



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA AISLADA PARA ALIMENTACION DE UNA GRANJA

TRABAJO FIN DE GRADO//CURSO ACADÉMICO: 2017-2018

Autor: Samuel Hernández Domínguez

Tutor: Juan Ángel Saiz Jiménez

1 .AGRADECIMIENTOS

AGRADECIMIENTOS

Primero de todo quiero agradecer a mi tutor del proyecto, Juan Ángel Saiz Jiménez, por tener tanta y tanta paciencia conmigo, sé que ha sido difícil aguantarme durante tanto tiempo, ya que por una razón u otra he tenido que ir dejando el proyecto hasta ahora. Han sido muchas horas de clase, gracias a él por inculcarme y enseñarme los valores necesarios para enfrentarme al mundo de las energías renovables.

También quiero agradecer a la escuela ETSID y con ello a la Universidad Politécnica de Valencia por darme esta oportunidad de realizar el grado en ingeniería eléctrica que me ha enseñado tanto a nivel de estudios (retos, conocimientos,...) como personalmente en valores.

A todos mis abuelos, aunque actualmente solo me quede uno. Me he criado con vosotros y habéis sido un ejemplo para mí en todo. Me habéis enseñado infinidad de valores que hoy en día escasean en la sociedad y os tengo muy presentes en el día a día.

A mi novia, que es mi pilar fundamental, mi compañera y amiga en esta vida.

A mi profesor de Trompeta, José Luis Martínez Navarro, que ha hecho de la trompeta mi mayor hobby ya que no puedo estar tres días sin tocarla. La música me ha hecho superar miles de barreras y ser una vía de escape para montones de momentos difíciles.

También sin olvidarme de ellos, no los voy a nombrar porque ellos saben quiénes son, mis amigos, que aunque no estemos todos los días juntos nos buscamos para cualquier excusa y poder disfrutar juntos.

Para el final dejo, y no menos importante, a aquellas personas que están a mi alrededor día a día, y esos no son otros que mis padres, gracias a ellos estoy donde estoy, apoyándome prácticamente en todos los pasos que me han llevado hasta aquí, y les estoy muy agradecido por cómo me han educado y han conseguido sacar lo máximo de mi apoyándome siempre.

2 .MEMORIA

ÍNDICE GENERAL

1.Objeto del proyecto	7
2.Justificación:	8
2.1. Académica.....	8
2.2. Técnico económico y legal:	9
3.Introducción:	10
3.1. Localización de la instalación	10
3.2. Descripción del proceso.....	11
3.2.1.Capacidad productiva	11
3.2.2.Tiempo de los animales en la explotación	11
3.3. Descripción de las necesidades:.....	12
3.3.1.Necesidades de iluminación.....	12
3.3.2.Necesidades de alimentación.....	13
3.3.3.Necesidades de agua	14
3.3.4.Necesidades de alojamiento.....	15
3.4. Mano de Obra.....	15
4.Estudio de viabilidad	16
5.Esquema eléctrico de la instalación:.....	17
5.1. Tabla de equipos	17
6.Diseño:.....	18
6.1. Tabla: horas de consumo a pleno rendimiento:	19
6.2. Tabla: horas de consumo en la semana de limpieza.....	20
6.3. Tabla de consumos	21
6.4. Cálculo del mes de radiación más desfavorable	23
7.Componentes y materiales:	27
7.1. Generador fotovoltaico:.....	27
7.2. Estructura de soporte:	31
7.2.1.Cálculo del pórtico tipo.....	34
7.2.2.Acciones consideradas.....	34
7.2.3.Fijación de los pórticos.....	37
7.3. Acumuladores:	38
7.3.1.Opción A (4 días de autonomía):.....	39
7.3.2.Opción B (5 días de autonomía):.....	41
7.4. Regulador de Carga:	44
7.4.1.Opción A:	45
7.4.2.Opción B	46
7.5. Inversor	48
7.6. Cableado:	51

7.6.1.Cable paneles caja de conexiones:	52
7.6.2.Cable caja de conexiones-regulador:	56
7.6.3.Cable del regulador hasta las baterías	57
7.6.4.Conexiones baterías con el inversor:.....	57
7.6.5.Conexión paneles solares:	58
7.7. Protecciones y puesta a tierra	60
8.Mantenimiento.....	61
8.1. Plan de mantenimiento preventivo:.....	61
8.2. Plan de mantenimiento correctivo:	62
8.3. La garantía	62
9.Presupuesto de la instalación	63
9.1. Coste de los Paneles:	63
9.2. Coste de los Acumuladores:.....	63
9.3. Coste de los reguladores de carga.....	63
9.4. Coste de los inversores	63
9.5. Coste de la caseta:	64
9.6. Coste de mano de obra y montaje.....	65
9.7. Coste de cables y elementos de protección:	65
9.8. Coste total de la instalación:.....	66
9.9. Coste del Wpico:	66
10.Análisis energético de la instalación.....	67
10.1.Coste por kWh generados (escenario de 25 años):.....	67
10.1.1.Los kWh generados (25 años).....	68
10.1.2.Coste del kWh generados.....	68
10.1.3.kWh consumidos en 25 años	69
10.1.4.Coste del kWh consumido.....	69
10.1.5.Aprovechamiento 25 años:.....	69
10.2.Coste por kWh generados (escenario de 40 años):.....	70
10.2.1.Los kWh generados.....	70
10.2.2.Coste del kWh generados 40 años	70
10.2.3.kWh consumidos en 40 años	71
10.2.4.Coste del kWh consumidos:.....	71
10.2.5.Aprovechamiento en 40 años.....	71
10.3.Resumen de los cálculos:.....	72
11.Ayudas del ministerio	73
12.Conclusión	74
13.Bibliografía:	75
14.Planos.	76

1. Objeto del proyecto

Con este proyecto se pretende diseñar una instalación fotovoltaica aislada para una granja de cerdos.

Esta instalación es aislada, no tendrá aporte de energía eléctrica del exterior por lo tanto la granja pasará a ser autosuficiente en cuanto a energía eléctrica se trata.

Para poder llevar a cabo este proyecto, es importante el estudio y análisis tanto de los componentes eléctricos de las instalaciones fotovoltaicas, como del proceso, necesidades y consumos de la granja. Los conocimientos adquiridos durante el grado en ingeniería eléctrica se aplicaran a lo largo de todo el proyecto.

Durante todo el trabajo se contemplan posibles problemas que se puedan dar como pueden ser: fallos eléctricos, climatología adversa, o simplemente mantenimiento de los elementos eléctricos para solucionar estos posibles problemas.

Para acercarse lo máximo posible a los consumos requeridos se ha tenido muy presente las facturas de la luz proporcionadas por el dueño de la explotación.

Una vez dimensionada la instalación necesitamos los siguientes componentes:

- 162 Placas de 320 Wp generan la energía demandada.
- 96 Baterías de 2V darán la autonomía necesaria a la instalación.
- 9 Reguladores de 100 A de tipo MPPT regulan la carga de las baterías
- 9 Inversores de 5000VA transforma la electricidad de c.c a c.a.

Para la elección de los componentes se ha tratado de plasmar dos opciones para cada elemento y elegir una con los argumentos necesarios.

Se ha diseñado tanto la instalación fotovoltaica, como la estructura para colocar las placas, así como la caseta para albergar las baterías, reguladores e inversores.

Además, se ha hecho un estudio energético-económico para tener una idea aproximada y orientativa del precio energético de este tipo de instalaciones.

Otro factor muy importante en la instalación es realizar las labores de mantenimiento recogidas en el trabajo, para alargar la vida de la instalación.

Finalmente, se dejará constancia de las conclusiones y cuestiones surgidas que se habrán ido obteniendo a medida que se realizaba el proyecto.

2. Justificación:

2.1. Académica

Es requisito imprescindible para la obtención del título de Ingeniero técnico superior especialidad en ingeniería eléctrica, realizar un proyecto de esta envergadura para demostrar gran parte de los conocimientos adquiridos durante la carrera. El proyecto requiere conocer en mayor medida cómo se obtiene y procesa un tipo de energía renovable que resulta muy eficiente en este país, "la energía solar". Para este proyecto he tenido que leer muchos artículos relacionados con granjas de cerdos, con estudios acerca de las condiciones más óptimas en cuanto a la producción para poder ajustarme lo máximo posible al bienestar del cerdo y al uso de maquinaria eficiente energéticamente para que: mantenimiento y energía consumida se reduzca lo máximo posible.

El Proyecto está dirigido por el profesor Juan Ángel Saiz, profesor del departamento de Ingeniería Eléctrica de la universidad politécnica de valencia especializado en Energías Renovables.

Por lo dicho anteriormente técnicamente tengo que estar capacitado para realizar los cálculos necesarios para que la instalación fotovoltaica funcione con el dimensionamiento correcto e intentar minimizar la posible aparición de algún fallo o error.

A parte de calcular y analizar los diferentes componentes que se dan en una instalación fotovoltaica, también se incluyen estos temas en el desarrollo de este proyecto:

- Conocimientos de electricidad (cálculo de instalaciones, dimensionado de instalación, etc.).
- Conocimientos en materia de resolución de averías o errores (compatibilidades de componentes, problemas frecuentes que se pueden dar en los equipos, etc...).
- Conocimientos en el sistema de ayudas y subvenciones.
- Conocimientos sobre los soportes de las placas.
- Conocimientos sobre la realización de proyectos
- Conocimientos para analizar facturas de la luz
- Conocimientos sobre la realización de planos.

2.2. Técnico económico y legal:

Dentro de las instalaciones solares fotovoltaicas tenemos tres tipos: aisladas, conectadas a red y mixtas. En este caso se ha optado por una instalación aislada porque el dueño de la explotación lo quería por lo que hay que tener en cuenta que las baterías necesarias para dar autonomía a la explotación va a ser elemento de un incremento del precio de forma notable.

Todas las instalaciones aisladas de autoconsumo con baterías, siempre y cuando no intervenga en ningún punto la red eléctrica, son totalmente legales, sea cual sea su tamaño. En el caso de una instalación mixta se puede tener un contrato con la compañía eléctrica siempre y cuando no interfiera la instalación aislada con la conectada a red.

El tema legal se complica cuando utilizamos la energía de las 2 fuentes de manera combinada: solar y red eléctrica (Instalaciones mixtas). Hay que registrar toda instalación solar conectada a la red mediante una serie de formularios hacia la propia compañía de electricidad y el ministerio de industria.

Por otra parte el impuesto al sol sólo se aplica a instalaciones solares conectadas a la red eléctrica. Para la mayoría de casos particulares, si no se superan los 10kW de potencia contratada, estamos exentos de cualquier impuesto al sol.

3. Introducción:

3.1. Localización de la instalación

El terreno de la explotación, se encuentra situado en suelo rustico, la superficie ocupa 30.57ha, del término municipal de Villagarcía del Llano en la provincia de Cuenca siendo su forma irregular.

La ubicación de la explotación según coordenadas UTM corresponde a: 4359700/0601900/760m s.n.m.

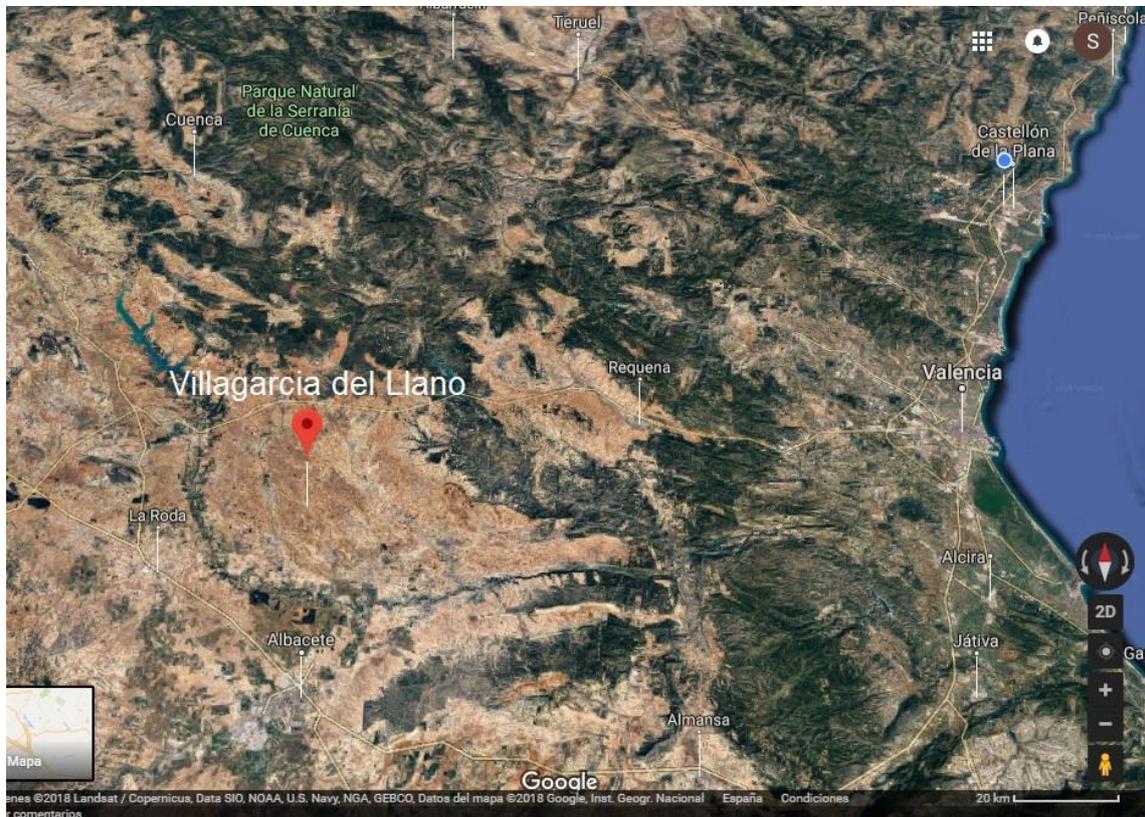


Ilustración 1. Imagen desde satélite de la localización de la explotación.

3.2. Descripción del proceso

La explotación se encarga del engorde de los lechones se reciben con unos 20kg de peso y se engordan hasta los 100kg, una vez alcanzan este peso salen de la explotación en camiones hacia el matadero. Este proceso productivo tiene una duración de unos 100 días que es lo que tardan en alcanzar dicho peso y trasladarlos.

3.2.1. Capacidad productiva

La granja tiene una capacidad de 3600 cerdos por lote que se distribuirán en las 4 naves que tiene la explotación.

La mortalidad esperada es de un 5%.

Nº de lotes = 2,70 lotes/año.

$$3600 \times 95\% = 3420 \frac{\text{animales}}{\text{lote}}$$

$$3.420 \frac{\text{animales}}{\text{lote}} \times 2,7 \text{ lotes} = 9.234 \frac{\text{animales}}{\text{año}}$$

3.2.2. Tiempo de los animales en la explotación

Desde la entrada en la nave de engorde hasta su salida al matadero se ha considerado que transcurren 102 días de los cuales:

-Tiempo de engorde (20kg-100kg): 90 días

-Desfase: 5días

-Desinfección y vacío sanitario: 7 días.

-Tiempo vacacional del personal 90 días.

Se seguirá el sistema de “todo dentro-todo fuera”, que consiste en utilizar los alojamientos de forma que se introducen y sacan todos los animales a la vez en cada lote.

Así en un mismo compartimento, los animales serán de la misma edad, estado fisiológico y peso vivo. Una vez desalojados se procederá a la limpieza y desinfección del alojamiento. También se dejará descansar al alojamiento durante un periodo de una semana, conocido como “vacío sanitario”

3.3. Descripción de las necesidades:

Para albergar y manejar los 3.600 animales, se construirá:

- 4 Naves de cebo
- 1 caseta vestuario-aseo
- 1 comedor
- 1 depósito de agua
- Balsa de purines
- Fosa de cadáveres
- Caseta de la instalación eléctrica

El sistema de explotación es el de régimen intensivo, los animales permanecerán siempre dentro del recinto de las naves y los alimentos y el agua procederán del exterior.

Los purines se evacuarán a las balsas de purines a través de la red de saneamiento diseñada.

Los caminos trazados sirven para el manejo de los camiones y acceso de personal, así como para permitir el movimiento por el interior de la explotación de los mismos.

3.3.1. Necesidades de iluminación

Las necesidades de iluminación han sido calculadas, y cumplen dos funciones:

1ª. Que los animales tengan la luz suficiente para desenvolverse en un ambiente natural que les permita distinguirse, relacionarse, comer y beber sin dificultades.

2ª. Posibilitar el manejo y operaciones de los trabajadores de la granja.

Altos niveles de iluminación inciden negativamente sobre diferentes índices del cerdo, aumentan la irritabilidad y producen estrés. Se estiman valores óptimos de iluminación de 50-60 lux.

La iluminación natural se conseguirá con ventanas de poliéster. En nuestro caso se dispondrá de 24 ventanas en cada fachada longitudinal de cada nave de cebo de dimensiones de cada una de ellas de 0,95 x 0,95 m.

La apertura de las ventanas será automática y estará regulada por un sensor de temperatura siendo los valores críticos:

-Apertura total a los 28°C

-Cierre total a los 18°C

3.3.2. Necesidades de alimentación

El pienso procederá de una fábrica propia situada en Aldaia (Valencia) asegurando el abastecimiento inmediato a la explotación. Este será transportado mediante camiones en condiciones adecuadas de manejo.

La formulación del pienso será adaptada en la propia fábrica a las necesidades de alimentación de los animales, a base de:

soja+trigo+maíz+carbonato+lisina+manteca+cuartas de trigo+sal.

Esta formulación se adaptará a las necesidades de la explotación, siendo granulado y destacando los periodos importantes en fase de cebo, de crecimiento (hasta 60kg) y acabado (60kg ≈100kg), en este último periodo se irá disminuyendo el porcentaje de Kcal/kg de pienso y diluyendo en agua para satisfacer el apetito.

El consumo medio de pienso es de unos 2.30 kg/animal día.

El pienso se transportará en camiones acondicionados para ello desplazándose a la finca con la frecuencia necesaria.

Según cálculos efectuados en el proyecto correspondiente tenemos unas necesidades de pienso de:

$$2.30 \frac{\text{Kg}}{\text{animal y día}} \times 3.600 \text{ animales} = 8.280 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}$$

Los silos se dispondrán pareados y adosados al extremo de la nave de manera que puedan acceder a ellos los camiones de transporte.

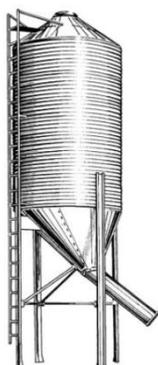


Ilustración 2. Silos de 21m³.

Silo de chapa galvanizada ondulada o chapa lacada con descarga lateral.
Altura total: 7,41 metros

Capacidad: 21,82 m³ = 14.180 Kg. Preparado para colocar cajetín para transportador de pienso.

Habrán líneas de reparto que atravesarán de forma longitudinal abastecidas por dos motores conectados a un tornillo sin fin que transporta el pienso al interior de la granja.

3.3.3. Necesidades de agua

Desde el punto de vista fisiológico el agua es esencial para el animal. Debemos asegurar una buena disponibilidad de agua para los animales, procurando que su consumo sea máximo.

El consumo de agua en los animales jóvenes es mayor que el de los adultos

Un consumo de agua deficiente reducirá el consumo de alimento y el crecimiento de los animales, considerándose necesarios de 3 a 6 litros de agua por kg de pienso. Asimismo en épocas de calor sus requerimientos incrementan considerablemente en un 20-30%.

	Requerimientos diarios
Lechones postdestete	0,8-0,9 litros
Lechones final transición	2,5-3,0 litros
Cerdos inicio cebo	3,5-4,5 litros
Cerdos final cebo	5,0-6,5 litros
Cerdas gestantes	12-15 litros
Cerdas inicio lactación	10-12 litros
Cerdas final lactación	Hasta 30-40 litros

Ilustración 3. Necesidades diarias de agua.

Para los cálculos elegimos una media de 7 litros/día puesto que parte del agua también se mezcla con el alimento, en los meses de septiembre hasta mayo, la climatología es adversa y la temperatura ambiente es menor por lo que las necesidades de agua disminuyen, en cambio para los meses de Junio hasta agosto incrementaremos ese requisito en un 30% ya que la situación donde se encuentra tiene la característica de hacer un calor intenso y sobretodo seco.

$$\text{Septiembre a Mayo: } 7 \frac{L}{\text{día}} \times 3.600 \text{ animales} = 25.200 \frac{L}{\text{día}}$$

$$\text{Junio a Agosto: } 9 \frac{L}{\text{día}} \times 3.600 \text{ animales} = 32.400 \frac{L}{\text{día}}$$

Por otra parte existen unas necesidades para realizar la limpieza diaria de las cuadras, para ello se utiliza una "Maquina Alta Presión"

-La media de agua por m² necesaria para la limpieza diaria de las cuadras es de 2L/m² y día.

-Las naves tienen una superficie de: 792.5m²/nave

$$2 \frac{L}{m^2} \times 792,5 m^2 \times 4 \text{ naves} = 6.340L/\text{día}$$

$$\text{Total } 25.200 + 6.340 = 31.540 \frac{L}{\text{día}} \text{ (Mínimo)}$$

$$\text{Total } 32.400 + 6.340 = 38.740 \frac{L}{\text{día}} \text{ (Máximo)}$$

3.3.4. Necesidades de alojamiento

La explotación contará con 4 naves de engorde, de dimensiones cada una de ellas de 55,42 x 14,30m conformando una superficie total de nave de 792,50m².

El sistema de alojamiento elegido es el tipo "danés", donde cada una de estas naves contará con un total de 72 cuadras de dimensiones 3,05 x 3,00 m, distribuidas a ambos lados de dos pasillos de alimentación de 1,00m de ancho. En 36 cuadras habrá una capacidad para 13 animales y 36 cuadras tendrán una capacidad de 12 animales, lo que nos supone un total de 900 animales/nave y lote o ciclo.

3.4. Mano de Obra

Los puestos de trabajo que habrá en la granja serán:

- 1 Encargado responsable máximo de la marcha de la explotación, el cual contará con apoyo técnico-sanitario.
- 1 Un peón con experiencia en manejo de animales.

A estos se les instruirá a cuenta de la empresa en el manejo de instalaciones.

4. Estudio de viabilidad

Dado las condiciones de la explotación es bastante sencilla la instalación de los elementos eléctricos puesto que disponemos un espacio de 10.000m² para la colocación de las placas solares y la potencia no es excesivamente elevada, además el consumo es bastante lineal. El inconveniente de tener tanto espacio es cuando calculemos las secciones de los cables puesto que la longitud del cable es proporcional a la sección del mismo. Por lo que más adelante trato de ajustar la instalación a la granja y a la caseta. .

En cuanto a horas de luz la zona dispone de una gran cantidad de horas de luz ya que se encuentra en una situación favorable, sin montañas ni arboles cerca.

Las placas fotovoltaicas irán a 40cm del suelo por lo que facilitaran las labores de construcción y de mantenimiento de la instalación. Y se nos ha asignado una parte del terreno para edificar una construcción para albergar los componentes eléctricos pertinentes: baterías, inversor, regulador...



Ilustración 4. Zona disponible para la instalación acotada.

5. Esquema eléctrico de la instalación:

5.1. Tabla de equipos

En la tabla siguiente se especifica el número de elementos eléctricos existentes en la granja, la potencia unitaria y total además de la distribución de cada uno.

TABLA DE EQUIPOS						
	EQUIPO	Potencia(W)	ud.	Nº de naves	W	kW
	MOTOR AGUA (10CV)	7500	1		7500	7,50
E1-E4	VENTILADORES	174,8	4	4	2796,8	2,80
	NEBULIZADOR	1470	1	4	5880	5,88
	LIMPIEZA	4050	0,5	4	8100	8,10
	VENTANA	264	2	4	2112	2,11
	MOTOR COMIDA	735	2	4	5880	5,88
	ILUMINACIÓN	19	24	4	1824	1,82
COMEDOR	NEVERA	23	1		23	0,02
	MICROONDAS	1000	1		1000	1,00
	VITROCERÁMICA	7200	1		7200	7,20
	CALEFACCIÓN	1500	1		1500	1,50
	ENCHUFE	3450	1		3450	3,45
VESTUARIOS	ENCHUFE	3450	1		3450	3,45
	CALEFACCIÓN	1500	1		1500	1,50
ILUMINACION	ILUMINACIÓN EXT	80	15		1200	1,20
Total					53415,8	53,42

6. Diseño:

Para la realización de la instalación partiremos de datos ofrecidos por los fabricantes de componentes de sistemas fotovoltaicos y de los conocimientos obtenidos en el grado de ingeniería eléctrica y sobretodo en la asignatura de energía renovables.

Los consumos en la explotación se realizan en c.a, tanto monofásico como trifásico dependiendo de la carga.

La tensión de la instalación fotovoltaica es de 48V puesto que la potencia consumida es muy elevada y de esta manera las pérdidas serán menores que si fueran 12V o 24V.

Los inversores serán de 48V c.c. 230V c.a. (monofásico) y 48V 480V c.a. (trifásico) dependiendo del aparato al que suministre, con un rendimiento de 0,965.

Las horas de uso al día de los aparatos eléctricos las recogemos en el Punto 6.1. Para hacer un cálculo lo más correcto posible me reuní con el propietario de la explotación y me informó sobre cómo se trabaja, qué elementos se utilizan y cuándo, por lo que respetando los datos y los márgenes de actuación de cada elemento he creado una tabla donde se recoge esta información.

Para el cálculo de los elementos eléctricos de la instalación he optado por poner dos opciones (A y B) para poder valorar la mejor opción con los argumentos necesarios.

La instalación tendrá una disposición de los aparatos óptima para ser lo más eficiente posible.

6.1. Tabla: horas de consumo a pleno rendimiento:

En la tabla siguiente se muestra las horas en funcionamiento de los aparatos eléctricos de la explotación al día cuando se encuentra al límite de su capacidad. Para calcular la instalación nos fijaremos en esta tabla puesto que así hablamos de consumos máximos.

Granja a pleno rendimiento												
Horas/día	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep.	Oct	Nov	Dic
MOTOR AGUA (10CV)	2,67	2,67	2,67	2,67	2,67	3,33	3,33	3,33	2,67	2,67	2,67	2,67
VENTILADORES	3,00	3,00	4,00	4,00	4,00	5,00	5,00	5,00	4,00	4,00	4,00	3,00
NEBULIZADOR	0,00	0,00	0,00	1,00	2,00	3,00	4,00	4,00	3,00	1,00	0,00	0,00
LIMPIEZA	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
VENTANA	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
MOTOR COMIDA	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
ILUMINACIÓN INTERIOR	5,00	5,00	4,00	4,00	4,00	3,00	3,00	3,00	4,00	4,00	4,00	5,00
NEVERA	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,00	24,00
MICROONDAS	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
VITROCERAMICA	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
CALEFACCION	2,00	2,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	2,00	2,00
ENCHUFE	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
CALEFACCION	2,00	2,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	2,00	2,00
ILUMINACION EXT	3,00	3,00	2,00	2,00	2,00	1,00	1,00	1,00	2,00	2,00	2,00	3,00

6.2. Tabla: horas de consumo en la semana de limpieza.

En la tabla siguiente se muestra las horas en funcionamiento de los aparatos eléctricos de la explotación al día durante la semana de limpieza donde vemos que los consumos son inferiores que en el caso anterior, como esto ocurre cada 100 días aproximadamente, a la hora de dimensionar la instalación, no la vamos a tener en cuenta, es para ver que habrá un periodo en el que la instalación no tiene apenas consumo.

Granja en la semana de limpieza.												
Horas/día	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
MOTOR AGUA (10CV)	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	1,11	1,11	1,11	0,89	0,89	0,89	0,89
VENTILADORES	1,00	1,00	1,33	1,33	1,33	1,67	1,67	1,67	1,33	1,33	1,33	1,00
NEBULIZADOR	0,00	0,00	0,00	0,33	0,67	1,00	1,33	1,33	1,00	0,33	0,00	0,00
LIMPIEZA	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
VENTANA	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
MOTOR COMIDA	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33
ILUMINACION	1,67	1,67	1,33	1,33	1,33	1,00	1,00	1,00	1,33	1,33	1,33	1,67
NEVERA	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00
MICROONDAS	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
VITROCERAMICA	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
CALEFACCION	2,00	2,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	2,00	2,00
ENCHUFE	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
CALEFACCION	2,00	2,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	2,00	2,00
ILUMINACION EXT	3,00	3,00	2,00	2,00	2,00	1,00	1,00	1,00	2,00	2,00	2,00	3,00

6.3. Tabla de consumos

A continuación tenemos el ejemplo de la tabla de consumos en el mes de Enero, las tablas de consumos mes a mes se encuentran en el "Anexo 2"

Enero					
Equipo	Potencia(W)	ud.	Potencia total	h/día	kWh
Motor de agua					
MOTOR AGUA (10CV)	7.355,00	1,00	7.355,00	2,67	19,61
Naves (E1-E4)					
VENTILADORES	174,80	16,00	2.796,80	3,00	8,39
NEBULIZADOR	1.470,00	4,00	5.880,00	0,00	0,00
LIMPIEZA(5.5CV)	4.050,00	2,00	8.100,00	2,00	16,20
VENTANA	264,00	8,00	2.112,00	1,00	2,11
MOTOR COMIDA	735,00	8,00	5.880,00	4,00	23,52
ILUMINACIÓN	19,00	96,00	1.824,00	5,00	9,12
Comedor					
NEVERA	23,00	1,00	23,00	24,00	0,55
MICROONDAS	1.000,00	1,00	1.000,00	0,50	0,50
VITROCERAMICA	7.200,00	1,00	7.200,00	0,25	1,80
CALEFACCIÓN	1.500,00	1,00	1.500,00	2,00	3,00
ENCHUFES	3.450,00	1,00	3.450,00	0,50	1,73
Vestuarios					
ENCHUFES	3.450,00	1,00	3.450,00	0,50	1,73
CALEFACCIÓN	1.500,00	1,00	1.500,00	2,00	3,00
ILUMINACIÓN EXT	80,00	15,00	1.200,00	3,00	3,60
Total Día					94,86
Total Mes					2940,59

Teniendo en cuenta las horas de funcionamiento de los aparatos eléctricos al día vamos a calcular los consumos mes a mes durante el año para dos casos hipotéticos: (a) la granja a pleno rendimiento y (b) la granja en modo limpieza.

Caso (a):

Meses	kWh/mes
Enero	2.940,59
Febrero	2.750,87
Marzo	2.840,55
Abril	2.925,32
Mayo	3.112,11
Junio	3.328,40
Julio	3.621,63
Agosto	3.621,63
Septiembre	3.188,12
Octubre	3.022,83
Noviembre	2.838,92
Diciembre	2.940,59

Caso (b):

Meses	kWh/mes
Enero	1.643,64
Febrero	1.537,60
Marzo	1.523,49
Abril	1.533,15
Mayo	1.552,01
Junio	1.583,51
Julio	1.697,05
Agosto	1.697,05
Septiembre	1.560,75
Octubre	1.584,25
Noviembre	1.564,35
Diciembre	1.643,64

6.4. Cálculo del mes de radiación más desfavorable

Para hallar el mes más desfavorable es necesario conocer los valores de horas de sol pico en la ciudad donde va a situarse la instalación. En nuestro caso me fijaré en los valores de la web PVGIS, otra opción es recurrir a las tablas "IDAE" pero la instalación está entre las ciudades de Cuenca y Albacete entonces las web nos da valores mucho más concretos.

Los datos han sido obtenidos de las tablas del PVGIS. Para ello voy a diferenciar datos de radiación solar mensual para orientación fija de 15°, 35°, 60° y radiación con orientación doble de 15° y 60°. (kWh/m² mes).

Fixed system: inclination=15°, orientation=0°				
Month	E_d	E_m	H_d	H_m
Jan	2.40	74.3	2.97	92.1
Feb	2.92	81.9	3.65	102
Mar	3.89	120	4.99	155
Apr	4.21	126	5.56	167
May	4.81	149	6.50	201
Jun	4.99	150	6.89	207
Jul	4.96	154	6.98	217
Aug	4.60	143	6.44	200
Sep	4.06	122	5.51	165
Oct	3.27	101	4.30	133
Nov	2.40	72.1	3.04	91.3
Dec	2.05	63.5	2.55	79.0
Yearly average	3.72	113	4.96	151
Total for year		1360		1810

Ilustración 5 imagen del PVGIS para 15°

Fixed system: inclination=35°, orientation=0°				
Month	E_d	E_m	H_d	H_m
Jan	2.98	92.5	3.70	115
Feb	3.39	94.8	4.26	119
Mar	4.19	130	5.42	168
Apr	4.19	126	5.57	167
May	4.55	141	6.16	191
Jun	4.61	138	6.36	191
Jul	4.63	143	6.53	202
Aug	4.50	140	6.33	196
Sep	4.27	128	5.83	175
Oct	3.70	115	4.91	152
Nov	2.90	87.1	3.69	111
Dec	2.58	80.1	3.21	99.5
Yearly average	3.88	118	5.17	157
Total for year		1420		1890

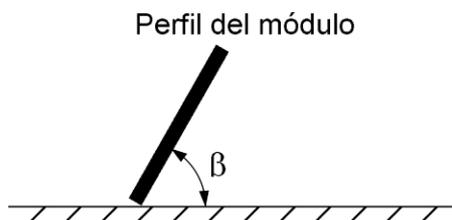
Ilustración 6 imagen del PVGIS para 35°

Para una inclinación de 60°, los datos del PVGIS nos da lo siguiente valores:

Fixed system: inclination=60°, orientation=0°				
Month	E_d	E_m	H_d	H_m
Jan	3.27	101	4.09	127
Feb	3.51	98.4	4.43	124
Mar	4.06	126	5.23	162
Apr	3.70	111	4.88	146
May	3.70	115	5.00	155
Jun	3.59	108	4.96	149
Jul	3.66	114	5.16	160
Aug	3.84	119	5.37	167
Sep	4.00	120	5.44	163
Oct	3.76	117	4.99	155
Nov	3.12	93.6	3.98	119
Dec	2.86	88.7	3.58	111
Yearly average	3.59	109	4.76	145
Total for year		1310		1740

Ilustración 7 imagen del PVGIS para 60°.

A continuación tenemos el resumen de los valores de radiación solar mensual para Villagarcía del Llano con diferentes inclinaciones, he añadido la tabla 15°/60° recogiendo los datos más elevados de las dos inclinaciones.



PVGIS				
	15°	35°	60°	15°/60°
ENERO	92,5	115,0	127,0	127,0
FEBRERO	102	119,0	124,0	124,0
MARZO	155	168,0	162,0	162,0
ABRIL	167,0	167,0	146,0	167,0
MAYO	201,0	191,0	155,0	201,0
JUNIO	207,0	191,0	149,0	207,0
JULIO	217,0	202,0	160,0	217,0
AGOSTO	200,0	196,0	167,0	200,0
SEPTIEMBRE	165,0	175,0	163,0	165,0
OCTUBRE	133,0	152,0	155,0	155,0
NOVIEMBRE	91,3	111,0	119,0	119,0
DICIEMBRE	79,0	99,5	111,0	111,0
TOTAL AÑO	1809,8	1886,5	1738	1955

Observando los datos obtenidos para las diferentes opciones de inclinación de las placas en la tabla anterior, vemos como la casilla marcada en amarillo indica el valor más alto de radiación, por lo tanto optaremos por la inclinación más eficaz, la de alternar 15°/60°.

Esta opción suele ser la más utilizada en instalaciones en las que el acceso a los paneles fotovoltaicos es fácil puesto que además de tener mayor rendimiento (se aprovecha más la radiación del sol durante el año), obliga al propietario de la instalación a que la revise dos veces al año la instalación, coincidiendo con el cambio de inclinación de las placas y así realizar pequeños trabajos de mantenimiento como limpiar la superficie de las placas ya que factores como: excrementos pájaros, lluvia, polvo...afectan al rendimiento de estas.

A continuación procedemos al cálculo del mes más desfavorable.

Primero cogemos el consumo al mes en Wh y lo dividimos entre la tensión de la instalación (48V) multiplicada por el rendimiento del inversor (μ) para sacar el consumo mensual en Ah.

$$E (A \cdot h) = \frac{\text{kWh} \times 1000}{\mu \text{ inversor}} \times \frac{1}{V_{cc}}$$

	CONSUMO MES kWh	V INSTALACION	μ INVERSOR	CONSUMO MES (Ah)
ENE	2.940,59	48	0,956	64.081,89
FEB	2.750,87	48	0,956	59.947,57
MAR	2.840,55	48	0,956	61.901,73
ABR	2.925,32	48	0,956	63.749,04
MAY	3.112,11	48	0,956	67.819,62
JUN	3.328,40	48	0,956	72.533,12
JUL	3.621,63	48	0,956	78.923,18
AGO	3.621,63	48	0,956	78.923,18
SEP	3.188,12	48	0,956	69.476,03
OCT	3.022,83	48	0,956	65.874,01
NOV	2.838,92	48	0,956	61.866,20
DIC	2.940,59	48	0,956	64.081,89

7. Componentes y materiales:

7.1. Generador fotovoltaico:

La energía solar fotovoltaica, se basa en las propiedades de ciertos materiales para convertir energía proveniente del sol en forma de radiación en electricidad y así poder transmitirla por el sistema.

Existen dos tipos de placas solares: placas solares monocristalinas y policristalinas. Para esta instalación fotovoltaica se van a utilizar paneles policristalinos puesto que tienen mejores prestaciones eléctricas en cuanto a potencia, voltaje e intensidad de salida y precio.

A la hora de instalar los paneles fotovoltaicos tenemos que tener en cuenta los siguientes factores: la orientación de la placa fotovoltaica (debe ser al sur y con una inclinación calculada), la presencia de sombras en las placas solares (comprobar que no van a recibir sombras de árboles, chimeneas, edificios, etc.), la estructura para fijar las placas tiene que adaptarse a la ubicación elegida (terreno, viento, nieve, etc.).

Para el cálculo del número de placas necesarias, vamos a la tabla de consumos mes a mes. Vemos que cada mes tiene un consumo y radiación diferente por lo tanto, comprobamos cuál es el coeficiente más desfavorable para el mes con menor radiación y mayor consumo.

$$\text{Coeficiente mas desfavorable} = \frac{\text{Consumo}}{\text{Radiación}}$$

Cálculo del coeficiente más desfavorable:

15°/60°	Radiación	Consumo	Coeficiente (Cmd)
ENE	127,0	64.081,9	504,6
FEB	124,0	59.947,6	483,4
MAR	162,0	61.901,7	382,1
ABR	167,0	63.749,0	381,7
MAY	201,0	67.819,6	337,4
JUN	207,0	72.533,1	350,4
JUL	217,0	78.923,2	363,7
AGO	200,0	78.923,2	394,6
SEP	165,0	69.476,0	421,1
OCT	155,0	65.874,0	425,0
NOV	119,0	61.866,2	519,9
DIC	111,0	64.081,9	577,3

Como se observa en la tabla anterior en amarillo, el coeficiente más desfavorable es diciembre puesto que el índice de radiación es el más bajo y el consumo es elevado.

Las placas elegidas son placas con una potencia elevada y con un precio razonable bajo para que el un número de placas no sea alto y si en algún momento se desea aumentar la potencia de la instalación se pueda ya que utilizaremos un espacio menor al que nos habían habilitado.

Este modelo placa “JKM320PP-72 320w módulo policristalino” alcanza una vida útil de más de 40 años con una garantía de fábrica de 25 años.



Ilustración 8. Panel solar “JKM320PP-72 320W “

Ficha técnica: PLACAS	
VOC	46,4
ISC,PANEL	9,05
Vn panel	24V
In panel	8,56
Vm panel	37,4V
Potencia nominal	320W
Nivel de eficiencia	16.49%

Cálculo del número de placas en serie:

$$N_{np} = \frac{V_{instalación}}{V_{nominal\ placa}} = \frac{48V}{24V} = 2 \text{ Placas en serie}$$

La tensión nominal de las placas es de 24V por lo que para tener una tensión en la instalación de 48V debemos conectar dos placas en serie.

Número de líneas en paralelo:

$$N_{lp} = \frac{Cmd \times \text{sobredimensionamiento}}{I_{pico\ placa}} = \frac{577,3 \times 1,2}{8,56} = 81 \text{ lp}$$

Para calcular el número de líneas de placas en paralelo nos fijamos en el coeficiente más desfavorable (Cmd de diciembre) anteriormente calculado y le damos un sobredimensionamiento de un 20% puesto que la potencia nominal de las placas se va a ver afectada con el transcurso del tiempo, y al dividirlo por la Intensidad nominal de la placa obtenemos 81 N° de líneas en paralelo.

Número de Placas totales de la instalación:

$$\text{Placas total} = 2 \text{ placas en serie} \times 81 \text{ líneas en paralelo} = 162 \text{ Placas.}$$

Calculamos el número de placas en serie con el número de líneas de placas en paralelo y nos da un total de 162 placas fotovoltaicas.

Tensión de la instalación en c.c.:

$$V_{Generada} = V_{panel} \times N^{\circ} \text{ paneles serie} = 24V \times 2 = 48 \text{ V}$$

La tensión que tendrá la instalación es de 48V para reducir perdidas, ya que es la máxima tensión a la que puede trabajar la instalación.

Corriente de la instalación en c.c.:

$$I_{Generada} = I_{m\ panel} \times N^{\circ} \text{ paneles en paralelo} = 8,56 \times 81 = 693,36 \text{ A}$$

La instalación tendrá una corriente total producida por los paneles de 693,36 A. Este valor nos sirve para calcular más adelante los reguladores.

Tensión máxima del sistema:

$$V_{oc, Generada} = V_{oc} \times N^{\circ} \text{ paneles serie} = 46,4V \times 2 = 92,8 V$$

La tensión pico de los paneles es de 46,4V como tenemos dos paneles conectados en serie la tensión máxima que debe soportar la instalación es de 92,8V. En este caso el regulador debe filtrarla para que las baterías no se vean dañadas puesto que no admiten más de 48V.

Corriente de cortocircuito:

$$I_{sc, Generada} = I_{sc, Panel} \times N^{\circ} \text{ paneles en paralelo} = 9,05 A \times 81 = 733,05 A$$

La corriente de cortocircuito producidas por las placas es de 733,05 A.

Potencia pico producida por la instalación:

$$P_{PICO INST} = V_{generada} \times I_{generada} = 48V \times 693,36 A = 33.281,28 W$$

Calculamos la potencia pico producida por todas las placas que conforman la instalación.

kWh generados por la instalación en un año:

$$kWh_{generados} = W_{pico} \times \text{Radiación (h/año)} = 33.281,28 W \times 1955 = 65.064,92 kWh/año.$$

Durante un año las placas producirán 65.064,92 kWh/año, por lo tanto estamos hablando de una instalación fotovoltaica con unas dimensiones por encima a lo habitual en instalaciones fotovoltaicas aisladas.

7.2. Estructura de soporte:

El presente punto se redacta con el fin de diseñar y calcular la estructura de una instalación solar fotovoltaica, de acuerdo a la legislación vigente, para la obtención de la Autorización Administrativa, así como servir de base a la hora de proceder a la ejecución de dicha instalación, de forma que lo proyectado pueda ser directamente ejecutado mediante la correcta interpretación y aplicación de las especificaciones.

La instalación está formada por 162 paneles fotovoltaicos.

La instalación proyectada tiene una potencia instalada en módulos de 51,84 kWp, utilizando 162 módulos de 320Wp potencia pico.

Dibujos técnicos

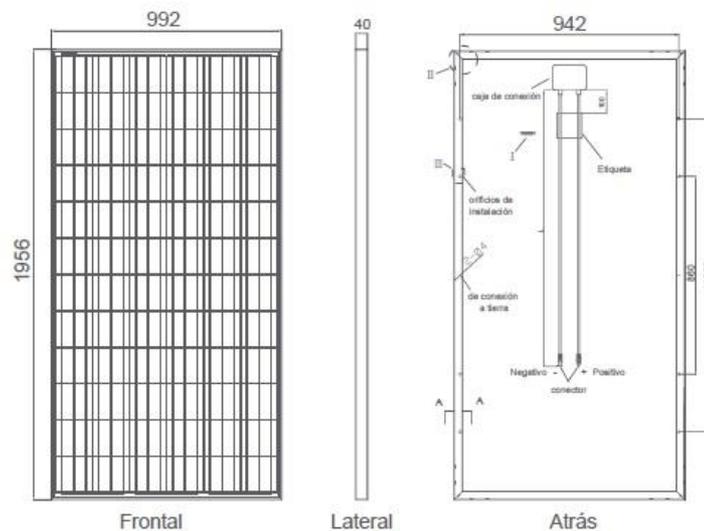


Ilustración 9 medidas de los paneles.

La estructura tiene las funciones principales de servir de soporte y fijación segura de los módulos fotovoltaicos así como proporcionar una inclinación y orientación adecuadas, para obtener un máximo aprovechamiento de la energía solar incidente.

La instalación se realizará con orientación sur, para una inclinación óptima de 15°/60°, considerando una separación entre estructuras que eviten el sombreado de las estructuras entre sí.

La estructura, objeto de estudio, cuenta con las siguientes características generales:

- Geometría general: Consta de 5 elementos que forman el pórtico Tipo, objeto de estudio.
- Estos elementos son el travesaño (T) sobre la que apoyan las placas (CI) y dos puntales (P1, P2,) que se unen a éste con uniones atornilladas y unidos a cimentación con un perfil en tubo empotrado al terreno.

Las dimensiones de cálculo aproximados de los elementos considerados son:

- Travesaño (T) (Hipotenusa): 4000 mm.
- Puntal 1 (P1): 658,8 mm (15°). 658,8mm (60°)
- Puntal 2 (P2): 1176 mm (15°)., 4000mm (60°)
- Distancia entre puntales: 1931,8mm
- Correas: 4000 mm.
- Diagonal de arriostramiento en el pórtico: 2000mm.

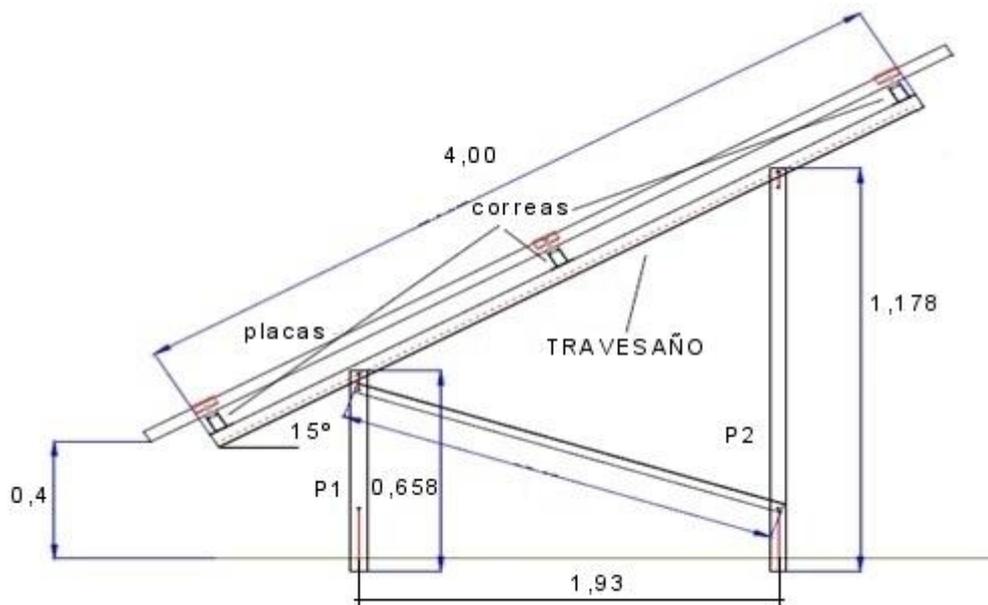


Ilustración 10 dimensionamiento de la estructura de las placas 15°

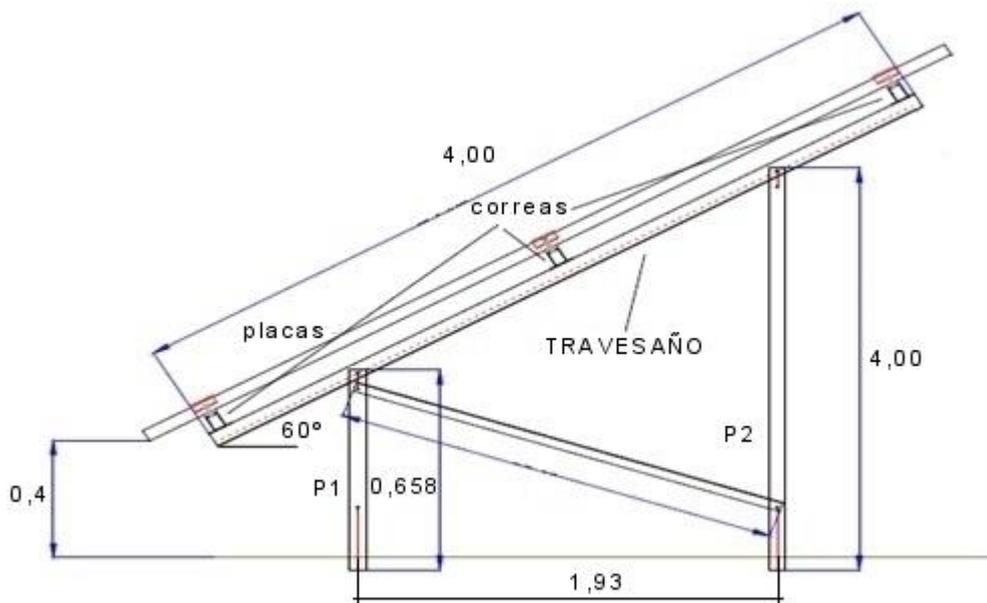


Ilustración 11 dimensionamiento de la estructura de las placas 60°

Cada pórtico tipo alberga **8** módulos solares dispuestos horizontalmente (las dimensiones de los paneles son 1956 x 992 mm).

Distancia entre pórticos: 4000 mm.

Tenemos 2 modulaciones, Cada modulación consta de 20 Pórticos tipo, que a su vez contienen 80 módulos solares, lo que hace un total de 160 paneles fotovoltaicos, además incluimos un pórtico tipo para 2 placas con una distancia entre pórticos de 1000mm.

La distancia entre las modulaciones será de 6,00m para no tener problemas de sombras, planos en los anexos.

La altura mínima obligatoria que debe tener el pórtico desde la parte más baja de la estructura respecto a la línea de tierra es de 300 mm, en nuestro caso es de 400mm.

Las secciones utilizadas en los arrostramientos del pórtico es L37x37x3,7 en los opresores y en los arrostramientos longitudinales es L 40x40x3. Con el fin de obtener estabilidad transversal, se recomienda arriostrar los pórticos transversalmente siempre en el primer y último pórtico además de cada 3-4 pórticos como máximo.

El sistema de anclaje estructura-panel solar garantiza la total estabilidad y resistencia de los paneles frente a las acciones del viento y nieve así como la transmisión de los esfuerzos a la estructura. En la siguiente imagen, podemos observar la disposición constructiva para los paneles extremos y centrales.

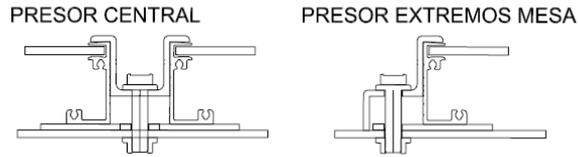


Ilustración 12 estructura de sujeción de las placas.

7.2.1. Cálculo del pórtico tipo.

El modelo de cálculo debe determinar las situaciones de dimensionado que resulten más determinantes, es decir:

Establecer las acciones que deben tenerse en cuenta y los modelos adecuados para la estructura.

Realizar el análisis estructural, adoptando el método de cálculo adecuados a la presente estructura.

Verificar que, para las situaciones de dimensionado correspondientes, no se sobrepasan los estados límite.

7.2.2. Acciones consideradas.

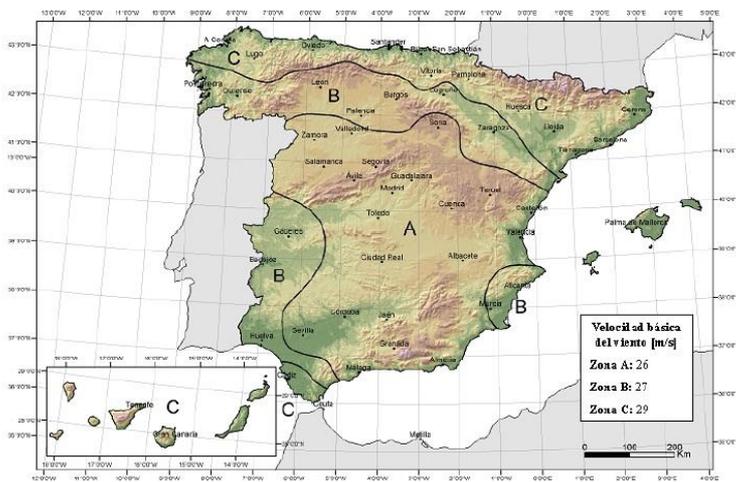


Ilustración 13 Velocidad del viento según zonas.



Figura E.2 Zonas climáticas de invierno

Ilustración 14 Zona climática para el cálculo de la nieve.

Tabla E.2 Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal (kN/m²)

Altitud (m)	Zona de clima invernal, (según figura E.2)						
	1	2	3	4	5	6	7
0	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
200	0,5	0,5	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2
400	0,6	0,6	0,2	0,3	0,4	0,2	0,2
500	0,7	0,7	0,3	0,4	0,4	0,3	0,2
600	0,9	0,9	0,3	0,5	0,5	0,4	0,2
700	1,0	1,0	0,4	0,6	0,6	0,5	0,2
800	1,2	1,1	0,5	0,8	0,7	0,7	0,2
900	1,4	1,3	0,6	1,0	0,8	0,9	0,2
1.000	1,7	1,5	0,7	1,2	0,9	1,2	0,2
1.200	2,3	2,0	1,1	1,9	1,3	2,0	0,2
1.400	3,2	2,6	1,7	3,0	1,8	3,3	0,2
1.600	4,3	3,5	2,6	4,6	2,5	5,5	0,2
1.800	-	4,6	4,0	-	-	9,3	0,2
2.200	-	8,0	-	-	-	-	-

Ilustración 15 Sobrecarga de nieve según zona y altura.

Tabla 3.4. Valores del coeficiente de exposición c_e

Grado de aspereza del entorno	Altura del punto considerado (m)							
	3	6	9	12	15	18	24	30
I Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	2,4	2,7	3,0	3,1	3,3	3,4	3,5	3,7
II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	2,1	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	1,6	2,0	2,3	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	1,3	1,4	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4	2,6
V Centro de negocio de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	1,2	1,2	1,2	1,4	1,5	1,6	1,9	2,0

Ilustración 16 valores de exposición al viento.

Los datos respecto de la situación de la estructura son:

Lugar: Villagarcía del Llano- CUENCA

Altitud: 760m.

Zona Nieve: Zona 5-700m, 600 N/m².

Zona Viento: Velocidad de referencia 26m/s (Zona A), Zona III, altura de referencia 3m por lo tanto $C_e=1.6$

Las acciones estudiadas vienen recogidas en los Eurocódigos conjuntamente con los Documentos Nacionales del CTE (CTE DB SE Acciones en la Edificación) donde se encuentran los valores característicos de las acciones. Estas son:

- **Peso propio.** Acción permanente que incluye el peso de los elementos estructurales y de las placas. El peso de los elementos estructurales lo toma el programa de cálculo en función de la densidad del material, del área y de la longitud de las barras. El peso propio de las placas solares, según los datos suministrados por los fabricantes de módulos es de 260 N/m².

$$ZONA = 4 \times 4(\text{profundidad}) = 16 \text{ m}^2$$

$$PESO = 26,5 \text{ kg} \times 9,8 \text{ N} = 260 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \times 16 \text{ m}^2 = 4,155 \text{ kN}$$

$$PESO \text{ EN CADA PUNTO DE APOYO} = \frac{4,155}{4} = 1,04 \text{ kN}$$

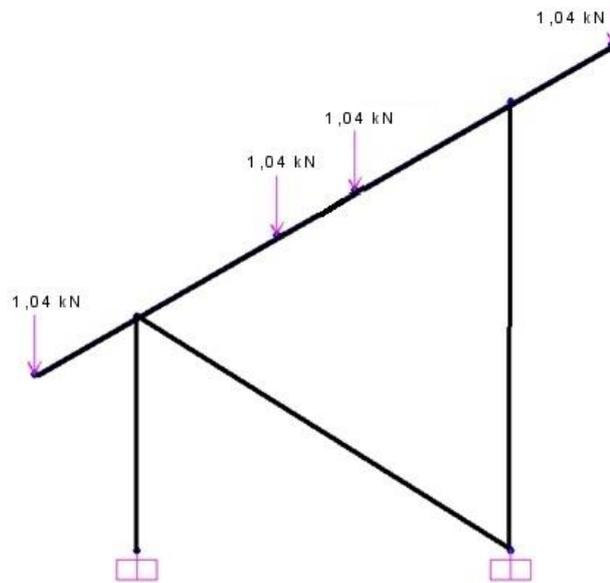


Ilustración 17 Distribución de las fuerzas del peso en la estructura.

- ~ **Sobrecarga de uso.** La sobrecarga de uso no está prevista en este tipo de estructura incluida la de mantenimiento. El mantenimiento se debe realizar sin el paso de personas u objetos gravitando en la estructura o sobre los paneles solares.
- ~ **Viento.** Los módulos de la estructura deben soportar, como mínimo (UNE EN 61215) ráfagas de viento de 130 km/h que equivalen a 800 N/m², aunque a efectos de estos cálculos hemos tomado ráfagas de viento de 150 km/h. Los datos de partida son:
 - Velocidad de referencia: 26 m/s equivalente a 420 N/m².
 - Altura de referencia 3m.
 - Zona III, industrial o forestal.
 - Coeficiente eólico a presión 2.2 y a succión -3
 - Fuerza equivalente de -2394 N/m² de succión y 1755.6 N/m².
- ~ **Nieve.** Los módulos de la estructura deben soportar, como mínimo (UNE EN 61215) una carga de nieve de 1000 N/m². Para este caso hemos tenido en cuenta 500 N/m².

$$PESO NIEVE = 16 m^2 \times 0,5 \frac{kN}{m^2} = 8 kN$$

$$PESO EN CADA PUNTO DE APOYO = \frac{8}{4} = 2 kN$$

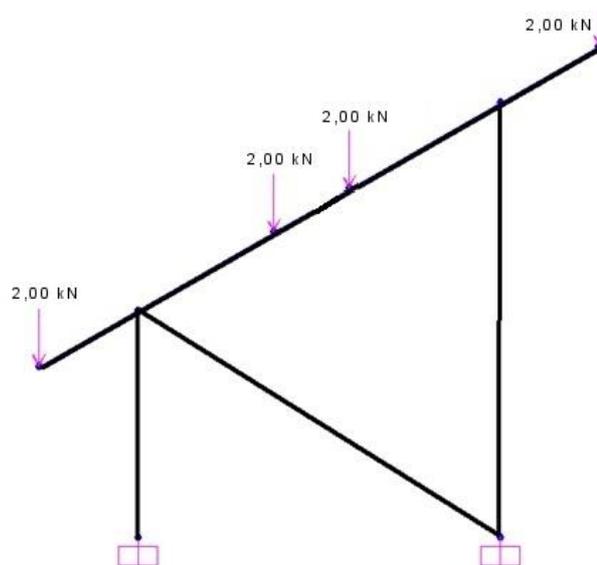


Ilustración 18 Distribución del peso de nieve en la estructura.

Acción térmica. Con la separación prevista (mínimo de 10mm) cada 3 módulos es suficiente para despreciar los efectos de la acción térmica.

7.2.3. Fijación de los pórticos.

La fijación de los pórticos sobre el terreno se realizará la cimentación oportuna para que la distancia al suelo de las placas no varíe por causas externas.

7.3. Acumuladores:

Las baterías son elementos esenciales en una instalación fotovoltaica aislada ya que la producción de energía no se da de forma continua durante las 24h del día. Estos dispositivos son capaces de almacenar energía y, posteriormente, usando procedimientos electroquímicos, producir energía eléctrica, con el fin de dar una autonomía a la instalación.

La información que se debe tener en cuenta a la hora de elegir las baterías son: los ciclos de carga, la profundidad de descarga, la temperatura de funcionamiento, la tensión, mantenimiento...

En las instalaciones solares se recurre al uso de baterías de tipo estacionarias ya que son muy resistentes y soportan muchos ciclos de carga. En esta instalación se ha elegido una batería de tipo Opzs ya que son más potentes y no requieren mantenimiento como las: TOpzs y Opzv. Para poder elegir las baterías antes necesitamos calcular los Ah al día del mes más desfavorable:

Cálculo baterías		
	Ah/mes	Ah/día
ENE	64.081,89	2.067,16
FEB	59.947,57	2.067,16
MAR	61.901,73	1.996,83
ABR	63.749,04	2.124,97
MAY	67.819,62	2.187,73
JUN	72.533,12	2.417,77
JUL	78.923,18	2.545,91
AGO	78.923,18	2.545,91
SEP	69.476,03	2.315,87
OCT	65.874,01	2.124,97
NOV	61.866,20	2.062,21
DIC	64.081,89	2.067,16

Como se puede observar en la tabla anterior el valor marcado en rojo es el consumo diario (Ah) del mes de Diciembre que es el mes con menor radiación, mientras que el valor marcado con amarillo corresponde al mes de mayor consumo que son los meses de Julio y Agosto.

En la tabla que se adjunta a continuación podemos observar los Ah necesarios de baterías para cada mes. Para el cálculo de la batería nos vamos a fijar en las casillas de color amarillo puesto que nos ha dado un valor mayor de Ah, esto son los meses más desfavorables (los meses de Julio y Agosto). Una vez obtengamos el cálculo de las baterías para estos meses sabremos que no dará problemas el resto del año puesto que el cálculo de la batería se obtiene del mes más desfavorable.

7.3.1. Opción A (4 días de autonomía):

Para la Opción A he fijado una autonomía de 4 días ya que es un tiempo razonable teniendo en cuenta que el mes más desfavorable es Julio y Agosto en el que hay pocos días lluviosos y si se produjese algún problema técnico habría un margen de actuación de 4 días hasta resolver el problema:

C batería = 4 días x 24 h/día = 96 ► C96.

	Consumo (Ah/día)	Prof. Descarga	Días autonomía	Cmes diseño(Ah)
ENERO	2.067,16	0,7	4	11.812,33
FEBRERO	2.067,16	0,7	4	11.812,33
MARZO	1.996,83	0,7	4	11.410,46
ABRIL	2.124,97	0,7	4	12.142,67
MAYO	2.187,73	0,7	4	12.501,31
JUNIO	2.417,77	0,7	4	13.815,83
JULIO	2.545,91	0,7	4	14.548,05
AGOSTO	2.545,91	0,7	4	14.548,05
SEPTIEMBRE	2.315,87	0,7	4	13.233,53
OCTUBRE	2.124,97	0,7	4	12.142,67
NOVIEMBRE	2.062,21	0,7	4	11.784,04
DICIEMBRE	2.067,16	0,7	4	11.812,33

Los módulos de baterías son de 2V cada uno y la tensión en la instalación es de 48V necesitaremos líneas de 24 unidades de baterías en serie de 2V.

Capacidad de baterías = 14.548,05/4líneas en paralelo = 3.637Ah

Type	C ₆ 1.75 Vpc	C ₁₀ 1.80 Vpc	C ₁₂ 1.80 Vpc	C ₂₄ 1.80 Vpc	C ₄₈ 1.80 Vpc	C ₇₂ 1.80 Vpc	C ₁₀₀ 1.85 Vpc	C ₁₂₀ 1.85 Vpc	C ₂₄₀ 1.85 Vpc
OPzS Solar 190	122	132	134	145	165	175	185	190	200
OPzS Solar 245	159	173	176	190	215	230	240	245	260
OPzS Solar 305	203	220	224	240	270	285	300	305	320
OPzS Solar 380	250	273	277	300	330	350	370	380	400
OPzS Solar 450	296	325	330	355	395	420	440	450	470
OPzS Solar 550	353	391	398	430	480	515	540	550	580
OPzS Solar 660	422	469	477	515	575	615	645	660	695
OPzS Solar 765	492	546	555	600	670	710	750	765	805
OPzS Solar 985	606	700	710	770	860	920	970	985	1035
OPzS Solar 1080	669	773	784	845	940	1000	1055	1080	1100
OPzS Solar 1320	820	937	950	1030	1150	1230	1295	1320	1385
OPzS Solar 1410	888	1009	1024	1105	1225	1305	1380	1410	1440
OPzS Solar 1650	1024	1174	1190	1290	1440	1540	1620	1650	1730
OPzS Solar 1990	1218	1411	1430	1550	1730	1850	1950	1990	2090
OPzS Solar 2350	1573	1751	1770	1910	2090	2200	2300	2350	2470
OPzS Solar 2500	1667	1854	1875	2015	2215	2335	2445	2500	2600
OPzS Solar 3100	2080	2318	2343	2520	2755	2910	3040	3100	3250
OPzS Solar 3350	2268	2524	2550	2740	2985	3135	3280	3350	3520
OPzS Solar 3850	2592	2884	2915	3135	3430	3615	3765	3850	4040
OPzS Solar 4100	2775	3090	3125	3355	3650	3840	4000	4100	4300
OPzS Solar 4600	3099	3451	3490	3765	4100	4300	4500	4600	4850

Ilustración 19. Capacidades de las baterías según ficha técnica.

Elegimos una batería de tipo: “Batería OPzS 24V 3.850Ah Transparente Tudor-Exide”, colocando 4 líneas de baterías en paralelo obtendremos una capacidad total de:

En la tabla de características tiene una capacidad de:

$$C_{72}=3.615\text{Ah} \quad \text{y} \quad C_{120}=3.765\text{Ah}$$

Nosotros buscamos la C₉₆, que por interpolación tiene una capacidad de:

$$C_{96}=3615 + \frac{(3.765-3.615) \times (96-72)}{(100-72)} = 3615 + (150 \times 0,857) = 3.743,55$$

Valor un poco superior a los 3.637Ah que necesitamos. Por lo que tendremos en realidad un poco más de 4 días de autonomía:

$$\text{Días de autonomía} = 3.743,55 \times 4 \times 0,7 / 2.545,91 = 4,12 \text{ días}$$

$$\text{Para } C_{96} = 14.974,2 > 14.548,05.$$

$$\text{N}^\circ \text{ de celdas de 2V necesarias} = 4 \text{ líneas} \times 24 \text{ celdas de 2V} = 96 \text{ celdas de 2V}$$

7.3.2. Opción B (5 días de autonomía):

La autonomía para la instalación esta vez, la he fijado en 5 días ya que es un tiempo razonable para este tipo de instalación. Si se produjese algún problema en las placas, muchos días nublados o algún problema técnico, éstas tendrían un margen de actuación de 5 días hasta resolver el problema:

C batería = 5 días x 24 h/día = 120 -> C120

	Consumo (Ah/día)	Prof. Descarga	días autonomía	Cmes diseño(Ah)
ENE	2.067,16	0,7	5	14.765,41
FEB	2.067,16	0,7	5	14.765,41
MAR	1.996,83	0,7	5	14.263,07
ABR	2.124,97	0,7	5	15.178,34
MAY	2.187,73	0,7	5	15.626,64
JUN	2.417,77	0,7	5	17.269,79
JUL	2.545,91	0,7	5	18.185,06
AGO	2.545,91	0,7	5	18.185,06
SEP	2.315,87	0,7	5	16.541,91
OCT	2.124,97	0,7	5	15.178,34
NOV	2.062,21	0,7	5	14.730,05
DIC	2.067,16	0,7	5	14.765,41

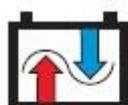
Calculamos la batería de C120:

Type	C ₆ 1.75 Vpc	C ₁₀ 1.80 Vpc	C ₁₂ 1.80 Vpc	C ₂₄ 1.80 Vpc	C ₄₈ 1.80 Vpc	C ₇₂ 1.80 Vpc	C ₁₀₀ 1.85 Vpc	C ₁₂₀ 1.85 Vpc	C ₂₄₀ 1.85 Vpc
OPzS Solar 190	122	132	134	145	165	175	185	190	200
OPzS Solar 245	159	173	176	190	215	230	240	245	260
OPzS Solar 305	203	220	224	240	270	285	300	305	320
OPzS Solar 380	250	273	277	300	330	350	370	380	400
OPzS Solar 450	296	325	330	355	395	420	440	450	470
OPzS Solar 550	353	391	398	430	480	515	540	550	580
OPzS Solar 660	422	469	477	515	575	615	645	660	695
OPzS Solar 765	492	546	555	600	670	710	750	765	805
OPzS Solar 985	606	700	710	770	860	920	970	985	1035
OPzS Solar 1080	669	773	784	845	940	1000	1055	1080	1100
OPzS Solar 1320	820	937	950	1030	1150	1230	1295	1320	1385
OPzS Solar 1410	888	1009	1024	1105	1225	1305	1380	1410	1440
OPzS Solar 1650	1024	1174	1190	1290	1440	1540	1620	1650	1730
OPzS Solar 1990	1218	1411	1430	1550	1730	1850	1950	1990	2090
OPzS Solar 2350	1573	1751	1770	1910	2090	2200	2300	2350	2470
OPzS Solar 2500	1667	1854	1875	2015	2215	2335	2445	2500	2600
OPzS Solar 3100	2080	2318	2343	2520	2755	2910	3040	3100	3250
OPzS Solar 3350	2268	2524	2550	2740	2985	3135	3280	3350	3520
OPzS Solar 3850	2592	2884	2915	3135	3430	3615	3765	3850	4040
OPzS Solar 4100	2775	3090	3125	3355	3650	3840	4000	4100	4300
OPzS Solar 4600	3099	3451	3490	3765	4100	4300	4500	4600	4850

Ilustración 20. Capacidades de las baterías según ficha técnica.

Elegimos el modelo: C120 “2V OPzS solar 4.600” que tiene una capacidad de 4600Ah.

Un factor muy importante también son los ciclos de descarga y la profundidad de descarga. Los cálculos se han realizado para un factor de descarga del 70%. Esta batería tiene más de 3000 ciclos de descarga muy por encima de la media que esta sobre 1500 y 2000 ciclos de descarga por otra parte los cálculos realizados están sobredimensionados por eso se prevé que las baterías pasen de ese factor de descarga muy pocas veces a lo largo de su vida útil, esto produce que no se dañen y tengan una vida aproximada de 15 Años. Más adelante explicaré que el regulador también toma un papel importante en la vida de las baterías.



up to 3000*+
cycles at
60 % depth
of discharge

Al tener módulos de baterías de 2V cada uno y tener una tensión en la instalación de 48V necesitaremos líneas de 24 unidades de elementos en serie de 2V.

Nº Líneas baterías = $18.185,06/4600 = 3,953 \approx 4$ líneas de baterías en paralelo.

Colocando 4 baterías en paralelo obtendremos una capacidad total de:

$$Ah_{4p} = 4 \times 4600 = 18.400Ah > 18.185,06 Ah$$

Nº de celdas de 2V necesarias = 4 líneas x 24 celdas de 2V = 96 celdas de 2V

Elección de la opción:

Una vez conocidas las dos opciones estudiadas, analizamos los pros y contras.

Días de autonomía: 4 frente a 5.

Precio:		
Opción A	96 unidades x 655,12€	62.891,52€
Opción B	96 unidades x 716,34€	68.768,40€

Podemos ver que la Opción B es 5.877,12€ más cara.

Pero en este caso lo barato puede salir caro puesto que estamos trabajando con baterías en las que los ciclos de descarga van relacionados con la profundidad de descarga por lo tanto cuanto mayor sea la capacidad de las baterías mayor será su vida útil y por lo tanto habrá que reemplazarlas menos veces durante la vida de la instalación. Por lo tanto como la diferencia es poquita en relación al precio total. Me decanto por la Opción B.



Ilustración 21 baterías “2V OPzS solar 4.600”

7.4. Regulador de Carga:

Antes de empezar en el cálculo del regulador, daré un breve repaso a los 2 tipos de reguladores que existen:

1.-El regulador de carga PWM (modulación por ancho de pulsos), actúa cortando el paso de energía entre los paneles solares y la batería cuando ésta tiene una carga completa siempre y cuando el voltaje en los paneles solares y en las baterías sea el mismo. Trabaja sobre todo en instalaciones con una potencia baja puesto que no soportan gran amperaje ni grandes potencias de las placas.

2.-Los reguladores de carga MPPT, además de cortar el paso de corriente de los paneles solares cuando la batería se encuentra a plena carga, es capaz de adaptar el voltaje de salida del panel solar al voltaje de la batería. En el anterior caso, el regulador MPPT utilizaría los 14 voltios para el suministro y los otros 2 para la carga de la batería mediante la regulación de la intensidad. Esto permite reducir las pérdidas comparadas con un regulador PWM en un 30%.

Todos los reguladores de carga MPPT presentan 3 limitaciones muy importantes a considerar:

1.-La potencia máxima de los paneles, es decir, cada regulador nos va a limitar la cantidad de W que suman todos los paneles que tenemos en nuestro sistema.

2.-Los amperios de entrada desde los paneles, nunca deberemos superar los amperios máximos del regulador de carga.

3.-El voltaje de entrada, los reguladores MPPT tienen un voltaje de entrada más grande que el de los reguladores de carga PWM, de manera que nos permite tener en serie varios paneles solares.

El regulador de carga, se sitúa entre los paneles y la batería y es el encargado de controlar la tensión e intensidad con la que se cargan las baterías, es una pieza clave, ya que es el que va a cuidar de la batería y, de este modo, alargar su vida útil. La avanzada tecnología de estos reguladores de carga permiten adaptarse de forma automática a las distintas condiciones que marca la batería y acotar los límites de carga y descarga de baterías.

Una vez sabemos el tipo de Regulador que necesitamos (MPPT) buscamos diferentes opciones:

7.4.1. Opción A:

A la hora de calcular el regulador, debemos conocer la I pico de las placas:

$$I_{\text{pico regulador}} = I_{\text{pico placa}} \times N^{\circ} \text{ líneas paralelo} = 8,56 \times 81 = 693,36 \text{ A}$$

En cuanto al equipo de reguladores, deben ser capaces de soportar la intensidad pico de las placas 693,36A.

Escogemos un regulador “Regulador maximizador MPPT Ecosolar 60A 48V con pantalla”, una vez elegido podemos calcular el número de líneas en paralelo de placas por regulador que van hacer falta:

$$N^{\circ} \text{ líneas por regulador} = \frac{60 \text{ A}}{8,56 \text{ A}} = 7 \text{ líneas por regulador}$$

Puesto que tenemos 81 líneas de paneles en paralelo, el número de reguladores es:

$$N^{\circ} \text{ reguladores} = \frac{81}{7} = 11,57 \approx 12 \text{ reguladores}$$

Por lo tanto 9 reguladores tendrán 7 líneas de paneles en paralelo con un total de 14 placas cada una y los otros 3 reguladores tendrán 6 líneas en paralelo que hacen un total de 12 placas cada una.

Una vez sabemos esto debemos tener en cuenta las limitaciones que presentan estos reguladores.

Limitaciones del Regulador	
Potencia de los paneles	3200W
Amperios de entrada	60 A
Voltaje de entrada	48V

Teniendo en cuenta las limitaciones del regulador vamos a ver si la disposición de placas anterior las puede soportar el regulador.

La potencia que soporta de los paneles es 3200W y con la disposición anterior debería de soportar:

$$14 \text{ placas} \times 320 \text{ W} = 4.480 \text{ W} > 3.200 \text{ W}$$

$$12 \text{ placas} \times 320 \text{ W} = 3.840 \text{ W} > 3.200 \text{ W}$$

Estos valores están por encima de los límites del regulador por lo que tenemos que cambiar la disposición de los paneles.

Calculamos el número de placas que puede soportar el regulador:

$$N^{\circ} \text{ de líneas de placas} = \frac{3.200 \text{ W}}{640 \text{ W}} = 5 \text{ líneas en paralelo.}$$

$$N^{\circ} \text{ total de reguladores} = \frac{81}{5} = 16,2 \approx 17 \text{ Reguladores}$$

I regulador= N° líneas de placas en paralelo x In=5 x 8,56= 42.8A<60A

Trabajando con 17 Reguladores cumpliremos las limitaciones del regulador puesto que trabajará con menos de 3.200W, menos de 60A y con una tensión de 48V.

7.4.2. Opción B

Para la opción B vamos a elegir un Regulador más potente, un regulador de 100A pico “Regulador MPPT 150V 100A Victron Smart Solar”.

$$\text{N}^\circ \text{ líneas por regulador} = \frac{100A}{8,56 A} = 11 \text{ líneas por regulador}$$

Una vez sabemos esto debemos tener en cuenta las limitaciones que presentan estos reguladores.

Limitaciones del Regulador	
Potencia de los paneles	5.800W
Amperios de entrada	100 A
Voltaje de entrada	48V

Teniendo en cuenta que el regulador no debe soportar más de 5.800W, calculamos la potencia para 11 líneas en paralelo de paneles:

$$\text{Potencia en paneles} = 11 \times 2 \times 320W = \mathbf{7040W > 5800W}$$

Como no pasa la primera limitación vamos a calcular cuantas placas puede soportar el regulador:

$$\text{N}^\circ \text{ placas por regulador: } 5800W/320W = 18,125 \approx 18 \text{ placas}$$

$$\text{Potencia} = 18 \times 320W = 5760W < 5800W$$

$$\text{N}^\circ \text{ de reguladores} = 81/9 = 9 \text{ Reguladores}$$

Teniendo en cuenta que la Vn de las placas es de 24V también cumple el voltaje de entrada de 48V, puesto que tenemos dos paneles de 24V en serie.

Ahora calculamos la intensidad que tendrá que soportar el regulador.

$$\text{I regulador} = \text{N}^\circ \text{ líneas de placas en paralelo} \times \text{In} = 9 \times 8,56 = 77.04 A < 100A$$

Elegimos esta última opción porque el nº de reguladores se reduce de 17 a 9 y esto hace que la instalación ocupe menos espacio (esto no es un problema puesto que tenemos espacio de sobra, pero sí que facilita la instalación) y sobretodo centrándonos en las características de este último regulador la vida de las baterías la mejoraremos puesto que tienen una tecnología puntera a la hora de trabajar con las baterías.



Ilustración 22. Regulador “Regulador MPPT 150V 100A Victron Smart Solar”

7.5. Inversor

El inversor es el encargado de convertir la tensión continua procedente de las baterías en una tensión alterna senoidal, similar a la que nos proporciona la red eléctrica. Los inversores solares abarcan tensiones de entrada de 12V, 24V o 48V cuando se utilizan en instalaciones aisladas de la red eléctrica.

Los inversores solares para instalaciones aisladas los podemos clasificar en 4 tipos: inversores de onda senoidal pura, inversores de onda modificada, inversor híbridos e inversores cargadores.

Para nuestra instalación elegimos un inversor de onda senoidal pura, estos generan una energía eléctrica senoidal, de la misma calidad que genera la red eléctrica convencional. No requieren de mantenimiento especial. Para la compatibilidad del inversor solar y la batería, es muy importante que se tenga en cuenta que solo se podrá conectar un inversor y una batería con el mismo voltaje, en nuestro caso a 48V para mejor rendimiento de la instalación.

El inversor tendrá una potencia máxima que será la suma de potencias instantáneas totales. Para este cálculo debemos predecir que aparatos pueden estar funcionando a la vez y sumar las potencias.

Una opción posible que ofrece ventajas de seguridad de funcionamiento es dividir la explotación en 3 zonas y que cada zona tenga un inversor para que, en caso de fallo de uno de ellos quede otro para garantizar el suministro de las naves, sin más que cambiar las conexiones de salida.

Por ello he elegido un inversor modelo "Inversor-Victron-Phoenix 5.000VA"

Es un inversor compacto que es el responsable de convertir la corriente continua de 48V que producen los paneles y almacenan las baterías a corriente alterna monofásica o trifásica.

Utiliza tecnología de alta frecuencia para que el rendimiento sea máximo y la calidad de la onda sinusoidal sea óptima, para los requisitos de la granja es perfecto puesto que tiene una potencia de arranque instantánea por lo que se le pueden alimentar cargas difíciles, como compresores, motores eléctricos y aparatos similares.

Además tiene una Interfaz para el ordenador donde te permite mediante una aplicación móvil personalizar todos los parámetros de los inversores como pueden ser: la tensión y la frecuencia de salida, los ajustes de sobretensión o subtensión y la programación del relé.

Para el cálculo del inversor hay que tener en cuenta que existe elementos eléctricos indispensables para la explotación como: los motores de comida, la bomba de agua, la ventilación... y elementos que no lo son tanto como por ejemplo: la caseta, la iluminación interior, iluminación exterior...

Por lo tanto dividimos la granja en 3 grupos:

El primer grupo está compuesto por la casa con una potencia estándar de 4 kW pero como este inversor también alimenta a la luz exterior le sumamos 1,2 kW.

4kW caseta + 1,2 kW luz exterior= 5,2kW

Viendo este valor, redondeamos a un inversor de 4kW ya que cuando la luz exterior este encendida, en la caseta no habrá nadie porque los trabajos se realizan de día, además de que la luz exterior solo funciona cuando los sensores detectan movimiento iluminando la granja por zonas, por lo que si se diera el caso de que alguien trabaja por la noche, si se enciende la luz exterior quiere decir que en la caseta no se consume los 4kW. En este caso el cálculo del inversor está por encima de las necesidades eléctricas.

El segundo grupo está compuesto por el equipo de potencia que son motores de alimentación, el motor de agua, nebulizadores, sistema de limpieza:

Kit inversor 2 = 7,5kW motor de agua + 5,88kW motor de comida + 5.88kW nebulizadores + 8,1kW sistema de limpieza = 27,36kW

Sabiendo este valor y teniendo en cuenta que la bomba como máximo funciona 3,33h al día elegimos 6 inversores de 4kW trifásico que hacen una potencia total de 24kW por lo tanto los motores funcionarán cuando la bomba de agua este parada. Otro factor a tener en cuenta es que el sistema de limpieza funciona solo 1 a la vez (1 operario) y que las ventanas se ponen en funcionamiento muy pocas veces al día además que pueden esperar a que baje el consumo para ponerse en marcha, ya que existen otros elementos para bajar la temperatura y airear la granja como pueden ser los nebulizadores y los ventiladores

Para el cálculo de la potencia instantánea en el resto de las 4 naves, tenemos en cuenta que el inversor suministrará a: las ventanas, luz interior y ventiladores, por lo tanto calculamos:

Kit Inversor 3 = 2.8kW (Ventiladores) + 1.9kW (iluminación) + 2,1kW ventanas = 6,8kW

Sabiendo la potencia instalada máxima que puede alcanzar, calculamos los inversores de la siguiente forma:

Elegimos 2 inversores, con una potencia de 4kW cada uno que hacen una potencia total de 8 kW.

Total inversores: 9 inversores de 4kW

Conexión entre inversores:

Los modelos Victron Phoenix 1600, 2000, 3000 y 5000 tienen la opción de conexión en paralelo. Se pueden conectar entre si hasta 6 unidades multiplicando la potencia nominal del inversor. También es posible su configuración para funcionamiento trifásico.



Ilustración 23 Inversor “Inversor-Victron-Phoenix 5.000VA”

7.6. Cableado:

Todo el cableado cumplirá con lo establecido en la legislación vigente.

Los conductores necesarios tendrán la sección adecuada para reducir las caídas de tensión y los calentamientos. Concretamente, para cualquier condición de trabajo, los conductores deberán tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior, incluyendo cualquier terminal intermedio, al 1,5 % a la tensión nominal continua del sistema.

Se incluirá toda la longitud de cables necesaria (parte continua y/o alterna) para cada aplicación concreta, evitando esfuerzos sobre los elementos de la instalación y sobre los propios cables.

Los positivos y negativos de la parte continua de la instalación se conducirán separados, protegidos y señalizados (códigos de colores, etiquetas, etc.) de acuerdo a la normativa vigente.

Los cables de exterior estarán protegidos contra la intemperie.

Voy a calcular la sección de cable que necesitamos para la instalación. Para ello debemos siempre tener en cuenta la reglamentación existente. En nuestro caso consideramos la REBT en España. Por tanto, averiguar la sección de un cable consiste en calcular la sección mínima normalizada que satisface simultáneamente las tres condiciones siguientes:

- Criterio de la intensidad máxima admisible o de calentamiento.
- Criterio de la caída de tensión.
- Criterio de la intensidad de cortocircuito.

Procedemos entonces a calcular la sección del cable necesario para la conexión de cada equipo:

Para toda la instalación vamos a utilizar un cable tipo PV ZZ-F, de cobre, fabricado especialmente para instalaciones fotovoltaicas, pues son cables unipolares con doble aislamiento y con una gran resistencia a la intemperie, que están especialmente concebidos para este tipo de proyectos.



Ilustración 24. Cable solar PV ZZ

Para toda la parte de corriente continua, dispondremos lógicamente de dos cables (uno para el polo positivo, otro para el negativo) y ambos del tipo PV ZZ-F mencionado.

Los cables serán no propagadores del incendio y con emisión de humos y opacidad reducida.

Material	γ_{20}	γ_{70}	γ_{90}
Cobre	56	48	44
Aluminio	35	30	28
Temperatura	20°C	70°C	90°C

Ilustración 25. Tabla de conductividad de cables eléctricos

La fórmula general para el cálculo de sección de cable para continua es:

$$S = \frac{2 * L * I}{\gamma * (VA - VB)} = \frac{2 * L * I}{56 * (VA - VB)}$$

Debemos hacer mención a esta última variable de la caída de tensión máxima admisible y tomar en cuenta cuales son, según el IDAE, las recomendaciones según el subsistema a analizar:

Subsistema	Caída de tensión máxima	Recomendada
Panel-Regulador	3%	1%
Regulador-Baterías	1%	0,5%
Baterías-Inversor	1%	1%

7.6.1. Cable paneles caja de conexiones:

Tenemos 20 metros de distancia entre los módulos solares y la caja de conexiones de continua, por tanto, y cumpliendo el pliego de condiciones técnicas del IDAE para sistemas aislados que nos indica que desde el campo de paneles hasta el regulador puedo tener una caída máxima de hasta 3% calculamos:

Suponemos una caída de tensión de 1 %, es decir, 1 % de la tensión de trabajo 48 V (tensión del sistema de baterías) y la intensidad que circulará como máximo en cada, será la de un panel (Isc), que para nuestro caso es:

8,56 A

Así pues, trasladando esos datos a la fórmula general, tenemos:

$$S = (2 * 20 * 8,56) / 56 * 0,48 = 12.74 \text{ mm}^2.$$

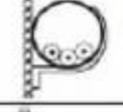
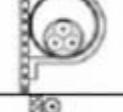
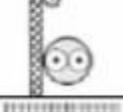
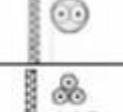
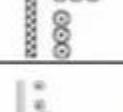
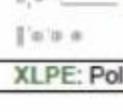
Tendríamos que elegir entonces la sección inmediatamente superior a la calculada que coincida con alguna de las secciones estándar que se comercializan, por lo que consultamos la tabla 4 de secciones de cables de cobre comerciales:

Cobre	mm ²
	1,5
2,5	
4	
6	
10	
16	
25	
35	
50	
70	
95	
120	
150	
185	
240	
300	

Ilustración 26 Tabla de secciones comerciales de cable de cobre

Por lo tanto, en nuestro caso, utilizaremos la sección de cable estándar de **16 mm²**.

A continuación, antes de aplicar el criterio de intensidad máxima admisible para la sección calculada de 120 mm², mostramos la tabla de intensidades máximas admitidas por la norma UNE 20.460-5-523 a la que hace referencia la Tabla A, de la Guía ITC-BT 19 :

Instalación de referencia			Tabla y columna			
			Intensidad admisible para los circuitos simples			
			Aislamiento PVC		Aislamiento XLPE-EPR	
			Número de conductores			
			2	3	2	3
	Conductores aislados en un conducto en una pared térmicamente aislante	A1	columna 4	columna 3	columna 7	columna 6
	Cable multiconductor en un conducto en una pared térmicamente aislante	A2	columna 3	columna 2	columna 6	columna 5
	Conductores aislados en un conducto sobre una pared de madera/ mamp.	B1	columna 6	columna 5	columna 10	columna 8
	Cable multiconductor en un conducto sobre una pared de madera/map.	B2	columna 5	columna 4	columna 8	columna 7
	Cables unipolares; o multipolares sobre una pared de madera/manp.	C	columna 8	columna 6	columna 11	columna 9
	Cable multiconductor en conductos enterrados	D	columna 3	columna 4	columna 5	columna 6
	Cable multiconductor al aire libre. Distancia al muro \geq a 0,3 veces ϕ del cable	E	columna 9	columna 7	columna 12	columna 10
	Cables unipolares en contacto al aire libre Distancia al muro \geq ϕ del cable	F	columna 10	columna 8	columna 13	columna 11
	Cables unipolares espaciados al aire libre Distancia entre ellos \geq el ϕ del cable	G	—	Ver UNE 20460-5-523	—	Ver UNE 20460-5-523

XLPE: Polietileno reticulado (90 °) • EPR: Etileno-propileno (90 °) • PVC: Policloruro de vinilo (70 °)

Ilustración 27. Tabla de intensidades máximas admisibles

Método de instalación	Número de conductores cargados y tipo de aislamiento											
		PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2						
A1		PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2						
A2	PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2							
B1				PVC3	PVC2		XLPE3		XLPE2			
B2			PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2					
C					PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2		
E						PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2	
F							PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
S (mm ²)												
Cobre												
1.5	11	11.5	13	13.5	15	16	16.5	19	20	21	24	-
2.5	15	16	17.5	18.5	21	22	23	26	26.5	29	33	-
4	20	21	23	24	27	30	31	34	36	38	45	-
6	25	27	30	32	36	37	40	44	46	49	57	-
10	34	37	40	44	50	52	54	60	65	68	76	-
16	45	49	54	59	66	70	73	81	87	91	105	-
25	59	64	70	77	84	88	95	103	110	116	123	140
35	-	77	86	96	104	110	119	127	137	144	154	174
50	-	94	103	117	125	133	145	155	167	175	188	210
70	-	-	-	149	160	171	185	199	214	224	244	269
95	-	-	-	180	194	207	224	241	259	271	296	327
120	-	-	-	208	225	240	260	280	301	314	348	380
150	-	-	-	236	260	278	299	322	343	363	404	438
185	-	-	-	268	297	317	341	368	391	415	464	500
240	-	-	-	315	350	374	401	435	468	490	552	590
Aluminio												
2.5	11.5	12	13.5	14	16	17	18	20	20	22	25	
4	15	16	18.5	19	22	24	24	26.5	27.5	29	35	
6	20	21	24	25	28	30	31	33	36	38	45	-
10	27	28	32	34	38	42	42	46	50	53	61	-
16	36	38	42	46	51	56	57	63	66	70	83	-
25	46	50	54	61	64	71	72	78	84	88	94	105
35	-	61	67	75	78	88	89	97	104	109	117	130
50	-	73	80	90	96	106	108	118	127	133	145	160
70	-	-	-	116	122	136	139	151	162	170	187	206
95	-	-	-	140	148	167	169	183	197	207	230	251
120	-	-	-	162	171	193	196.5	213	228	239	269	293
150	-	-	-	187	197	223	227	246	264	277	312	338
185	-	-	-	212	225	236	259	281	301	316	359	388
240	-	-	-	248	265	300	306	332	355	372	429	461
Cu: $\rho_{20^\circ} = 1/56$	Al: $\rho_{20^\circ} = 1/35$			$\rho_{70^\circ} = 1,2 \cdot \rho_{20^\circ}$				$\rho_{90^\circ} = 1,28 \cdot \rho_{20^\circ}$				
B: $5 \cdot I_n$	C: $10 \cdot I_n$	D: $20 \cdot I_n$	K = $I \cdot \sqrt{t/S}$	Cu: 115 / 103			Al: 76 / 68			Cu: 143		Al: 94

Ilustración 28. Tabla de intensidades máximas admisibles

En nuestro caso, suponemos, que el cableado está en contacto al aire libre "Tipo F", y al ser dos terminales (PV-ZZ) de cable unipolar con aislamiento PVC, estaríamos en el caso de "columna 10".

Así pues, si buscamos en la ilustración 28, de corrientes máximas admisibles, para Cobre (Cu) con sección 16 mm^2 , la "columna 10" nos indica que la corriente máxima admisible es de 87 Amperios. Muy por debajo de los 8.56 A que circularían por nuestro subsistema desde cada rama de paneles hasta la caja de conexiones de continua, por lo que cubrimos con creces ese criterio.

Por último, para comprobar el criterio de corriente de cortocircuito, comprobamos a la temperatura a la que está trabajando el cable:

$$T = T_o + (T_{\text{máx.}} - T_o) * (I / I_{\text{máx.}})$$

La temperatura ambiente suponemos 20° C , y la corriente que circula, al estar los paneles solares conectados en serie, es la máxima de un panel (I_{sc}), en nuestro caso 8.56 A.

$$T = 20 + (90 - 20) * (8.56 / 87) = 20 + (70 * 0,098) = 26,88 \text{ C.}$$

Como la temperatura es muy similar a la que nosotros tomamos (20° C), no afecta a la conductividad del cobre con lo cual el valor obtenido es correcto.

7.6.2. Cable caja de conexiones-regulador:

Suponemos que tenemos una distancia de 5 metros entre la caja de conexiones de continua hasta el regulador de carga, por tanto:

Suponemos una caída de tensión de 1 % (Tabla 3), es decir, 1 % de la tensión de trabajo 48 V, para nuestro caso obtenemos 0,48 V y la intensidad que circulará como máximo será la de los 9 grupos de paneles (cada grupo o "string" tiene 2 paneles en serie) por la corriente de un panel (I_n), por lo que, para nuestro caso, sería:

$$8,56 \text{ A} \times 9 = 77,05 \text{ A.}$$

Por tanto, para calcular la sección:

$$S = 2 * L * I / 56 * (V_A - V_B)$$

$$S = (2 * 5 * 77,05) / 56 * 0,48 = 28,66 \text{ mm}^2$$

Consultamos la Tabla 4, y utilizaremos, por tanto, una sección inmediatamente superior, es decir, **35 mm²**.

Comprobamos a la temperatura que está trabajando el cable:

$$T = T_o + (T_{\text{máx.}} - T_o) \times (I / I_{\text{máx.}})$$

La temperatura ambiente suponemos 20° C , y la corriente que circula en nuestro caso 48 A.

$$T = 20 + (90 - 20) * (77,05 / 137) = 20 + (70 * 0,56) = 59,36^\circ \text{ C.}$$

7.6.3. Cable del regulador hasta las baterías

Suponemos que tenemos 5 metros de distancia, con lo cual:

Cumpliendo el Pliego de Condiciones Técnicas del IDAE para Sistemas Aislados, indicado en la Tabla 3, desde el regulador de carga hasta la batería puedo tener una caída máxima de hasta 1%.

Suponemos una caída de tensión de 1 %, es decir, 1 % de la tensión de trabajo 48 V, para nuestro caso obtenemos 0,48 V y la intensidad que circulará como máximo será la corriente máxima del campo de paneles 100 A.

$$S = (2 * 5 * 100) / 56 * 0,48 = 37,20 \text{ mm}^2.$$

Utilizaremos una sección de, **50 mm²**.

Comprobamos a la temperatura que está trabajando el cable:

$$T = T_o + (T_{\text{máx.}} - T_o) \times (I / I_{\text{máx.}})$$

La temperatura ambiente suponemos 20° C, la corriente que circula es nuestro caso 48 A.

$$T = 20 + (90 - 20) * (100 / 167) = 20 + (70 * 0,6) = 62° \text{ C.}$$

Como la temperatura es muy distinta a la tomada por nosotros, influye en la conductividad del cobre con lo cual vamos a realizar el cálculo de la sección de nuevo para una conductividad del cobre de 51.

$$S = (2 * 5 * 100) / 51 * 0,96 = 20,42 \text{ mm}^2.$$

Con lo cual, aun así, la sección utilizada es válida.

7.6.4. Conexiones baterías con el inversor:

Las baterías Opzs irán conectadas con un terminal crimpado especial para dichas baterías, en la imagen siguiente tenemos un ejemplo, estas conexiones requieren de una llave fija para poder apretar el terminal.



Ilustración 29 Terminal crimpado para baterías OPZS.

De este terminal saldrá un cable que se unirá a otro terminal con el fin de conectar las baterías de la forma indicada en el trabajo.



Ilustración 30. Cable conexión baterías.

Una vez unidos los cables de las baterías ira a una caja de conexiones que se encuentra a 1 metro de las baterías:

Cumpliendo el Pliego de Condiciones Técnicas del IDAE para Sistemas Aislados, indicado en la Tabla 3, desde la batería hasta los inversores puedo tener una caída máxima de hasta 1%.

Suponemos una caída de tensión de 1 %, es decir, 1 % de la tensión de trabajo 48 V, para nuestro caso obtenemos 0,48 V y la intensidad que circulará como máximo será la corriente máxima del campo de paneles 750 A.

$$S = (2 * 1 * 750) / 56 * 0,48 = 55,0.8 \text{ mm}^2.$$

Utilizaremos una sección estándar, es decir, **70 mm²**.

Una vez la caja de conexiones ya se dividirá en 9 conductores que alimentaran a los 9 Inversores con un cable que soporte 100 A

$$S = 50\text{mm}^2$$

7.6.5. Conexión paneles solares:

Las placas se conectarán entre sí con un conector MC4 macho hembra como el de la ilustración siguiente. Cada grupo de placas irán conectadas a un



Ilustración 31. Conectores MC4 macho y hembra

Cada grupo de placas irán conectadas a un cuadro de conexiones "CUADRO 20 STRINGS - STC10 100A (ACCCAC0009", los cables de las placas son de una sección de 16mm² y saldrá un cable de 35mm² al regulador.



Ilustración 32. Repartidor LEGRAND conexión Paralelo Módulos 100A

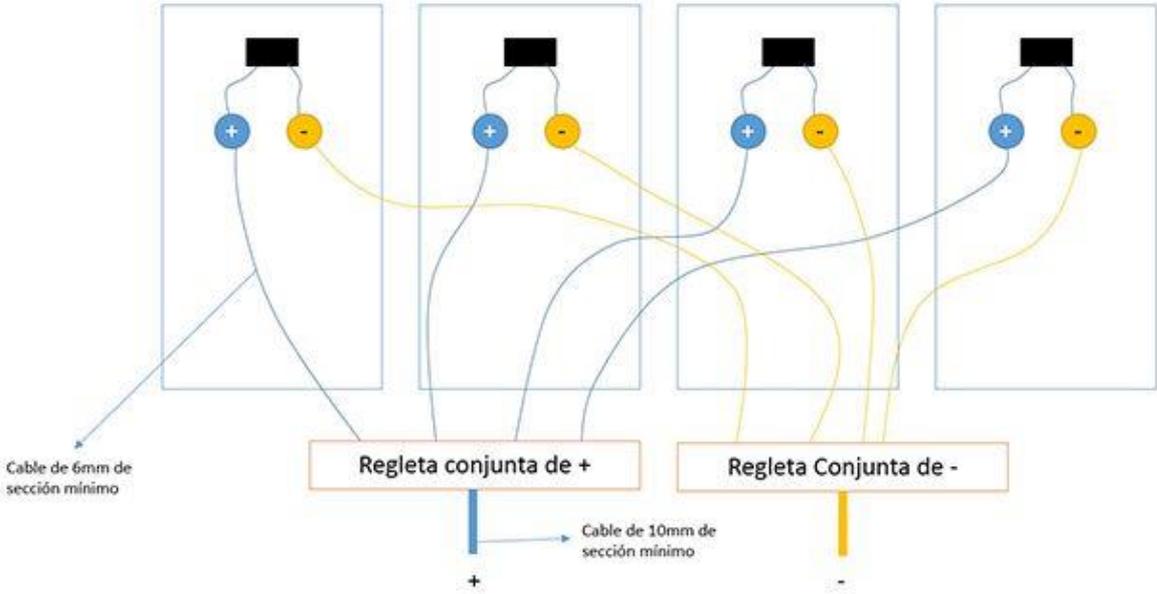


Ilustración 33 Conexiones del Repartidor.

7.7. Protecciones y puesta a tierra

El sistema de protecciones asegurará la protección de las personas frente a contactos directos e indirectos. En caso de existir una instalación previa no se alterarán las condiciones de seguridad de la misma.

Todas las instalaciones con tensiones nominales superiores a 48 voltios contarán con una toma de tierra a la que estará conectada, como mínimo, la estructura soporte del generador y los marcos metálicos de los módulos, aunque no es obligado puesto que la tensión no es superior a 48V, la instalación tiene puesta a tierra, esta se instalará en la base de los pórticos que forman la estructura de anclaje de los paneles, se instalarán unas piquetas al suelo con 0.5m de profundidad.

La instalación estará protegida frente a cortocircuitos, sobrecargas y sobretensiones. Se prestará especial atención a la protección de la batería frente a cortocircuitos mediante un fusible, disyuntor magnetotérmico u otro elemento que cumpla con esta función.

Para que la instalación sea segura y se puedan realizar trabajos de mantenimiento, pondremos un magnetotérmico Bipolar de 100 A con poder de corte de hasta 10kA.

Entre las cajas de conexiones de cada grupo de Paneles Fotovoltaicos y los reguladores.

Entre la caja de conexiones de las baterías con los inversores.



Ilustracion34 Magnetotérmico Bipolar 10 KA Industrial.

8. Mantenimiento

A continuación voy a definir todas las operaciones necesarias durante la vida útil de la instalación, para asegurar el funcionamiento, aumentar la producción y prolongar la duración de la misma:

El mantenimiento debe realizarse por personal técnico cualificado bajo la responsabilidad de la empresa instaladora.

8.1. Plan de mantenimiento preventivo:

Este mantenimiento cubre: operaciones de inspección visual, verificación de actuaciones y otras, que aplicadas a la instalación deben permitir mantener, dentro de límites aceptables, las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de la instalación. Este mantenimiento se realizara como mínimo, 2 veces al año.

- Verificación del funcionamiento de todos los componentes y equipos.
- Revisión del cableado, conexiones, pletinas, terminales, etc.
- Comprobación del estado de los módulos: situación respecto al proyecto original, limpieza y presencia de daños que afecten a la seguridad y protecciones.
- Estructura soporte: revisión de daños en la estructura, deterioro por agentes ambientales, oxidación, etc.
- Baterías: nivel del electrolito, limpieza y engrasado de terminales, etc.
- Regulador de carga: caídas de tensión entre terminales, funcionamiento de indicadores, etc.
- Inversores: estado de indicadores y alarmas.
- Caídas de tensión en el cableado de continua.
- Verificación de los elementos de seguridad y protecciones: tomas de tierra, actuación de interruptores de seguridad, fusibles, etc.

8.2. Plan de mantenimiento correctivo:

Todas las operaciones de sustitución necesarias para asegurar que el sistema funcione correctamente durante su vida útil. Incluye:

- La visita a la instalación en los plazos indicados y cada vez que el usuario lo requiera por avería grave en la instalación.
- El análisis y presupuesto de los trabajos y reposiciones necesarias para el correcto funcionamiento de la misma.
- Los costes económicos del mantenimiento correctivo, con el alcance indicado, forman parte del precio anual del contrato de mantenimiento. Podrán no estar incluidas ni la mano de obra, ni las reposiciones de equipos necesarias más allá del período de garantía.

8.3. La garantía

La garantía incluye tanto la reparación o reposición de los componentes y las piezas que pudieran resultar defectuosas, asimismo, se debe incluir la mano de obra y materiales necesarios para efectuar los ajustes y eventuales reglajes del funcionamiento de la instalación.

9. Presupuesto de la instalación

El coste de la instalación lo calculamos a partir de los costes obtenidos en diferentes páginas web de venta, elegimos los precios de venta al público sin el IVA incluido.

9.1. Coste de los Paneles:

Para cálculos los costes de los paneles solares he investigado sobre numerosas web mandando correos puesto que no cuesta lo mismo comprar un panel solar que 162 paneles por lo que he conseguido un precio de 45,2 cent el Wpico que eso me sale un precio por panel de:

$$144,64\text{€} / 320\text{Wp} = 0.452\text{€ el Wpico}$$

$$162 \text{ unidades} \times 144,64\text{€} = 23.431,680\text{€}$$

Coste total de los paneles fotovoltaicos: 23.431,680€ Este precio es sin IVA.

9.2. Coste de los Acumuladores:

El precio de las baterías ya sabemos de antemano que es el componente más caro de la instalación por lo que indicando que necesitamos 96 celdas de 2V nos reducen el precio de 900€ a 698,30€ lo que hace un total de:

$$96 \text{ unidades} \times 698,30\text{€} = 67.036,80\text{€}$$

9.3. Coste de los reguladores de carga

El coste de los reguladores rondan los 720€, hablando con varias casas me dijeron que por la compra de 9 reguladores me podían hacer un precio especial de 649,80€ por cada regulador lo que hace un total de 5.848,20€.

9.4. Coste de los inversores

Partiendo de que un inversor de este modelo cuesta:1652€ me rebajan el precio a 1.334,50€ por inversor si compro 9 unidades por lo que el total suma: 12.010,50€

9.5. Coste de la caseta:

En este punto se describen brevemente las características que deberán tener las edificaciones destinadas a albergar los inversores, los transformadores, sus correspondientes cuadros y conexiones.

Se construirá una caseta para albergar: 96 celdas de 2V de baterías OPZ, 9 reguladores y 9 inversores dejando los espacios suficientes para su manipulación y para su correcta ventilación de acuerdo con las especificaciones del fabricante. Las medidas de la caseta se encuentra en los planos adjuntos.

El edificio estará formado por muros de bloque de hormigón tipo H de espesor "e = 20 cm", con armadura vertical y horizontal, para cumplir con el empuje que provoca la acción del viento y absorber las posibles tracciones. Existirá un suelo técnico de unos 30 cm de altura de tramex apoyado sobre pilares IPN80, así como aperturas laterales para facilitar el paso de los tubos. La cubierta será panel tipo sándwich sobre vigas IPN80, con chapa de 5 cm de espesor.

La cimentación consistirá en vigas de cimentación de 25 cm de lado bajo los muros de carga, y como solera una losa de hormigón armado de 25 cm de espesor, con armadura en ambas caras asentado sobre hormigón

Las paredes serán de bloque de hormigón relleno de 20 cm de grosor. La caseta dispondrá de una puerta de acceso y huecos de ventilación cruzados que permitan la aportación del caudal de aire limpio necesario.

La caseta dispondrá de un subcuadro para sus instalaciones interiores: alumbrado, toma de corriente auxiliar, además de todas las conexiones necesarias.



Ilustración 35 caseta.

Caseta de hormigón 4.000€

9.6. Coste de mano de obra y montaje

Para el montaje de la instalación se requiere de 2 operarios, uno cualificado que se encarga de la conexión y colocación de los componentes eléctricos y un obrero encargado de la obra y colocación de los elementos y estructuras.

La instalación se prevé montar en 15 días laborables por lo que calculamos un sueldo de 150€/días para operario cualificado y de 100€/día para el obrero con lo que hace un total de 3.750€ + desplazamientos = 5.000€

9.7. Coste de cables y elementos de protección:

Los costes de los cables y elemento de protección como fusibles y seccionadores se describen a continuación:

Descripción	Precio ud	Ud/metros	Precio total
REPARTIDOR LEGRAND CONEXIÓN PARALELO MÓDULOS 100A	22,86€	9	205,74€
MAGNETOTÉRMICO BIPOLAR 10 KA INDUSTRIAL	9,10€	18	163,80€
CABLE UNIFILAR 16 MM2 SOLAR PV ZZ-F ROJO	1,55	81x10m	1.255,5
CABLE DE CONDUCCIÓN, 35 mm ² , 450/750 V, 125 A, PVC, H07V-R	8,56€	9x5	385,2€
CABLE FLEXIBLE 1X70 mm ² RZ1-K 0,6/1 KV EXZHELLENT GENERAL CABLE	8.08€	1x1	8,08€
CABLE UNIFILAR 50 mm ² POWERFLEX RZ-1K	4,7€	9x4	169,20€
TOTAL:			2187,52€

9.8. Coste total de la instalación:

Placas:	162 unidades x 144,64€	=	23.431,68€
Baterías:	96 unidades x 698,30€	=	67.036,80€
Reguladores:	9 unidades x 649,80€	=	5.848,20€
Inversores:	9 unidades x 1.334,50€	=	12.010,50€
Caseta:	1 unidad x 4.000€	=	4.000,00€
<u>Cableado y protecciones</u>		=	<u>2.187,52€</u>
Subtotal I:		=	114.514,70€
IVA (21%)			
Subtotal II:		=	138.562,79€
Mano de obra	2 operarios (15 días)	=	5.000,00€
Total con IVA (21%)			143.562,79€

Se trata de un coste elevado. Es así debido a que no podemos coger un número menor de días de autonomía si queremos mantener la fiabilidad de la instalación, lo que lleva a una necesidad de baterías elevada.

A continuación he realizado el cálculo del Coste en Tanto por cien de los componentes eléctricos, para tener una orientación de que elementos son los que asumen mayor proporción a la hora de los costes de una instalación fotovoltaica aislada.

-Placas (20,73%), Baterías (57,33%), Reguladores (4,99%), Inversores (11,13%).

9.9. Coste del Wpico:

Un dato importante que sirve para verificar el coste de la instalación está situado en un valor razonable respecto a cómo se mueve el mercado es el coste por cada vatio pico instalado, es decir

Potencia instalada placas: 162 x 320W = 51.840W

$$\text{Coste } W_{\text{pico}} = \frac{\text{Coste total}}{n^{\circ} \text{placas} \times W_{\text{pico}} \text{ placas}} = \frac{114.514,70\text{€}}{51.840\text{W}} = 2,21\text{€}$$

Está en el rango esperado entre 2-4 € el Wp, este coste resulta significativo en cuanto a la situación actual. Hay que pensar que en 2010 esta misma instalación tenía un coste aproximado de 6,5€/Wp.

La disminución de precio ha sido muy importante. Y lo es más teniendo en cuenta que las baterías no han disminuido de precio en la misma proporción que lo han hecho los paneles, con lo que en la actualidad suponen el 60% del coste de los materiales.

10. Análisis energético de la instalación

En este punto voy a tratar de hacer un estudio económico y energético de la instalación durante unos años que he fijado (25 y 40 años) con el fin de estudiar cómo afecta el paso del tiempo a la instalación en cuanto a costes y rendimientos. También quiero aclarar que este análisis es meramente orientativo ya que una vez esté la instalación puesta en funcionamiento estos cálculos pueden tener cambios según ciertas variables como pueden ser: temperatura de funcionamiento de los componentes, meteorológicas, mantenimiento mal realizado, consumo excesivo, problemas técnicos de los componentes...

10.1. Coste por kWh generados (escenario de 25 años):

Para el cálculo del coste del kWh generado a 25 años tenemos en cuenta la vida de los elementos de la instalación que hemos hecho.

Para ello consultamos las fichas técnicas de los elementos, y vemos que para las placas el fabricante nos asegura 25 años de correcto funcionamiento de las placas sin ningún problema, por tanto nos consideramos en un escenario de 25 años que haya que cambiarlas.

En cuanto a las baterías, inversor y reguladores, vamos a suponer que tienen una vida aproximadamente de 15 años. Y que por tanto habrá que cambiarlos una vez en 25 años.

Por ello hemos considerado que en un plazo de 25 años habrá que cambiar: baterías, inversor reguladores.

El coste a 25 años es el siguiente:

$\text{COSTE A 25 AÑOS} = \text{Coste inicial} + (\text{coste baterías} + \text{coste kit inversores} + \text{coste reguladores}) \times \text{descuento} + \text{Coste de mantenimiento}$

$\text{Coste a 25 años} = 114.514,70\text{€} + (67.036,80\text{€} + 5.848,20\text{€} + 12.010,50\text{€}) \times 20\% + 10.000\text{€} = 192.431,10\text{€}$

En el coste de mantenimiento estipulado anteriormente, no tenemos en cuenta la limpieza y revisión de los elementos instalados. Es aconsejable que el propietario de la instalación revise periódicamente la instalación, así como la limpieza de las placas, puesto que está previsto que las placas estén limpias y no tengan partes en sombra que afecten a su rendimiento.

La siguiente parte para conocer el coste del kWh generado es la producción de energía. Para ello necesitaremos un valor de horas solares pico en la localización de la instalación. Las horas solares pico al año es: 1955 h_{sp}.

Además será necesario saber el rendimiento que tendrán las placas durante los 25 años, esto también lo encontramos en la ficha técnica.

Se indica que durante 25 años las placas van a degradar su rendimiento como máximo al 80% de la nominal de manera lineal. Es decir que se degradará una media de 20% en 25 años, o lo que es lo mismo una media de 10% en esos mismos 25 años.

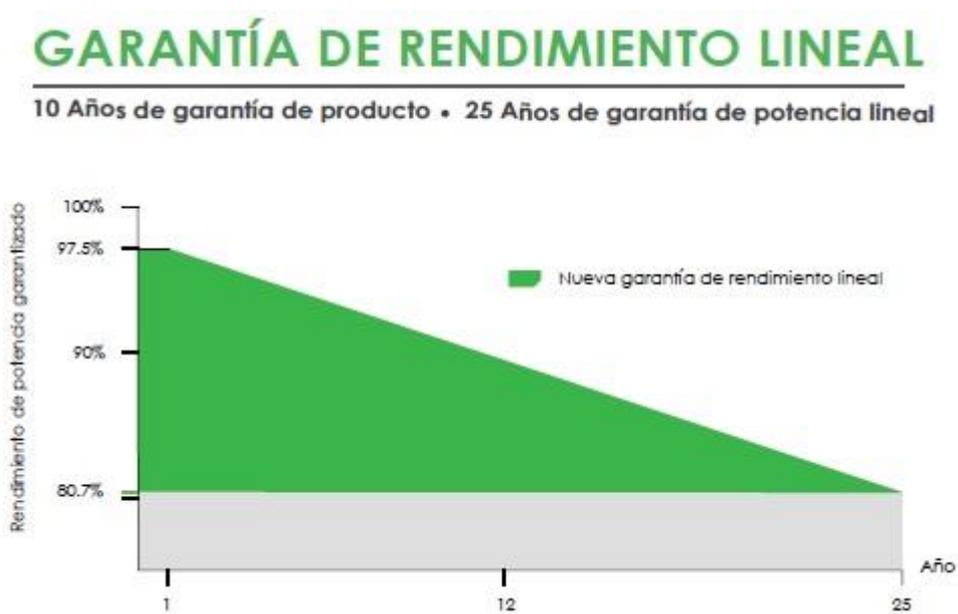


Ilustración 36 Rendimiento de las placas en función de los años.

10.1.1. Los kWh generados (25 años)

Una vez sabemos estos datos, podemos pasar a calcular la producción acumulada.

$kWh\ totales = W_{pico\ instalados} \times H_{sp} \times \mu\ de\ las\ placas \times n^{\circ}\ de\ años.$

$$kWh\ totales = (162 \times 320) \times 1955 \times 0,9 \times 25 = 2.280.312,0\ kWh$$

10.1.2. Coste del kWh generados

$$Costes\ por\ kWh\ generados = \frac{192.431,10\text{€}}{2.280.312,0\ kWh.} = 0,084\ \frac{\text{€}}{kWh}$$

El coste del kWh/generado si todo lo que generamos lo consumimos sería de 8,44 cts.

10.1.3. kWh consumidos en 25 años

Pero resulta que no todo lo que estamos generando lo vamos a consumir, por ello vamos a calcular el coste del kWh/consumido, como tenemos los consumos durante un año cada mes lo que haremos para saber cuánta energía consumimos será realizar el sumatorio de los consumos mensuales de un año.

Los kWh consumidos durante todo el año, procedentes de la suma de todas las facturas del año, aquí tenemos en cuenta en que hay 3 semanas al año que la explotación se vacía y se limpia por lo tanto elegimos son kWh

Por lo tanto los kWh consumidos en 25 años serán:

$$\text{kWh consumidos} = 25 \times 37.131,53\text{kWh} = 928.288,25 \text{ kWh}$$

10.1.4. Coste del kWh consumido

Ahora podemos calcular el coste del kWh consumido, que será:

$$\frac{\text{Coste}}{\text{kWh consumido}} = \frac{\text{Coste total}}{\text{kWh consumido}} = \frac{192.431,10\text{€}}{928.288,25\text{kWh}} = 0,21\text{€/kWh}$$

Vemos que la diferencia es grande, puesto que ahora hemos sacado un coste más real de los que nos va a costar el kWh, puesto que al ser instalación aislada vamos a desperdiciar aquella energía que no utilizamos en el momento.

10.1.5. Aprovechamiento 25 años:

Podemos desde la comparativa de los dos últimos datos del coste del kWh saber cuándo vamos a aprovechar nuestra instalación, dividiendo la energía total consumida entre la energía generada por la instalación, sabremos cuanto aprovechamos de nuestra instalación.

Aprovechamiento= kWh consumidos/kWh generados

$$\text{kWh generados} = 2.026.944,0 \text{ kWh}$$

$$\text{Aprovechamiento} = \frac{928.288,25\text{kWh}}{2.026.944,0 \text{ kWh}} = 0,458 = 45,8\%$$

Es decir que aprovecharemos un poco menos de la mitad de la energía que genera nuestra instalación.

10.2. Coste por kWh generados (escenario de 40 años):

Aunque sabemos que el escenario de 25 años puede ser un tiempo demasiado corto para la vida de nuestra instalación, por eso podemos hacer un coste para una vida de la instalación mayor, y ver qué ocurre con los precios. Vamos a realizar el cálculo anterior para 40 años.

Consideramos ahora que deberemos cambiar en 40 años, sabemos que las placas van a continuar funcionando correctamente, con lo cual, no vamos a tener que cambiarlas. Por lo demás tendremos que efectuar un cambio de cada equipo, es decir unas baterías nuevas, inversor nuevo y también cambio de los reguladores.

Coste a 40 años = Coste a 25 años + (coste baterías + coste inversores + coste de reguladores) * descuentos + coste de mantenimiento

Costes a 40 años = 192.431,10€ + (67.036,80€ + 5.848,20€ + 12.010,50€) * 20% + 10.000€ = 270.347,50€

10.2.1. Los kWh generados

En cuanto a la producción el rendimiento de las placas se va a resentir un poco, consideramos un 40% aunque este valor sabemos que no va a llegar a ser tan grande, vamos a considerarlo porque a 25 años el fabricante ya nos dice que va a ser del 20%.

Por tanto el desgaste tendrá una media de 20% durante el escenario considerado.

La producción acumulada en 40 años será por lo tanto:

kWh totales = $W_{pico} \times H_{sp} \times \mu_{placas} \times 40 \text{ años}$

Vamos a considerar el mismo número de horas solares pico en cuenca que antes, 1.955 Hsp

kWh totales = $(162 \times 320) \times 1.955 \times 0,8 \times 40 = 3.243.110,4 \text{ kWh}$

10.2.2. Coste del kWh generados 40 años

Coste por kWh/generado = Coste total / kWh totales.

Coste por kWh/generado = $270.347,50€ / 3.243.110,4 \text{ kWh} = 0,083€/kWh$

Vemos que el coste por kWh generado ha disminuido un poco con respecto al coste en el escenario de 25 años. Siendo el coste del kWh generado de 8,34 cts.

Ahora igual que antes, vamos a considerar el coste del kWh consumido, puesto que se acerca más a lo que realmente nos va a costar lo que consumimos.

10.2.3. kWh consumidos en 40 años

Recordamos que el consumo anual de la granja era de 37.131,53kWh, que en 40 años será un consumo de :

kWh consumidos= 1.485.261,2 kWh

10.2.4. Coste del kWh consumidos:

Ahora podemos calcular el coste del kWh consumido, que será:

Coste/kWh consumido=270.347,50€ / 1.485.261,2kWh=0,182/kWh

El coste del kWh consumido es de 18,2cts

Vemos que el coste del kWh consumido también ha descendido, por lo tanto podemos afirmar que cuanto más años nos dure la instalación más rentable nos van a ser los costes de kWh. Por otra parte estos datos nos pueden dar una idea de porque son interesantes los sistemas de autoconsumo, que no utilizan baterías y usan sistemas fotovoltaicos diseñados de forma ajustada, de manera que toda la energía generada sea autoconsuma y el resto de la energía que necesitan se consume de la red (Sistemas fotovoltaicos conectados a red).

10.2.5. Aprovechamiento en 40 años

Por último también es interesante calcular el aprovechamiento de la instalación en 40 años:

Aprovechamiento= kWh consumidos/kWh generados

Aprovechamiento=1.485.261,2kWh/3.243.110,kWh=0,4579= 45,8%

10.3. Resumen de los cálculos:

Coste de la instalación		
Inicial	25 años	40 años
114.514,70 €	192.431,10 €	270.347,50 €

Coste Wpico
2,21 €

kWh generados		
1 año	25 años	40 años
81.077,76kWh	2.026.944kWh	3.243.110,4kWh

kWh consumidos		
1 año	25 años	40 años
37.131,53kWh	928.288,25kWh	1.485.261,2kWh

Coste del kWh generado		Coste del kWh consumido	
25 años	40 años	25 años	40 años
0,0844 €/kWh	0,0834€/kWh	0,2073€/kWh	0,1820€/kWh

Como ya sabemos no hay mucha variación en el resultado a 40 años respecto al de 25 años, puesto que hay que sustituir casi todos los elementos, excepto las placas, y entre ellos está la batería que es el de mayor coste de toda la instalación.

Teniendo calculado el coste del Wp, vemos que comparado con el precio de la energía de las facturas hay una gran diferencia, resultando más caro el uso de energía fotovoltaica aislada. Una vez llegados a este punto vemos como esta no sería una solución factible por lo que habría que estudiar el uso de energía fotovoltaica de forma mixta, usando cuando sea necesario energía eléctrica de la red. Haciendo un cálculo a bote pronto sería calculando la misma instalación solo que sin batería lo que reduciríamos el coste entorno al 60%. Por lo que el kW consumido pasaría a ser de 20cts a 8cts un precio mucho más razonable. Ya que las facturas cobran desde 2.3cts/kW día a 16,2cts/kW día

11. Ayudas del ministerio

En el anexo 3 se describen los requisitos para obtener ayudas a la hora de realizar un proyecto de una instalación fotovoltaica. En nuestro caso la ayuda se puede realizar puesto que el proyecto se realiza en el 2018 y es una instalación aislada de la red por lo que la ayuda es de un 40% de la instalación con un máximo de 30.000€ como el 40% del coste total de nuestra instalación asciende a más de 30.000€, esta es la cantidad a percibir.

DG de Industria, Energía y Minería

AYUDAS PARA EL APROVECHAMIENTO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES



Entre los objetivos prioritarios de la política europea en materia de ahorro y eficiencia energética, se marca la denominada estrategia 20-20-20, consistente en que para el año 2020, exista una reducción del 20 por ciento en el consumo de energía primaria de la Unión Europea, exista una reducción en otro 20 por ciento de los gases de efecto invernadero, y que se eleve la contribución de las energías renovables al 20 por ciento del consumo. Dicha estrategia se ha ido desarrollando a través de diferentes Directivas Comunitarias, siendo recogida en el ámbito de nuestra Comunidad Autónoma mediante la Ley 1/2007, de 15 de febrero, de fomento de las energías renovables e incentivación del ahorro y eficiencia energética en Castilla-La Mancha, que establece como objetivo el potenciar el uso racional de los recursos energéticos de carácter renovable en Castilla-La Mancha, fomentar la utilización racional de la energía en cualquiera de sus formas y promover el ahorro y la eficiencia energética, siendo de aplicación a todos los sectores de actividad, primario, industrial, transporte, servicios y doméstico, tanto en la vertiente de producción como en la vertiente de consumo energético. El fomento del uso de las energías renovables se enmarca dentro de las medidas que sirven para canalizar la producción energética en energías limpias y garantizar la reducción en la emisión de CO₂, y promocionando el uso de unas energías limpias que favorecen un modelo de desarrollo económicamente y energéticamente sostenible.

Con fecha 19 de diciembre de 2017, se publicó en el Diario Oficial de Castilla-La Mancha la Orden 201/2017, de 5 de diciembre, de la Consejería de Economía, Empresas y Empleo, por la que se establecen las bases reguladoras de las ayudas para el aprovechamiento de las energías renovables en Castilla-La Mancha, cofinanciadas por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional.

La convocatoria para 2018, se regula por las citadas bases reguladoras así como por las disposiciones específicas establecidas en la resolución de convocatoria de las ayudas, publicadas en el Diario Oficial de Castilla-La Mancha del día 29 de diciembre de 2017.

12. Conclusión

Para la realización de este proyecto, he tenido que documentarme sobre los procesos productivos de los cerdos, necesidades que tienen y como éstas afectan a la producción y a la vida de los mismos.

Los cálculos están pensados para optimizar el rendimiento energético y que la producción sea máxima siempre respetando la calidad de vida de los cerdos (debate que está muy presente en la sociedad).

He pensado en numerosos dispositivos de control para que los aparatos eléctricos funcionen automáticamente según los diferentes parámetros como: humedad, temperatura, gases, movimiento... con el fin de reducir al máximo el consumo eléctrico en la explotación.

Después se han analizado todos los componentes de una instalación fotovoltaica aislada con el fin de seleccionar una gama de productos punteros en el mercado para dar fiabilidad y eficiencia a la instalación. Este estudio se ha hecho de forma muy minuciosa ya que los elementos de la instalación están en continuo desarrollo, y tanto las características como el precio varían continuamente.

Tras realizar el análisis energético y económico de la instalación, obtenemos el siguiente resultado:

Si queremos optar por una instalación lo más fiable posible el precio se dispara puesto que las baterías asumen una gran parte del precio de la instalación, entorno a un 60%.

Para instalaciones donde el consumo es elevado llegamos a la conclusión que no es una solución rentable económicamente.

La solución más conveniente es optar por una instalación solar conectada a red (mixta), en éstas se prescinde de baterías y regulador, por lo que haciendo un cálculo a bote pronto, se reduciría el coste entorno a un 60%-70%. El kW consumido pasaría a ser de 21cts a 8,7cts-11,6cts, un precio mucho más razonable comparado con las facturas de luz que van entre 2.3cts/kW día a 16,2cts/kW día.

Sabemos que las instalaciones aisladas son rentables en puntos donde no hay electricidad, por otro lado en lugares donde existe una acometida de distribución, vale la pena hacer una instalación mixta por el momento.

13. Bibliografía:

Pvgis <<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>>

IDAE:<<http://www.idae.es/>>

Autosolar: <<https://autosolar.es/>>

Technosun: <<http://www.technosun.com/es/index.php>>

Googlemaps: <<https://www.google.es/maps/>>

Batería OPzS 2V 4600Ah Transparente Tudor-Exide <<https://autosolar.es/baterias-estacionarias-opzs-24v/bateria-opzs-24v-4600ah-transparente-tudor-exide>>

Batería OPzS 2V 3850Ah Transparente Tudor-Exide <<https://autosolar.es/baterias-estacionarias-opzs-24v/bateria-opzs-24v-3850ah-transparente-tudor-exide>>

Regulador 60 A: <https://www.damiasolar.com/productos/regulador_solar/regulador-maximizador-mppt-ecosolar-60a-12-24-48v-con-pantalla_da0201_100>

Regulador de 100 A: <<https://autosolar.es/reguladores-de-carga-mppt/regulador-mppt-150v-100a-victron-smart-solar>>

Panel solar Jinko policristalino 320W :<<https://autosolar.es/panel-solar-24-voltios/panel-solar-320w-24v-jinko-policristalino/>>

<<http://greenfy.net/producto/jinko-solar-eagle-72-jkm320pp-72/>>

Inversor Victron Phoenix 5000VA: <<https://autosolar.es/inversores-48v/inversor-victron-phoenix-solar-48v-5000va>>

Silo metálico: <<https://tiendaganadera.com/SILO-METALICO-CHAPA-ONDULADA-14.180-Kg/>>

Ilustración 4. Necesidades de agua <https://www.3tres3.com/articulos/consumo-de-agua-en-porcino_1081/>

Reglamento de baja tensión: <http://www.upv.es/electrica/newrbt_1.htm>

Damia solar:<<https://www.damiasolar.com/>>

Controlador de Ventanas: <<https://tiendaganadera.com/ventanas-automaticas-granjas/>>

Bomba de agua: <<https://www.electrobombas.es/bombas-de-agua-para-pozos/663265-bomba-de-6-pulgadas-gft-lp-90-13.html>>

Nebulizador EQUIPO HUMIDIFICACION T-1.800: <<https://tiendaganadera.com/EQUIPO-HUMIDIFICACION-T-1.800/>>

Ventiladores: <<http://www.nimbusfans.com/industrial.htm>>

Motor reducto comida: <<https://tiendaganadera.com/motorreductor-1cv-fibra/>>

Máquina de a presión: <<https://tiendaganadera.com/MAQUINA-DE-LIMPIAR-ELECTRICA-150-Atm.-15-Litros/>>

Calentador de agua: <<http://www.leroymerlin.es/fp/14602350/equipo-solar-termosifon-junkers-smart-150l?idCatPadre=203251&pathFamiliaFicha=341302>>

Luminaria <<https://www.lamparadirecta.es/philips-coreline-wt120c-pantalla-led-estanca-60cm-4000k-led18s-reemplazo-1x18w>>

Termosolar: <https://www.junkers.es/usuario_final/productos/catalogo_usuario/producto_7233>

Nevera: <<http://www.elcorteingles.es/electrodomesticos/A8614697-frigorifico-de-2-puertas-liebherr-ctp2921-con-tecnologia-smartfrost/>>

Microondas: <https://www.worten.es/inicio/pequenos-electrodomesticos/peq-electrodom-cocina/microondas/microondas-grill-balay-3wgx2018.html#/_additional>

Vitrocera mica: <<http://www.ikea.com/es/es/catalog/products/50291619/>>

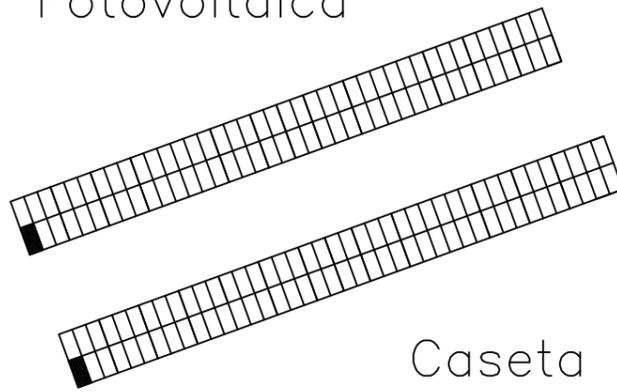
Luminaria exterior led: <<https://www.lamparadirecta.es/philips-coreline-tempo-bvp120-led-8000lm-840-asimetrico>>

Calefacción: <http://www.leroymerlin.es/fp/510802_silver/510802-silver-cointra-silver?pathFamiliaFicha=510802&uniSelect=undefined&ancho=undefined>

Tabla climática villagarcía del llano: <<https://es.climate-data.org/location/661763/>>

14. Planos.

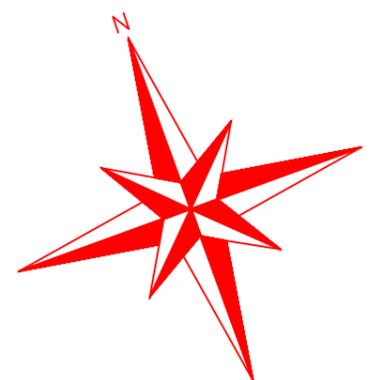
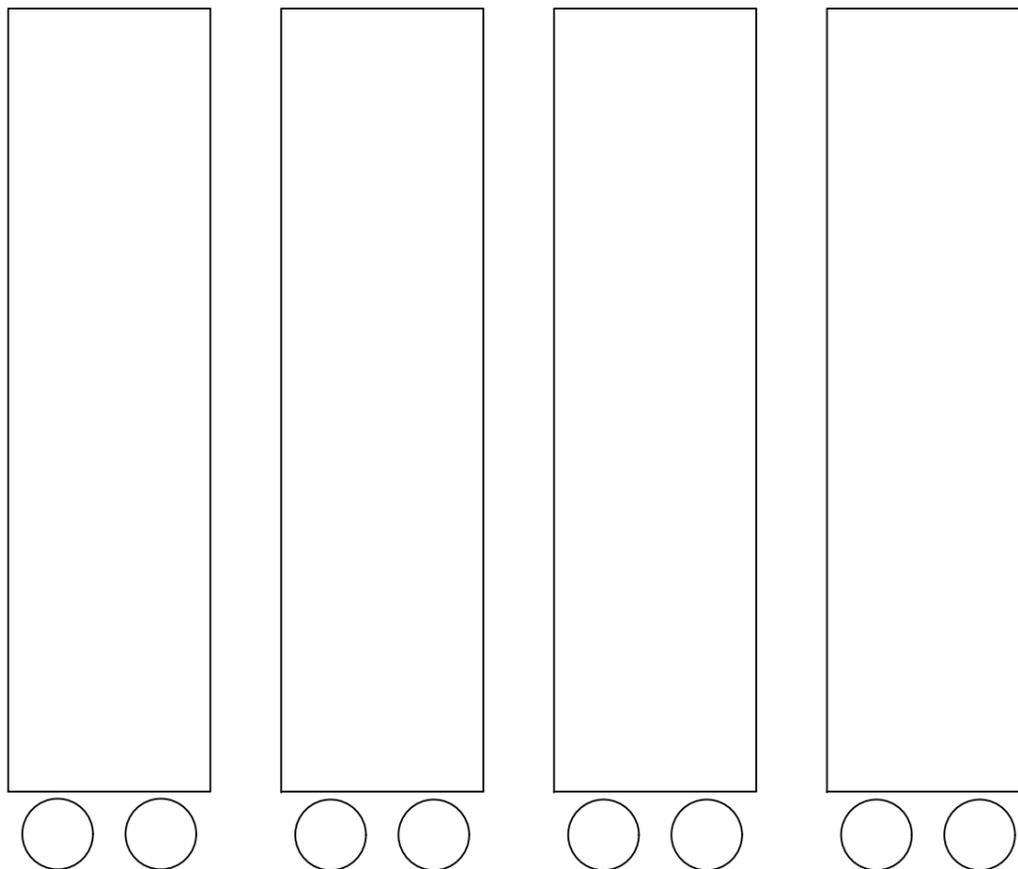
Disposición Fotovoltaica



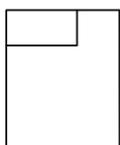
Caseta



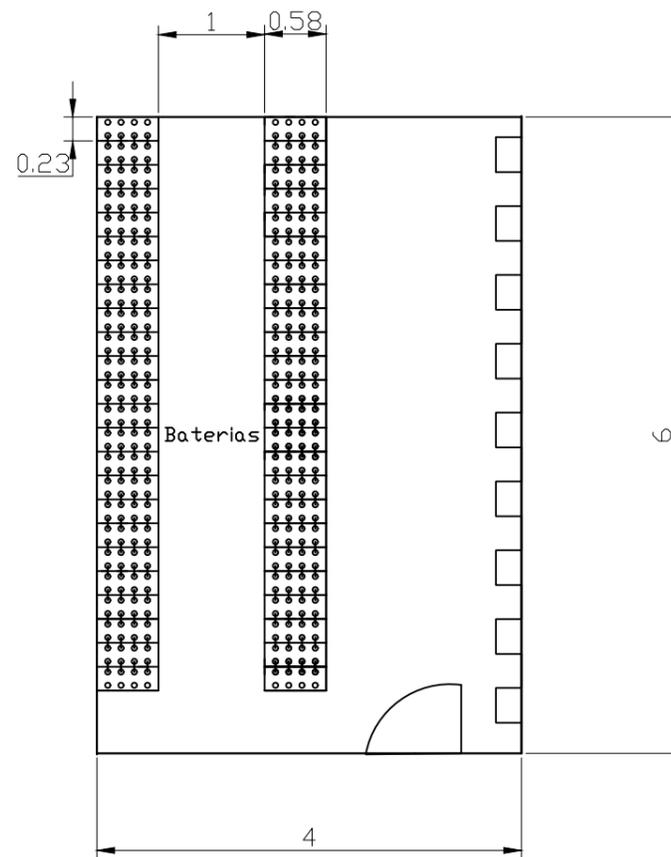
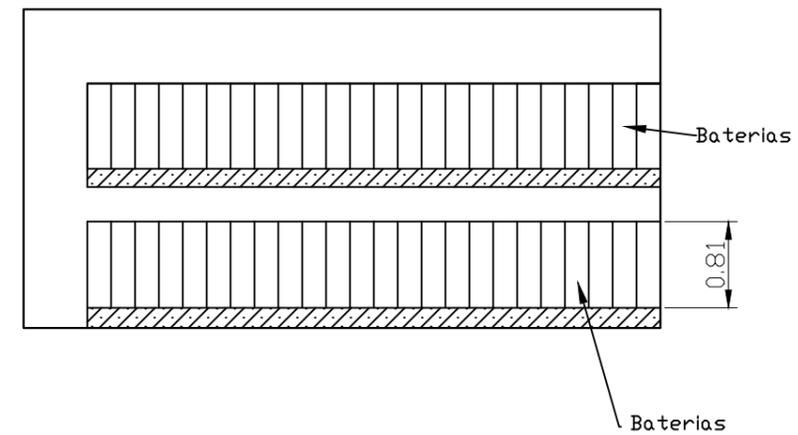
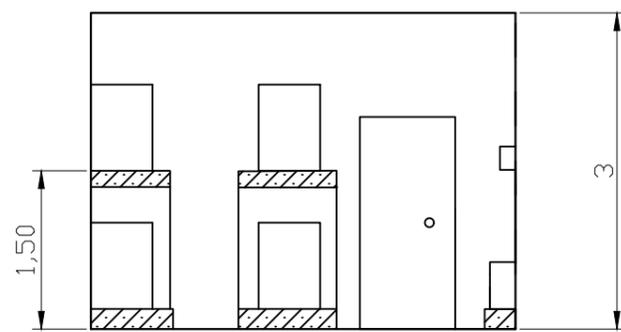
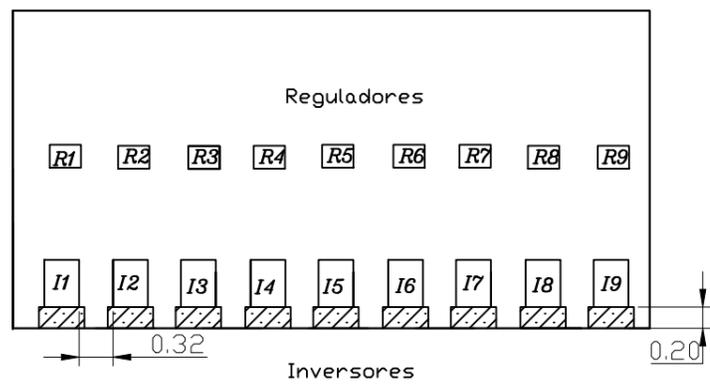
Naves



Cocina
y
Baño



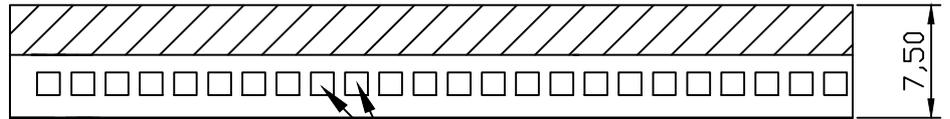
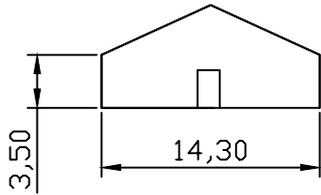
TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA		<i>Plano general de la granja</i>	
<i>Samuel Hernández Domínguez</i>			
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	<i>Fecha: Julio 2018</i>	Proyecto de una instalación fotovoltaica aislada para una granja de cerdos	<i>Nº Plano: 1</i>
	<i>Curso: 2017-2018</i>		<i>Escala: 1:500</i>



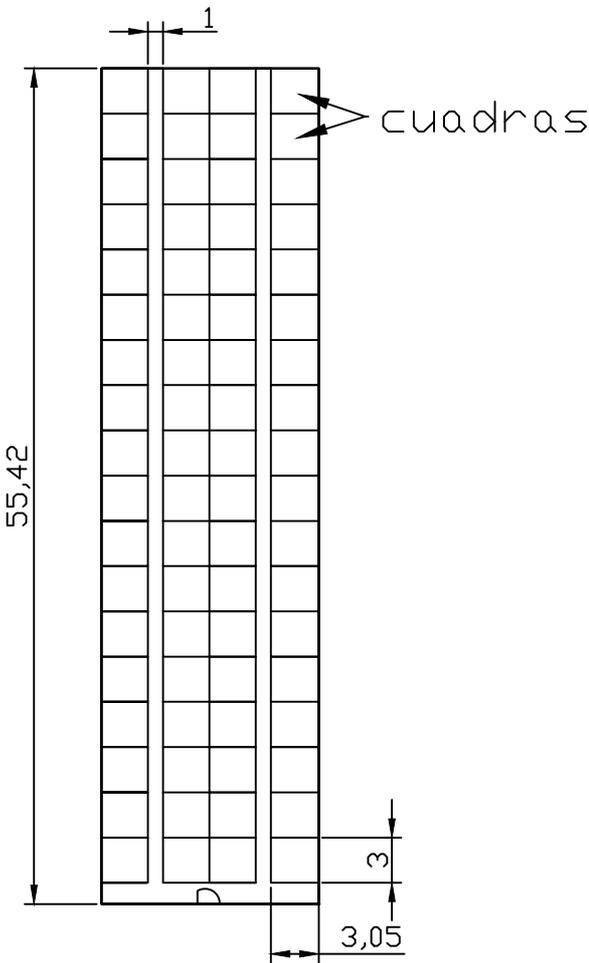
TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA		<i>CASETA de la instalación</i>	
<i>Samuel Hernández Domínguez</i>			
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	<i>Fecha: Julio 2018</i>	Proyecto de una instalación fotovoltaica aislada para una granja de cerdos	<i>Nº Plano: 3</i>
	<i>Curso: 2017-2018</i>		<i>Escala: 1:500</i>



Ventiladores



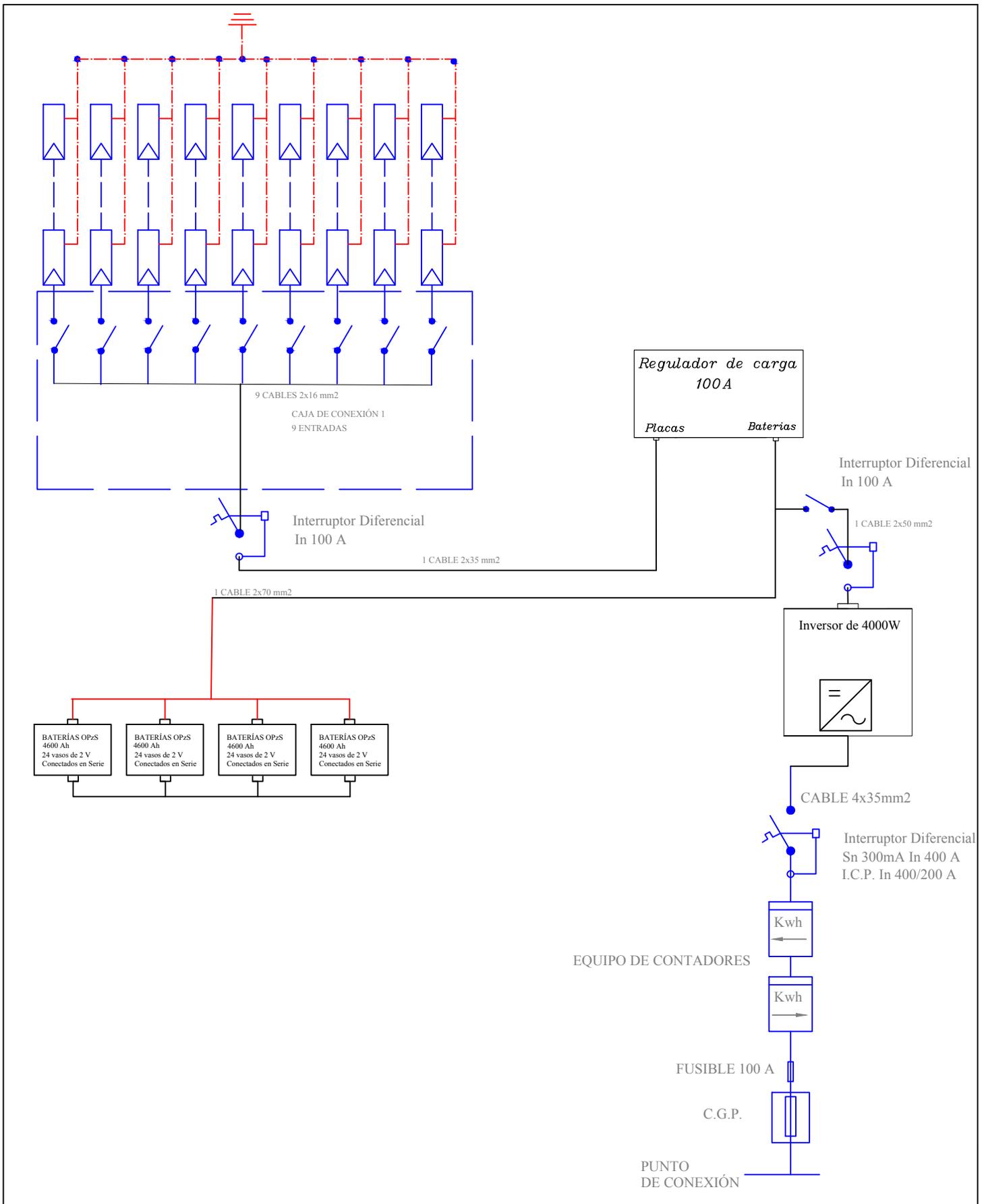
Ventanas



cuadras



TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA		<i>Naves de los cerdos</i>	
<i>Samuel Hernández Domínguez</i>			
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	<i>Fecha: Julio 2018</i>	Proyecto de una instalación fotovoltaica aislada para una granja de cerdos	<i>Nº Plano: 2</i>
	<i>Curso: 2017-2018</i>		<i>Escala: 1:500</i>



**TRABAJO FIN DE GRADO
EN INGENIERÍA ELÉCTRICA**

Samuel Hernández Domínguez

Esquema unifilar básico



**UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA**

Fecha: Julio 2018

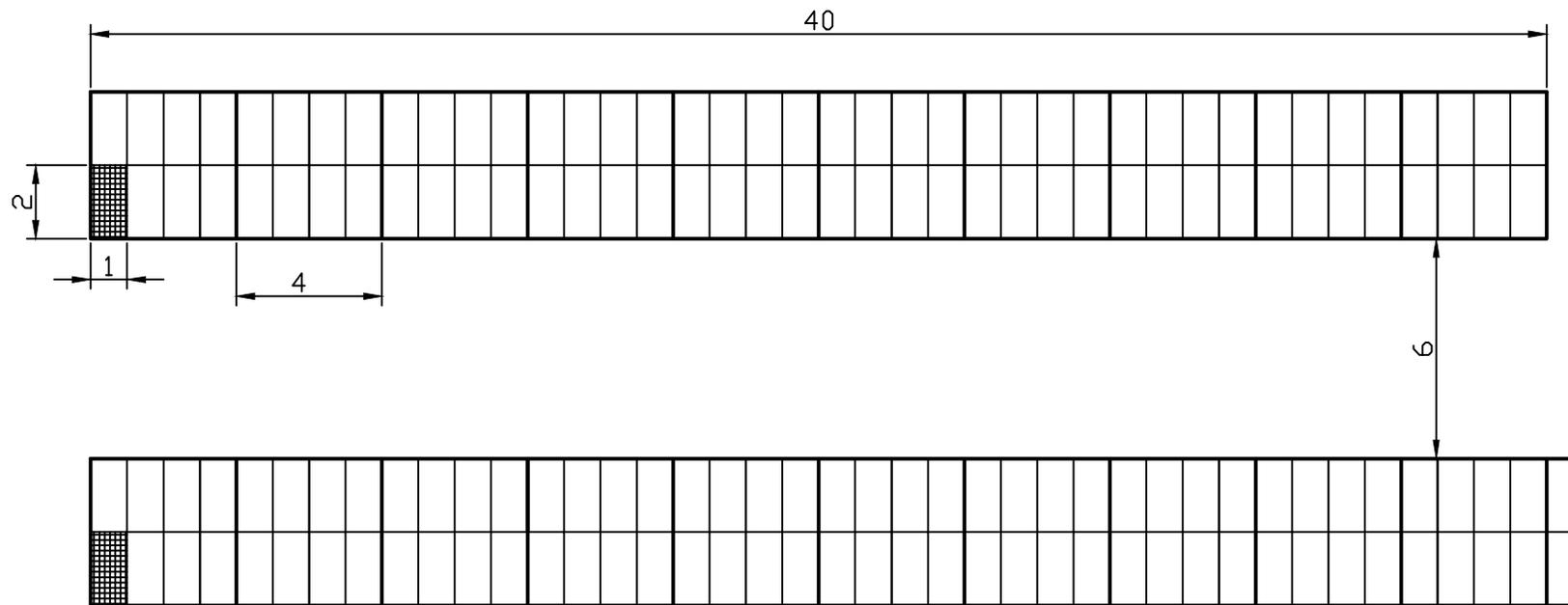
Curso: 2017-2018

Proyecto de una instalación fotovoltaica

aislada para una granja de cerdos

Nº Plano: 5

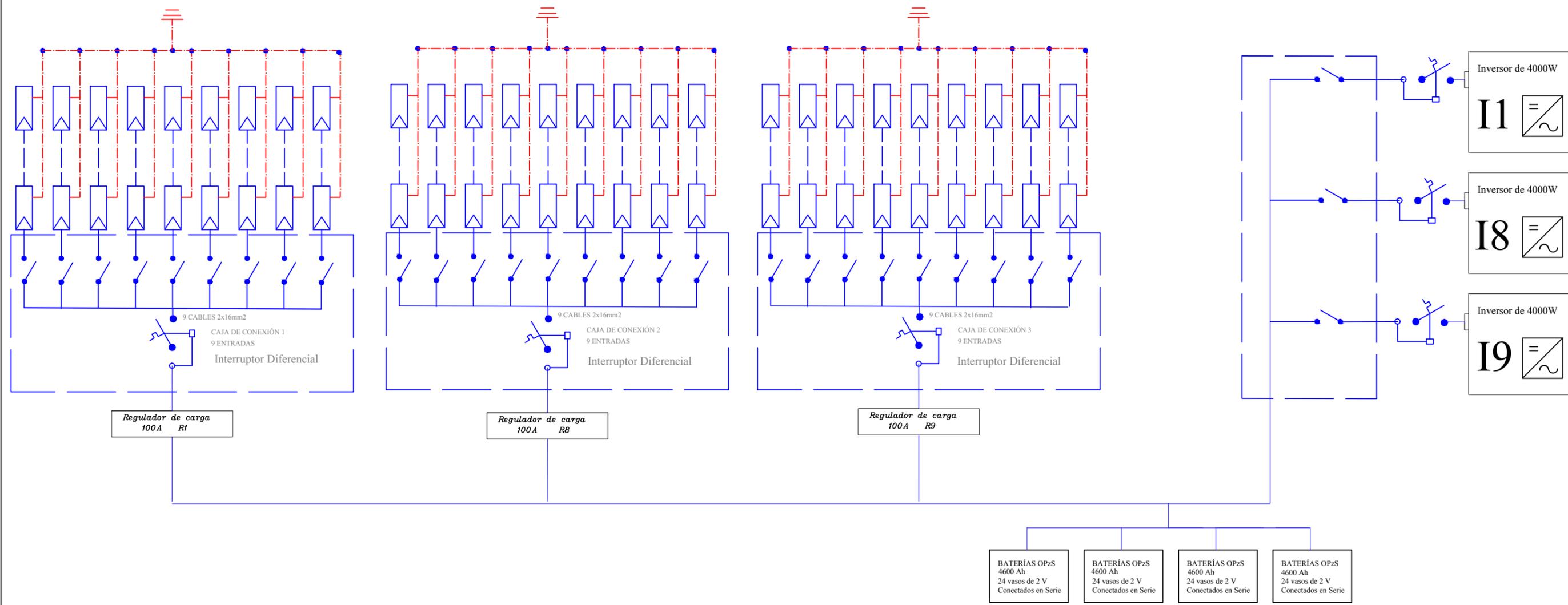
Escala: 1:1



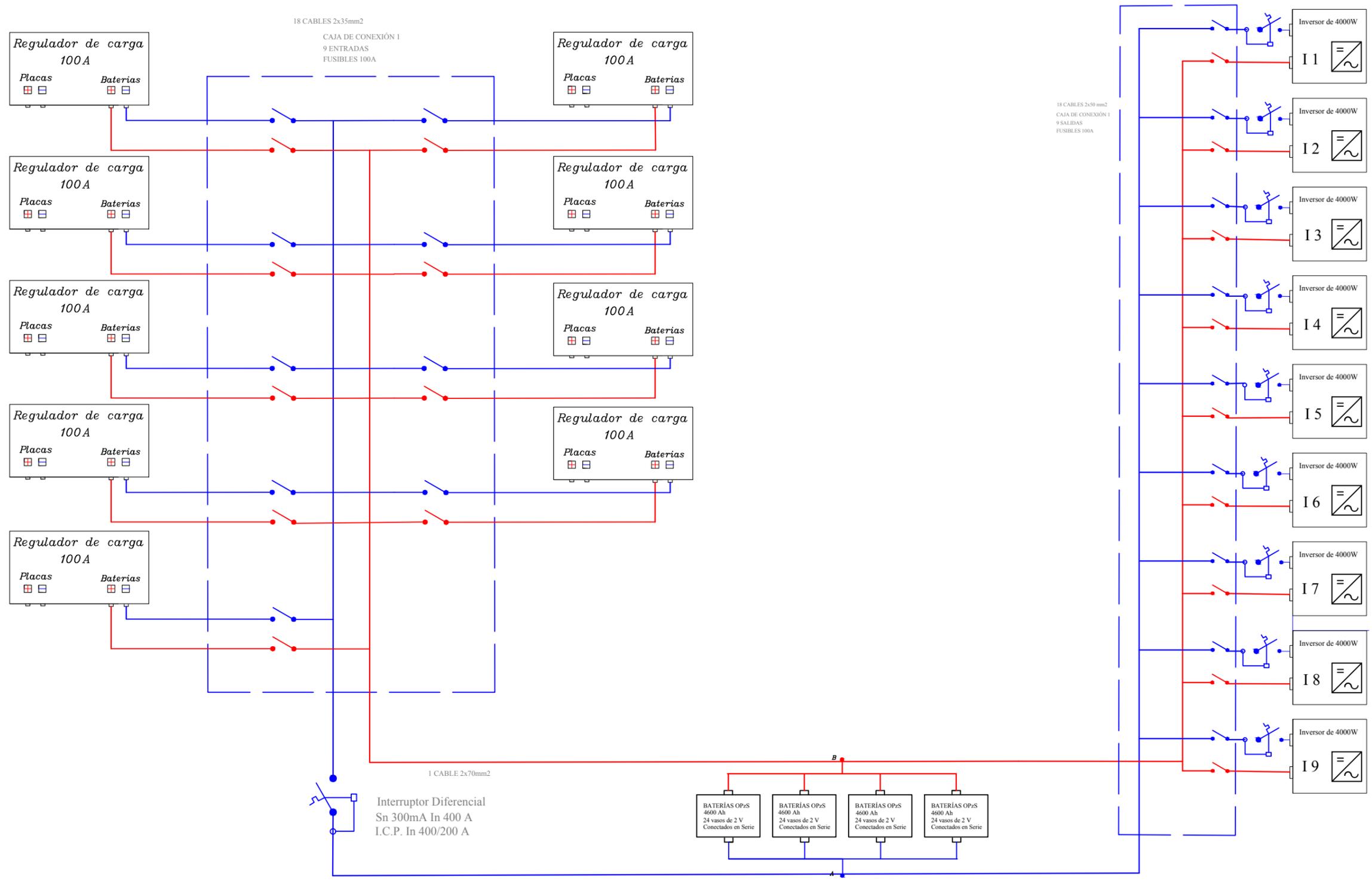
- Potencia total: $162 \times 320\text{Wp} = 51.840\text{Wp}$.
- Instalación de 9 grupos de 9 placas en serie y 2 en paralelo
- Potencia total por grupo: $18 \times 320\text{Wp} = 5.760 \text{Wp}$.
- Protección por grupo, con un interruptor automático magnetotérmico de 100A.



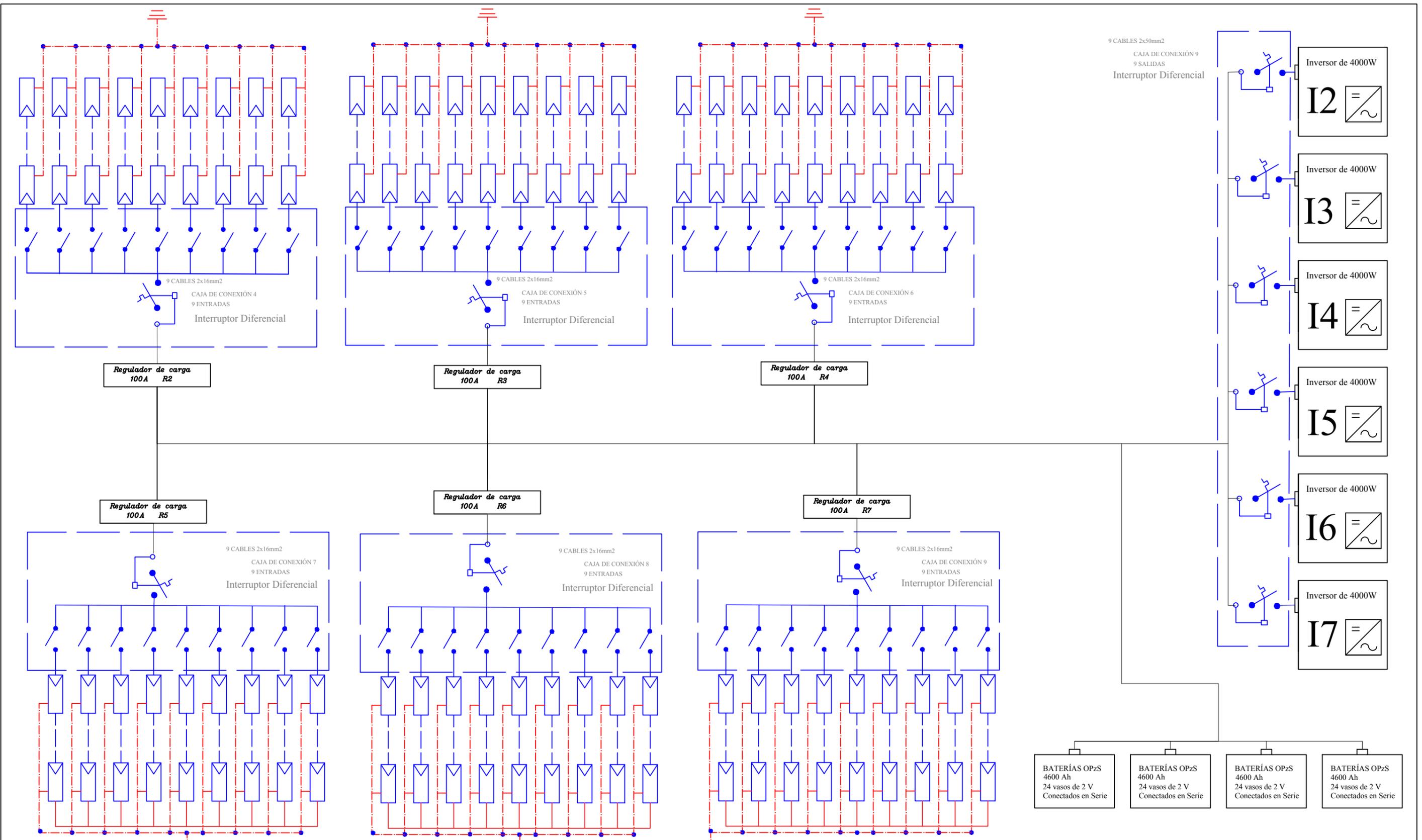
<i>TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA</i>		<i>Disposición paneles solares</i>	
<i>Samuel Hernández Domínguez</i>			
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	<i>Fecha: Julio 2018</i>	Proyecto de una instalación fotovoltaica aislada para una granja de cerdos	<i>Nº Plano: 4</i>
	<i>Curso: 2017-2018</i>		<i>Escala: 1:200</i>



TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA		<i>Unifilar del Grupo 1 al 3</i>	
<i>Samuel Hernández Domínguez</i>			
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	Fecha: <i>Julio 2018</i>	Proyecto de una instalación fotovoltaica aislada para una granja de cerdos	Nº Plano: <i>7</i>
	Curso: <i>2017-2018</i>		Escala: <i>1:1</i>



TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA		<i>Esquema de conexión Regulador de carga Baterías e Inversores.</i>	
<i>Samuel Hernández Domínguez</i>			
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	Fecha: Julio 2018	Proyecto de una instalación fotovoltaica aislada para una granja de cerdos	Nº Plano: 6
	Curso: 2017-2018		Escala: 1:1



TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA		<i>Unifilar del Grupo 4 al 9</i>	
<i>Samuel Hernández Domínguez</i>			
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	Fecha: <i>Julio 2018</i>	Proyecto de una instalación fotovoltaica aislada para una granja de cerdos	Nº Plano: <i>8</i>
	Curso: <i>2017-2018</i>		Escala: <i>1:1</i>