del terreno y picas de 2.00 m de longitud.

Para la instalación de la toma de tierra para los elementos de la instalación se realizará un anillo perimetral de la hornacina con cable de cobre desnudo de 35 mm^2 que se enlazará mediante soldadura aluminotérmica a una pica de 2.00 metros de longitud.

El anillo perimetral irá bajo zanja a una profundidad como mínimo de 80 cm y estará señalizado mediante una cinta de señalización de peligro eléctrico.

Una vez este realizada la toma de tierra de la instalación, todos los elementos de ella estarán conectados a la misma, siendo las secciones de enlace a la toma de tierra las siguientes:

SECCIÓN DEL CABLE DE PROTECCIÓN Y TOMA DE TIERRA		
TRAMO SECCIÓN	SECCIÓN CONDUCTOR FASE (mm^2)	SECCIÓN CONDUCTOR DE PROTECCIÓN (mm^2)
Línea de tierra paneles solares	6	6
Línea de tierra de la estructura	-	16
Local de elementos solares	150	75
Enlace del inversor a la carga	50	25
Interior de la granja	2,5	2,5
línea de tierra del generador	16	16
conductor desnudo unión de picas	35 mm^2	

El sistema de toma de tierra se podrá ver su ubicación en el apartado **PLANOS** del presente proyecto.

11.9.12 CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA METÁLICA

Los paneles solares, se colocaran en el tejado de la granja, la cual tiene una superficie de 750 m^2 distribuidos en $15 \times 50 \text{ m}$. Para su colocación se emplearan unos soportes metálicos regulables para inclinar los módulos fotovoltaicos al ángulo correspondido.

Por otra parte se tendrá que tener en cuenta que el tejado de la instalación tendrá un ángulo de 15° , por lo que, para conseguir la inclinación de 60° , el soporte metálico tendrá que regularse a 45° .

Para la instalación se utilizará los soportes TITAN SOLAR que pueden albergar paneles hasta 72 células. La distribución de estos será de 4 placas por soporte, colocando un total de 18 soportes metálicos.

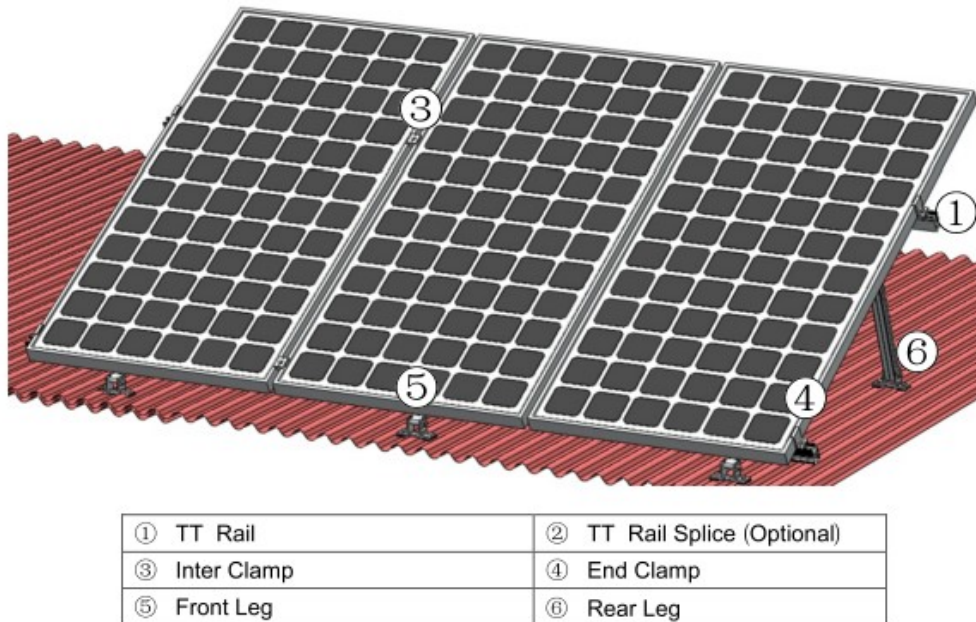


FIGURA 39. SOPORTE METÁLICO

11.2.11.1 SOBRECARGA DE LA ESTRUCTURA DEL LOCAL

La construcción de la granja es posterior al presente proyecto. Por lo que no se tuvo en cuenta a la hora de su dimensionado la posibilidad de la colocación de módulos fotovoltaicos sobre él. Por tanto, deberemos comprobar que la cubierta de la granja sea capaz de aguantar el peso de los paneles y estructuras.

Las estructuras de los paneles solares son de 10 m² aprox. Y pesan 15 kg; los módulos fotovoltaicos tienen una superficie de 2 m² y pesan 22.5 kg. Por lo que por cada metro de placas y estructura tenemos una carga de 12.75 kg.

Además, deberemos comprobar la fuerza que ejercerá el viento sobre los paneles que a su vez será trasladado a la cubierta del local y su estructura. Mediante el atlas eólico de la comunidad valencia se podrá obtener los niveles medios de la velocidad del viento en la ubicación de la granja.

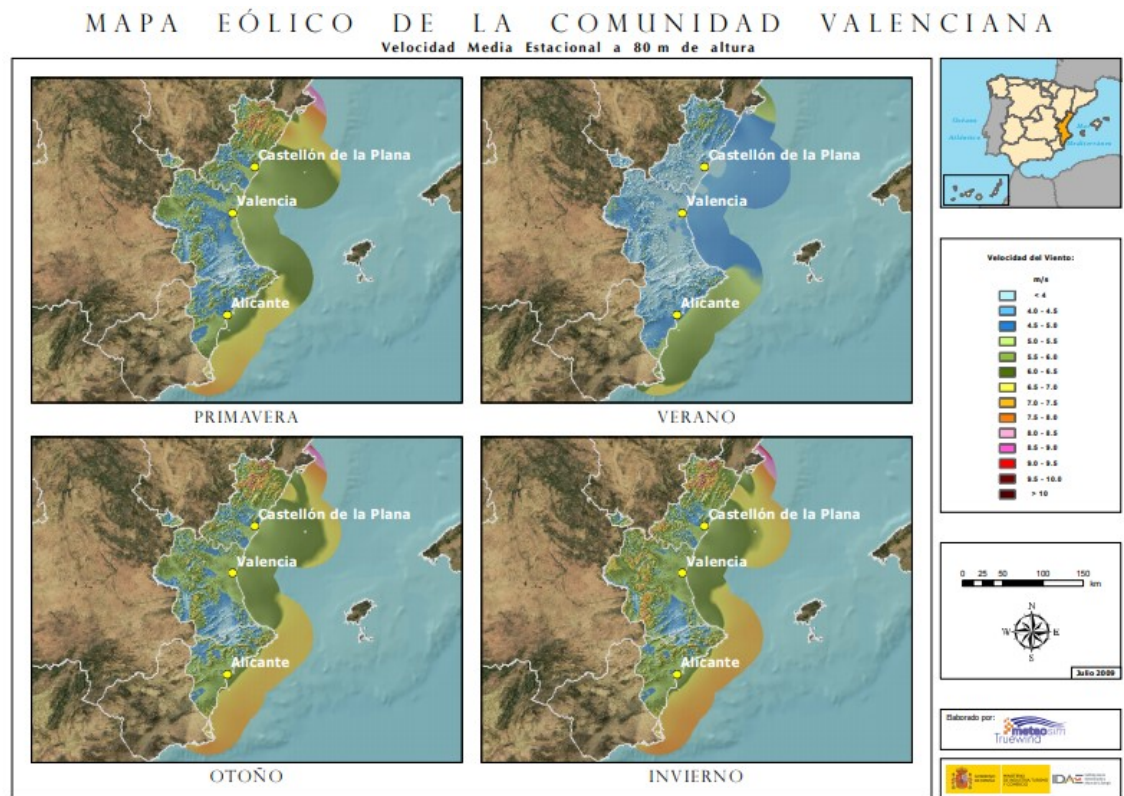


FIGURA 40. MAPA EÓLICO COMUNIDAD VALENCIANA

En el emplazamiento del local donde se realizará la instalación según la imagen adjunta, se puede apreciar que la velocidad media se sitúa entre 6.5 y 7.5 m/s, tomando para el cálculo del presente proyecto el valor de 7 m/s.

La sobrecarga máxima que puede albergar el tejado del local tiene un valor de 48.7 kg/m² el cual tendrá una carga máxima según el cálculo de 27.9 kg/m². Por lo que la estructura del local aguantará la carga de los paneles y las estructuras además de las personas que instalaran los paneles y realizaran el mantenimiento de los mismos

11.2.11.2 DISTANCIA ENTRE ESTRUCTURAS

Para tener un buen rendimiento en la obtención de energía solar, lo más esencial es que durante las horas de sol de un día, no se genere ningún tipo de sombra en los paneles solares. Para ello, vamos a realizar los cálculos pertinentes para saber a qué distancia mínima se tienen que colocar de separación entre estructuras, para no producir sombras.

Para el cálculo, deberemos saber los siguientes datos:

- inclinación cubierta: 15°
- Dimensiones de la placa fotovoltaica: 0.992 m ANCHO x 1.956 m LARGO
- Altitud: -0.8161

- Latitud: 39.699
- Inclinación optima placas: 60°
- Declinación solar: -23.45

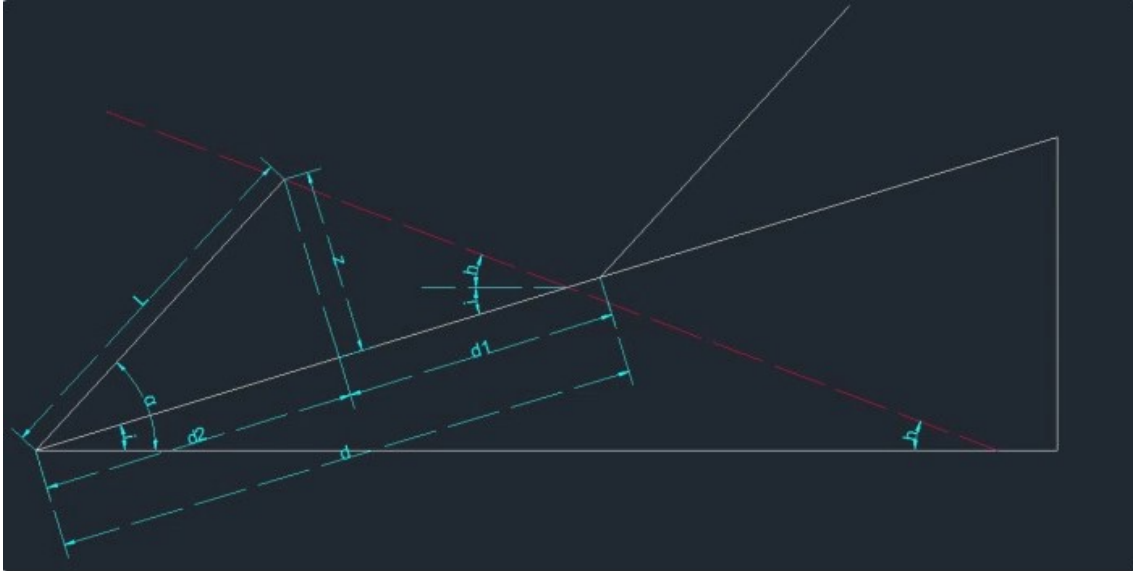


FIGURA 41. SEPARACIÓN ENTRE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

El dato a calcular es la d , que es la distancia mínima entre estructuras de paneles fotovoltaicos. Para ello, se emplea la siguiente fórmula:

$$d = 1.25x(d1 + d2) = 1.25 * L * \left(\frac{\text{sen}(\alpha - i)}{\tan(h + i) + \cos(\alpha - i)} \right)$$

Siendo:

L = longitud de la placa

α = inclinación óptima de la placa respecto a la horizontal

i = inclinación de la superficie

h =altura solar

La altura solar " h " depende de la latitud del lugar y de la declinación solar. Ésta se calcula mediante la siguiente fórmula matemática:

$$h = (90^\circ + \phi + \delta)$$

Siendo:

ϕ = latitud del lugar

δ = declinación solar (ángulo entre la línea sola-tierra y el plano ecuatorial celeste)

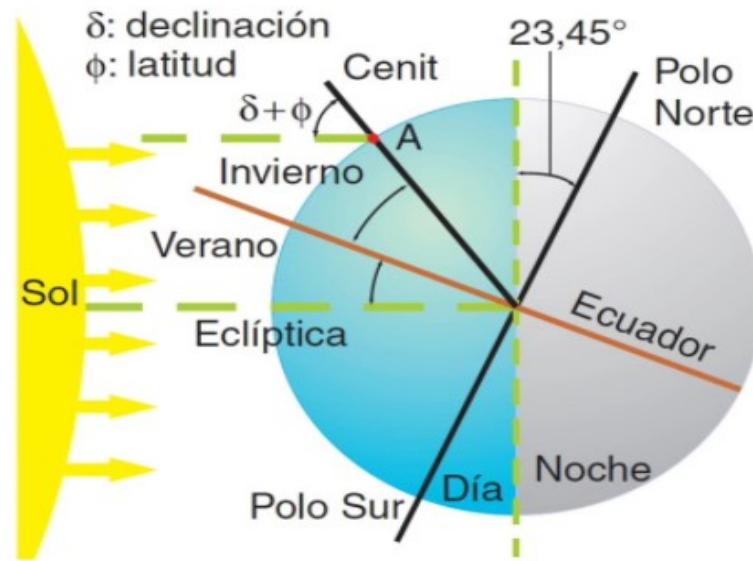


FIGURA 42. DECLINACIÓN SOLAR

La declinación solar varía a lo largo de la órbita de la Tierra alrededor del Sol, alcanzando valores máximos en los solsticios de verano ($\delta = 23,45^\circ$) y mínimos en invierno ($\delta = -23,45^\circ$), y valores nulos en los equinoccios ($\delta = 0^\circ$). Aunque la declinación varia se puede suponer que permanece constante a lo largo de un día.

A nosotros nos interesa la declinación solar del día más desfavorable, pues será el día donde la radiación solar incida sobre nuestra superficie con el menor ángulo, que es el 21 de diciembre (solsticio de invierno) y cuyo valor es $-23,45^\circ$.

Aplicando la formula obtenemos:

$$h = (90 - 39.699 - 23.45) = 26.85^\circ$$

Ahora ya podemos aplicar la formula de la d mínima entre estructuras:

$$d = 1.25 * 1.956 * \left(\frac{\text{sen}(60^\circ - 15^\circ)}{\tan(26.85^\circ + 15^\circ) + \cos(60^\circ - 15^\circ)} \right) = 2.24 \text{ m}$$

Por lo que las estructuras en el tejado del local, tendrán que estar como mínimo de separación 2.24 m de distancia, para no provocar ningún tipo de sombra entre ellas.

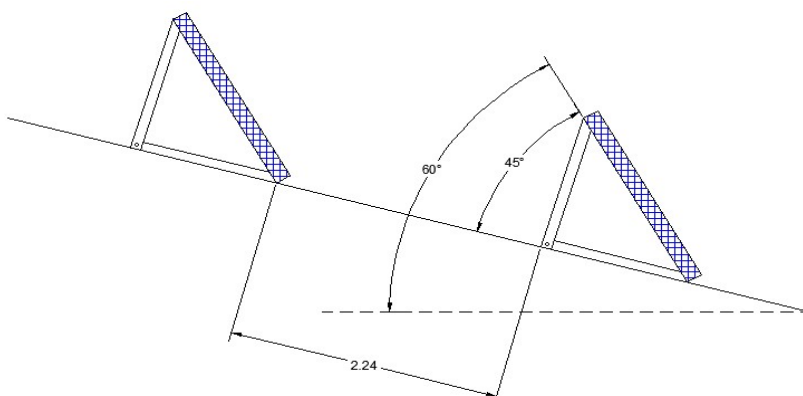


FIGURA 43. DETALLE DISTANCIA ENTRE PLACAS SOLARES Y SU INCLINACIÓN

Se podrá apreciar en el apartado **Planos** del presente proyecto la distribución de las placas en el tejado del local.

13.- ESTUDIO ECONÓMICO DE LA INSTALACIÓN

En el siguiente apartado del presente proyecto, se realizará los cálculos pertinentes para saber los costes de la instalación, el coste del Wpico, en cuanto amortizaríamos la instalación o el coste a 25 y 40 años de la instalación. Antes de realizar todos los cálculos nombrados anteriormente, se realizará un desglose de la inversión, donde se podrá cotejar que porcentaje abarca cada elemento de la instalación.

13.1.- COSTE DE LA INVERSIÓN

A continuación, realizará un desglose de la inversión de la instalación por partes, para saber los porcentajes de cada parte de la instalación.

Por lo que, se muestra a continuación una tabla junto a una gráfica, donde se podrá apreciar el precio resumido y su porcentaje individual del coste de la instalación

DESGLOSE DE LA TOTALIDAD DE LA INSTALACIÓN		
DESGLOSE	PORCENTAJE (%)	COSTE (€)
MATERIAL FOTOVOLTAICO	81,93	48.706,84
MATERIAL PUESTA A TIERRA	0,48	284,35
CABLEADO DE LA INSTALACIÓN	3,35	1.990,25
CONEXIONADO Y PROTECCIONES	2,81	1.670,60
MANO DE OBRA Y PEQUEÑO MATERIAL	9,42	5.600,00
REALIZACIÓN DEL PROYECTO	2,02	1.200,00

COSTE TOTAL SIN IVA	59.452,04
IVA (21 %)	12.484,93
COSTE TOTAL CON IVA	71.936,97

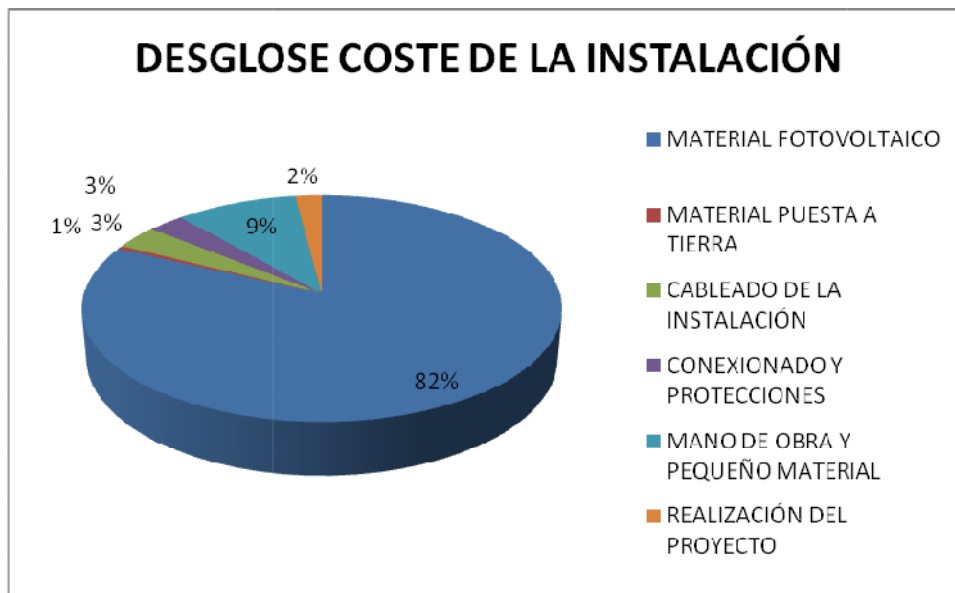


FIGURA 44 .GRÁFICA DESGLOSE COSTE DE LA INSTALACIÓN

Como podemos apreciar en la anterior gráfica, el mayor porcentaje corresponde al coste del material fotovoltaico. Esto es consecuencia de la cantidad de paneles y acumuladores que se instalarán en el local. A continuación realizaremos un desglose más detallado del material fotovoltaico.

DESGLOSE MATERIAL FOTOVOLTAICO		
DESGLOSE	PORCENTAJE (%)	COSTE (€)
Modulo solar TSM-DD14A (ii)- 365W 24V	19,96	9.720,00
Batería solar OPZS BAE SECURA PVS 2280 C72 2V	51,25	24.960,00
Inversor/cargador Quattro 15 Kw / 48V	4,93	2.401,16
Regulador BLUE SOLAR MPPT 150/85A CAN-BUS	4,56	2.221,08
Estructura soporte 4 módulos solares	5,73	2.790,00
Grupo electrógeno 20 kw	8,13	3.958,00
Monitor de batería BMV-702	0,21	102,85
Monitor de la instalación Color Control GX	0,52	253,75
Hornacina 5 X 2,5 m	4,72	2.300,00

Como se puede comprobar, el mayor porcentaje de coste del material fotovoltaico recae en los acumuladores que son el 51% del coste, más de la mitad del presupuesto de la instalación fotovoltaica. Este elemento, siempre es el más caro de estas instalaciones, aunque a medida que el tiempo transcurre, este coste se va reduciendo debido a las nuevas tecnologías y al crecimiento que están teniendo en la actualidad las instalaciones fotovoltaicas. Dicho de otro modo; cuanto más demanda, menor es su coste.

Se realiza una gráfica del desglose realizado en la tabla anterior:

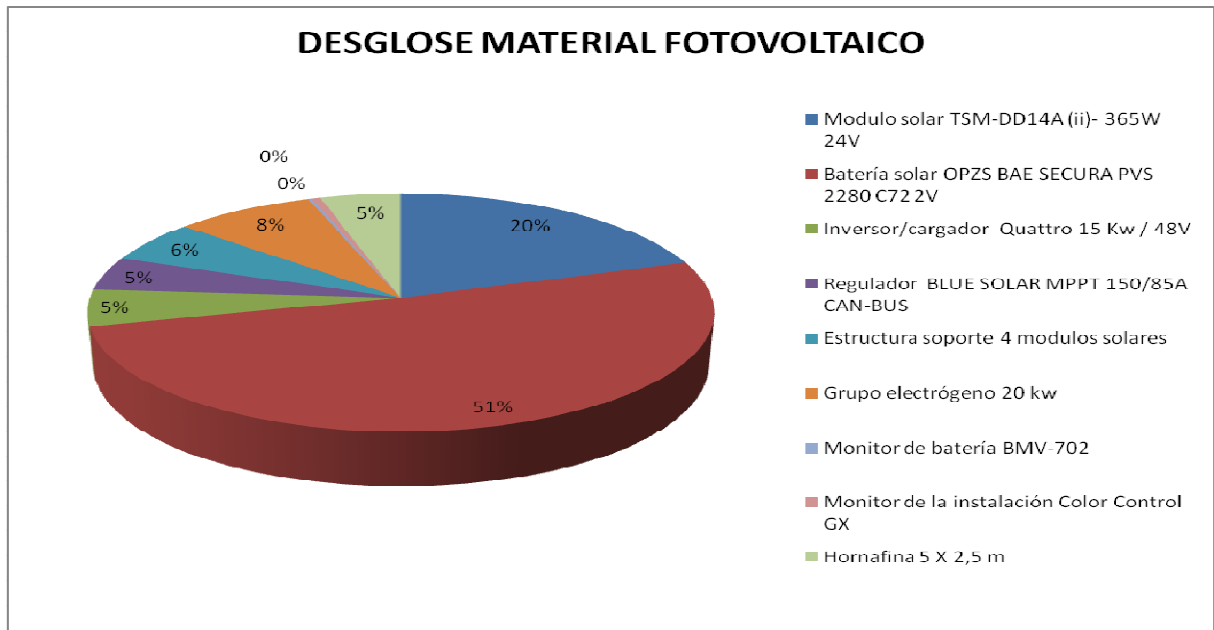


FIGURA 45. GRÁFICA DESGLOSE COSTE MATERIAL FOTOVOLTAICO

Cabe destacar, que los acumuladores abarcan un 51 % de la instalación, gracias al grupo de apoyo que se va a instalar, ya que si este no se instalara, los acumuladores podrían llegar a ocupar un 65/70% del coste de la instalación, ya que se debería dimensionar los acumuladores para 5/6 días de autonomía.

13.3.- COSTE W_{pico} INSTALADO

En el presente apartado, se procederá al cálculo del W_{pico} instalado, para verificar si el precio que abarca la instalación tiene un valor adecuado en comparación con el valor de una instalación de estas características en la actualidad en el mercado.

La potencia instalada en el presente proyecto de 26.280 Wp, se realizará el siguiente cálculo:

$$COSTE W_{pico} = \frac{COSTE TOTAL INSTALACIÓN}{W_{pico} INSTALADOS} = \frac{71.936,97}{26.280} = 2.74 \text{ €/}W_{pico}$$

El precio en la actualidad del W_{pico} instalado en instalaciones de estas características fluctúa entre 2.5€ y 3 €/W_{pico}, aunque todo dependerá del correcto dimensionado de la instalación y su tamaño.

13.4- COSTE A 25 AÑOS

Una vez se ha calculado el coste del Wpico de la instalación, se procede a calcular el coste de la misma a 25 años, ya que los fabricante dan una garantía de 25 años de los elementos. Además, aconsejan la sustitución de los equipos debido al desgaste y fin de su vida útil.

Para el cálculo, se tendrá en cuenta que a los 15 años se realizará la sustitución de los equipos, como son los inversores, reguladores y acumuladores, además de añadir un coste de mano de obra de 2000 € y un coste de mantenimiento de 150€/año.

Se realizará el coste a los 25 años empleando la siguiente expresión:

$$\begin{aligned} \text{COSTE 25 AÑOS} &= \\ &= \text{COSTE INICIAL} + 25 \text{ AÑOS MANTENIMIENTO} + \text{INVERSOR} \\ &+ \text{ACUMULADOR} + \text{REGULADOR} + \text{MANO DE OBRA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{COSTE 25 AÑOS} &= 71.936,97 + (25 \times 150) + 2.401,16 + 24.960 + 2.221,08 + 2.000 = \\ &= 110.151,48 \text{ €} \end{aligned}$$

La energía producida en una instalación fotovoltaica viene dada por las horas solares pico por año en el emplazamiento de la instalación. En valencia, ese valor resulta ser de alrededor de 1600 h/año una vez descontadas las pérdidas.

Además, se tiene que tener en cuenta que los paneles solares según el fabricante, al cabo de 25 años, su rendimiento se reduce al 90%. Por lo que, se procederá al cálculo de la energía producida por los paneles solares en kWh mediante la siguiente expresión.

$$\text{Producción 25 AÑOS (kWh)} = \frac{\text{Potencia instalada} \times n^{\circ} \text{ horas } \frac{\text{sol}}{\text{año}} \times \text{perdidas panel} \times 25 \text{ años}}{1000}$$

$$\text{Producción 25 AÑOS (kWh)} = \frac{26.280 \text{ Wp} \times 1.600 \text{ h/año} \times 0.9 \times 25 \text{ años}}{1000} = 946.080 \frac{\text{kWh}}{25 \text{ años}}$$

Una vez tenemos la energía que se producirá en la instalación en 25 años, se podrá calcular el coste del kWh producido.

$$\begin{aligned} \text{Coste kWh producido} &= \frac{\text{Coste instalación 25 años}}{\text{producción kWh en 25 años}} = \frac{110.151,48 \text{ €}}{946.080 \text{ (kWh)}} = \\ &= 11.64 \text{ Cent/kWh} \end{aligned}$$

Este precio del kWh sería en el caso que consumiéramos toda la energía generada por los paneles, pero únicamente se consumiría en el mes más desfavorable, teniendo excedentes en los demás meses. Por lo que se va a realizar los cálculos pertinentes para obtener el coste del kWh consumido en el local.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, la granja tiene un consumo anual de 19.595,43 kWh de consumo. Mediante la siguiente expresión se calculará el coste real del kWh consumido:

$$\begin{aligned} \text{Coste kWh consumido} &= \frac{\text{Coste instalación 25 años}}{\text{kWh consumido 1 año x 25 años}} = \frac{110.151,48 \text{ €}}{19.595,43 \text{ kWh x 25 años}} \\ &= 24.98 \text{ Cent/kWh} \end{aligned}$$

Para finalizar el apartado, realizaremos el estudio de la relación de la energía generada en placas con el consumido en la granja en porcentaje:

$$\% \text{ Energía aprovechada} = \left(\frac{\text{Generada en placas}}{\text{Consumida en la granja}} \right) \times 100 = \frac{440.897 \text{ kWh}}{946.080 \text{ kWh}} = 46.60\%$$

Según los cálculos realizados, en 25 años de funcionamiento de la instalación, se aprovechará un 46.60% de la energía generada, casi la mitad.

13.5.- COSTE A 40 AÑOS

En este apartado, se realizará el mismo procedimiento que en el apartado anterior, pero en vez de calcular los costes a 25 años, se calculará para una duración de 40 años.

Para el cálculo, se tendrá en cuenta que a los 30 años se realizará la sustitución de los equipos, como son los inversores, reguladores y acumuladores, además de añadir un coste de mano de obra de 2000 € y un coste de mantenimiento de 150€/año.

Se realizará el coste a los 40 años empleando la siguiente expresión:

$$\begin{aligned} \text{COSTE 40 AÑOS} &= \\ &= \text{COSTE INICIAL} + 40 \text{ AÑOS MANTENIMIENTO} + 2 \times (\text{INVERSOR} \\ &+ \text{ACUMULADOR} + \text{REGULADOR} + \text{MANO DE OBRA}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{COSTE 25 AÑOS} &= 71.936,97 + (40 \times 150) + 2 \times (2.401,16 + 24.960 + 2.221,08 + 2.000) \\ &= 148.365,99 \text{ €} \end{aligned}$$

La energía producida en una instalación fotovoltaica viene dada por las horas solares pico por año en el emplazamiento de la instalación. En valencia, ese valor resulta ser de alrededor de 1600 h/año una vez descontadas las pérdidas.

Además, se tiene que tener en cuenta que los paneles solares según el fabricante, al cabo de 40 años, su rendimiento se reduce al 80 %. Por lo que, se procederá al cálculo de la energía producida por los paneles solares en KWh mediante la siguiente expresión.

$$\text{Producción 40 AÑOS (kWh)} = \frac{\text{Potencia instalada} \times \text{n}^{\circ} \text{ horas} \frac{\text{sol}}{\text{año}} \times \text{perdidas panel} \times 40 \text{ años}}{1000}$$

$$\text{Producción 40 AÑOS (kWh)} = \frac{26.280 \text{ Wp} \times 1.600 \text{ h/año} \times 0.80 \times 40 \text{ años}}{1000} = 1.345.536 \frac{\text{kWh}}{40 \text{ años}}$$

Una vez tenemos la energía que se producirá en la instalación en 40 años, se podrá calcular el coste del kWh producido.

$$\begin{aligned} \text{Coste kWh producido} &= \frac{\text{Coste instalación 40 años}}{\text{producción kWh en 40 años}} = \frac{148.365,99 \text{ €}}{1.345.536 \text{ (kWh)}} \\ &= 11,03 \text{ Cent/kWh} \end{aligned}$$

Este precio del Kwh sería en el caso que consumiéramos toda la energía generada por los paneles, pero únicamente se consumiría en el mes más desfavorable, teniendo excedentes en los demás meses. Por lo que se va a realizar los cálculos pertinentes para obtener el coste del kWh consumido en el local.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, la granja tiene un consumo anual de 19.595,43 kWh de consumo. Mediante la siguiente expresión se calculará el coste real del kWh consumido:

$$\begin{aligned} \text{Coste kWh consumido} &= \frac{\text{Coste instalación 40 años}}{\text{kWh consumido 1 año} \times 40 \text{ años}} = \frac{148.365,99 \text{ €}}{19.595,43 \text{ kWh} \times 40 \text{ años}} \\ &= 23,661 \text{ Cent/kWh} \end{aligned}$$

Obteniendo se así un coste del kWh consumido de 23.66 cent de euro, disminuyendo 1.323 céntimos del coste del kWh consumido a los 25 años.

13.6.- AMORTIZACIÓN

Para finalizarla memoria descriptiva, realizaremos los cálculos pertinentes para obtener el tiempo de amortización de la instalación.

Para ello, observando las facturas de las suministradores españolas, podemos obtener cual sería el coste del kWh medio en España. Para el presente cálculo, se ha fijado como coste del kWh 24.5 Céntimos (15 Cent +21% IVA + 35 % de costes indirecto) y sabiendo los consumos de cada mes se obtiene la siguiente tabla de costes en un año:

MES	CONSUMO MENSUAL kWh	COSTE kWh	COSTE CON IVA	COSTES CON INDIRECTOS
ENERO	1557,50	233,62	282,69	381,63
FEBRERO	1575,29	236,29	285,91	385,98
MARZO	1467,97	220,20	266,44	359,69
ABRIL	1410,36	211,55	255,98	345,57
MAYO	1597,27	239,59	289,90	391,37
JUNIO	1821,77	273,27	330,65	446,38
JULIO	1894,32	284,15	343,82	464,16
AGOSTO	1947,65	292,15	353,50	477,22
SEPTIEMBRE	1707,86	256,18	309,98	418,47
OCTUBRE	1523,55	228,53	276,52	373,31
NOVIEMBRE	1428,86	214,33	259,34	350,11
DICIEMBRE	1663,02	249,45	301,84	407,48
TOTAL	19595,43	2939,31	3556,57	4801,37

Nuestro local, pagaría a la suministradora un total de 4.801,37 € al año por el consumo de la energía.

Además, se estima que cada año que pasa, el precio de la energía tiene un incremento del 2% en el total de la factura de la luz, dato que emplearemos para el cálculo de la amortización de la instalación.

Por lo que mediante una hoja de cálculo y lo nombrado anteriormente obtenemos la rentabilidad de la instalación que se podrá observar en la siguiente tabla:

UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA

AÑO	COSTES FACTURACIÓN ANUAL	SUMATORIO ANUAL DE COSTE	RENTABILIDAD
0	0	0	-72.086,97 €
1	4801,4	4801,4	-67.435,60 €
2	4897,4	9698,8	-62.688,20 €
3	4995,3	14694,1	-57.842,86 €
4	5095,3	19789,4	-52.897,61 €
5	5197,2	24986,5	-47.850,45 €
6	5301,1	30287,6	-42.699,35 €
7	5407,1	35694,7	-37.442,23 €
8	5515,3	41210,0	-32.076,96 €
9	5625,6	46835,6	-26.601,39 €
10	5738,1	52573,7	-21.013,31 €
11	5852,8	58426,5	-15.310,47 €
12	5969,9	64396,4	-9.490,57 €
13	6089,3	70485,7	-3.551,27 €
14	6211,1	76696,8	2.509,81 €
15	6335,3	83032,1	-29.519,39 €
16	6462,0	89494,1	-23.207,38 €
17	6591,3	96085,3	-16.766,13 €
18	6723,1	102808,4	-10.193,06 €
19	6857,5	109666,0	-3.485,52 €
20	6994,7	116660,7	3.359,17 €
21	7134,6	123795,2	10.343,75 €
22	7277,3	131072,5	17.471,03 €
23	7422,8	138495,3	24.743,85 €
24	7571,3	146066,6	32.165,12 €
25	7722,7	153789,3	39.737,83 €
26	7877,2	161666,5	47.464,98 €
27	8034,7	169701,2	55.349,68 €
28	8195,4	177896,6	63.395,07 €
29	8359,3	186255,9	71.604,37 €
30	8526,5	194782,3	41.766,35 €
31	8697,0	203479,4	50.313,37 €
32	8871,0	212350,3	59.034,32 €
33	9048,4	221398,7	67.932,70 €
34	9229,3	230628,0	77.012,04 €
35	9413,9	240042,0	86.275,97 €
36	9602,2	249644,2	95.728,18 €
37	9794,3	259438,4	105.372,43 €
38	9990,1	269428,6	115.212,57 €
39	10189,9	279618,5	125.252,51 €
40	10393,7	290012,2	135.496,25 €

En la tabla anterior, se ha incluido a los 15 y 30 años la nueva instalación de los componentes como los inversores, reguladores y baterías, además de su mano de obra y el mantenimiento de la instalación.

Como se puede observar en la tabla, la instalación se amortizaría a los 14 años, pero como al año siguiente se han de sustituir parte de la instalación, volvemos a estar en números negativos y es en año 20 cuando ya está realmente amortizada la instalación.

A continuación, se van a representar dos gráficas donde se podrá apreciar con más detalle la amortización de la instalación.

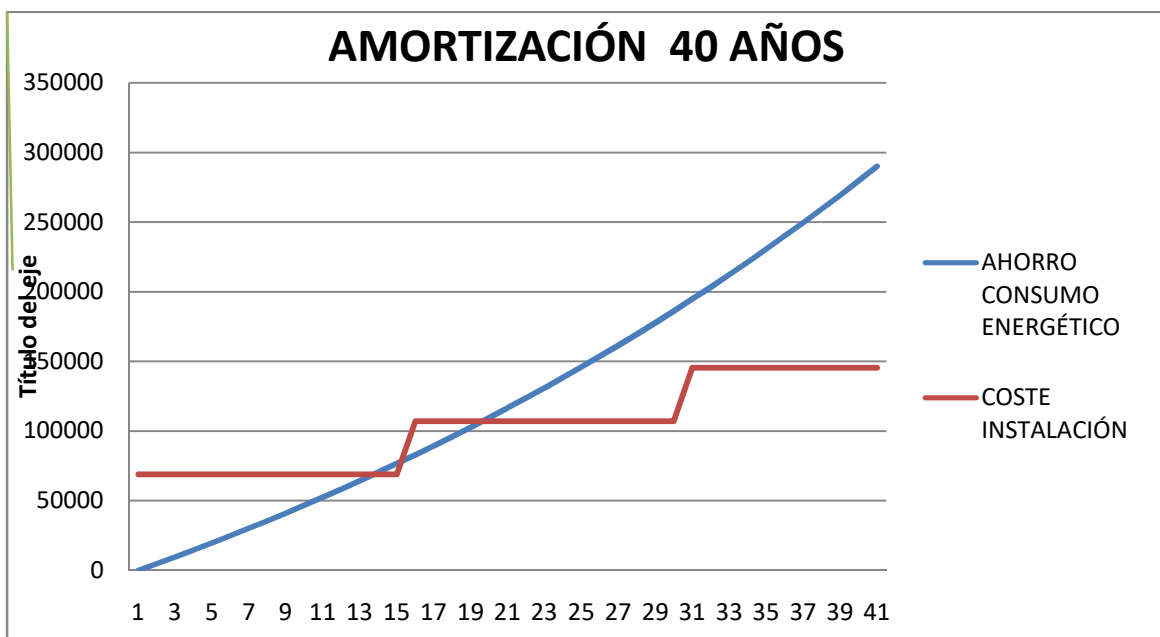
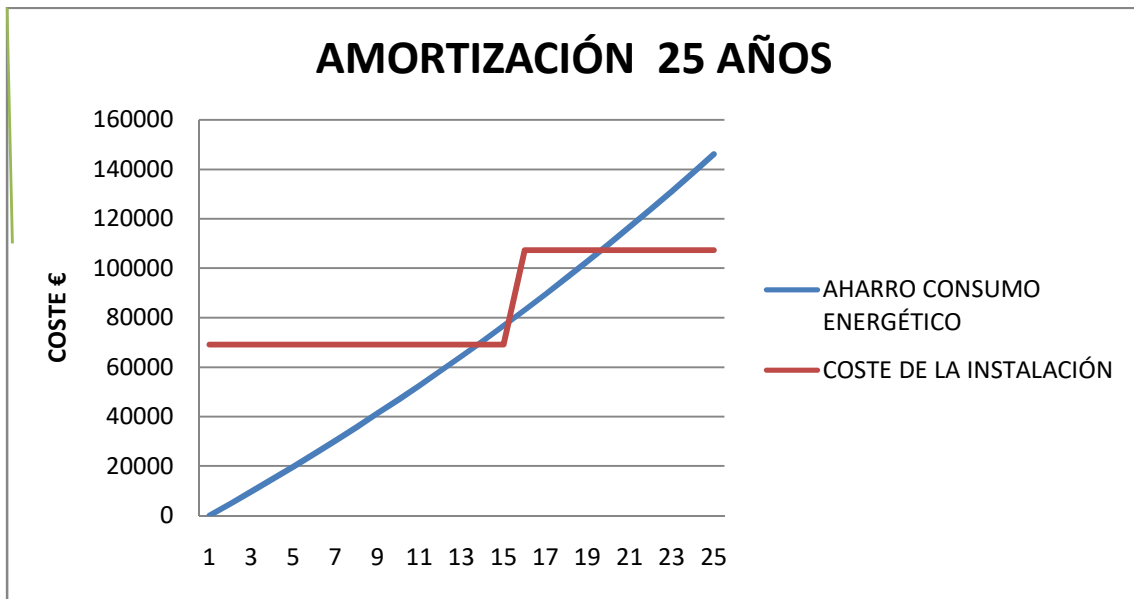


FIGURA 46. GRÁFICAS AMORTIZACIÓN 25 Y 40 AÑOS