

Anejo N° 15

Instalación eléctrica y fotovoltaica

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	4
2. NORMATIVA	4
3. ILUMINACIÓN	4
3.1. Cálculo de la iluminación interior	4
3.2. Cálculo de la iluminación exterior	11
3.3. Cálculo de la iluminación de emergencia	12
4. TOMAS DE FUERZA	14
4.1. Tomas de corriente	14
4.2. Tomas de fuerza para maquinaria	14
4.3. Conclusión	15
5. DESCRIPCIÓN Y DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA E INSTALACIÓN ELÉCTRICA	15
5.1. Introducción	15
5.2. Dimensionado	16
5.3. Caja general de protección y medida	34
5.4. Derivación individual	34
5.5. Sistema de instalación interior	35
5.6. Módulo de dependencias	38
5.7. Alumbrado exterior	38
5.8. Alumbrados especiales	38
5.9. Sistema de puesta a tierra	39
5.10. Instalación y montaje de la maquinaria	39
6. MANTENIMIENTO INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA	40
6.1. Plan de Vigilancia	40
6.2. Plan de mantenimiento preventivo	40
7. POTENCIA Y DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA.	41
7.1. Cuadros parciales de potencia	41
7.2. Cálculos de líneas de distribución eléctrica.	

Secciones de los conductores.	42
8. RESULTADOS. CUADRO GENERAL DE MANDO Y PROTECCIÓN	44
9. ESQUEMA ELÉCTRICO UNIFILAR	44
10. DOCUMENTACIÓN CONSULTADA	45

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente anejo es el cálculo y diseño de las instalaciones eléctricas en baja tensión para el perfecto funcionamiento de la actividad, con el fin de que sirvan de base para dimensionar la instalación fotovoltaica necesaria para abastecer de energía eléctrica a la explotación, de acuerdo con lo estipulado en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (RBT)-Ministerio de Industria Turismo y Comercio, así como el nuevo Código Técnico de Edificación (CTE.), que lo regulan.

2. NORMATIVA

En la redacción del presente anejo se ha tenido en cuenta lo especificado en la siguiente reglamentación:

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias. Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión. (BOE 224. 18-092002).
- Código Técnico de la Edificación Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo del Ministerio de Vivienda. (BOE 28-03-2006).
- Norma Tecnológica de la Edificación-Instalaciones. Alumbrado interior, alumbrado exterior y baja tensión - Ministerio de Fomento.
- Ordenanza General sobre Seguridad e Higiene en el trabajo.

3. ILUMINACIÓN

3.1. Cálculo de la iluminación interior

El proyecto de iluminación de interiores se diferencia fundamentalmente del alumbrado exterior en que, debido a los fenómenos de reflexión se producen con facilidad efectos fisiológicos nocivos, con la ventaja de que mediante estas mismas reflexiones se puede reforzar la iluminación en el plano de trabajo, lo cual repercute en una mejora del nivel de iluminación general.

Estrictamente, una buena iluminación tendría que estar definida a través de una serie de parámetros mínimos que, en todos los casos, debiera responder al listado siguiente:

- Adecuado nivel de iluminación.
- Uniformidad del nivel de iluminancia.
- Limitación del deslumbramiento.

- Limitación de los contrastes de luminancias.
- Dirección de la luz y efectos de sombras.
- Color de la luz y calidad de la reproducción cromática.

3.1.1. Determinación del nivel medio de iluminación requerido

El nivel de iluminación, (E), se fija de acuerdo con la naturaleza del trabajo, pues dentro de amplios límites, cuanto más luz exista sobre la tarea visual, más fácil resultará la visión, y ésta provocará menos tensión sobre el organismo. En la Tabla 1, se indican los valores idóneos para obtener unos niveles de iluminación satisfactorios en las distintas zonas de trabajo:

Tabla 1: Niveles medios de iluminación requeridos

Recinto a iluminar	E (lux)
Cabezal de Riego	250
Almacén	250
Pasillo	250
Aseo/ Vestuario	120
Oficina y administración	500

3.1.2. Elección del sistema de alumbrado y luminarias

Al proyectar un sistema de alumbrado general es fundamental prever un nivel de iluminación uniforme en toda la extensión del recinto. De esta forma se eliminan las manchas y ángulos oscuros, haciendo todas las superficies del recinto adecuadas como espacio de trabajo o para otro propósito cualquiera. Esta uniformidad dependerá de la altura de la fuente luminosa y de las características fotométricas de la luminaria.

Los tipos de luminarias empleadas en las distintas dependencias de la nave son de bajo consumo, y se describen a continuación:

- Luminaria con una lámpara fluorescente de 36 W, flujo luminoso de 3100 $Lm \times lámpara^{-1}$ y tono de luz blanco (A). Corriente alterna
- Luminaria con una lámpara fluorescente de 58 W, flujo luminoso de 4 800 $Lm \times lámpara^{-1}$ y tono de luz blanco (B). Corriente alterna

- Luminaria con dos lámparas fluorescentes de 58 W cada una, flujo luminoso de $5400 \text{ Lm} \times \text{lámpara}^{-1}$ y tono de luz blanco (C). Corriente alterna
- Luminaria con una lámpara de vapor de mercurio de 150 W, flujo luminoso de $23000 \text{ Lm} \times \text{lámpara}^{-1}$ y tono de luz blanco (D). Corriente alterna

3.1.3. Determinación del coeficiente de utilización

Al cociente entre el flujo luminoso que llega al plano de trabajo (flujo útil), y el flujo total emitido por las lámparas instaladas, es lo que llamamos "Coeficiente de utilización". Dicho coeficiente responde a la siguiente expresión:

$$Cu = \frac{\phi_u}{\phi_t} \quad (1)$$

Donde:

- Φ_u : Flujo útil en el plano de trabajo (Lm).
- Φ_t : Flujo total emitido (Lm).

Este coeficiente depende de diversas variables tales como la eficacia de las luminarias, la reflectancia de los paramentos, y las dimensiones del local.

La luminaria, aparato utilizado para soportar, alojar y distribuir el flujo luminoso de las lámparas, tiene una relativa incidencia sobre el coeficiente de utilización, según se trate de un sistema de iluminación directa, semidirecta o a través de difusores.

La reflexión de la luz sobre los paramentos del local juega un importante papel sobre el coeficiente de utilización, dado que, de la totalidad del flujo luminoso que incide sobre las distintas superficies, una parte se refleja, mientras que otra es absorbida y anulada, dependiendo la proporción de una y otra, del color de dichas superficies. Para nuestro propósito será suficiente diferenciar cuatro tonalidades diferentes, que se indican en la Tabla 2.

Tabla 2: Valores de reflexión

Color	Reflexión (%)
Blanco	70
Claro	50
Medio	30
Oscuro	10

Otro factor importante son las dimensiones del local ya que juegan un papel importante sobre el valor del coeficiente de utilización. Esto se pone en evidencia con lo expresado anteriormente, "la proporción de flujo luminoso que llega a la superficie de trabajo depende de la relación que exista entre el flujo directo y el reflejado".

Para calcular el coeficiente de utilización obtenemos, en primer lugar, el "índice del local" según la expresión:

$$K = \frac{L \cdot A}{H \cdot (L + A)} \quad (2)$$

Donde:

- L: Longitud de la habitación en estudio (m).
- A: Ancho de la habitación en estudio (m).
- H: Altura de montaje de las luminarias respecto al plano de trabajo (m).

La altura de montaje de las luminarias se puede obtener, de la siguiente forma:

$$H = h - h' \quad (3)$$

Siendo:

- h: Altura de la habitación en estudio (m).

- h' : Altura del plano de trabajo (m).

En la Tabla 3, se recogen los valores del "índice del local" de los distintos recintos:

Recinto	L (m)	A (m)	h (m)	h' (m)	H (m)	k
Sala de cabezal de riego y fitosanitarios	28,52	5	5	0,85	4,15	1,03
Almacén	38,72	9,78	5	0,85	4,15	1,64
Pasillo	20,72	0,78	5	0,85	4,15	0,18
Aseo/vestuarios	18,72	4,68	3	0,85	2,15	1,74
Oficina	18,72	4,68	3	0,85	2,15	1,74

Tanto los techos como las paredes serán pintados de color claro (reflexión 70 %), mientras que el suelo tendrá un color medio (reflexión 30%).

Con los datos anteriormente obtenidos y utilizando las tablas proporcionadas por los fabricantes de las distintas luminarias, se obtienen los coeficientes de utilización, recogidos a continuación:

Recinto a iluminar	Cu
Sala Cabezal	0,60
Almacén	0,60
Pasillo	0,60
Aseo/ Vestuario	0,57
Oficina	0,57

3.1.4. Determinación del coeficiente de conservación

El "Coeficiente de conservación" (C_c), se determina en función del grado de polvo y suciedad existente en las instalaciones, número de limpiezas anuales y períodos de reposición de las lámparas.

Debido a las características de la nave se prevé un ambiente limpio, consideramos por tanto un coeficiente de conservación medio de 0,7.

3.1.5. Cálculo del flujo luminoso necesario

El flujo luminoso se calcula con la siguiente expresión:

$$\phi_t = \frac{E \cdot A}{Cu \cdot Cc} \quad (4)$$

Donde:

- E: Nivel medio de iluminación (Lux).
- A: Área de la superficie a iluminar (m²).
- Cu: Coeficiente de utilización.
- Cc: Coeficiente de conservación.

Recinto a iluminar	E (lux)	A (m ²)	Cu	Cc	ϕ_t (lm)
Sala Cabecal y fitosanitarios	250	41,22	0,6	0,7	24535,71
Almacén	250	93,69	0,6	0,7	57767,9
Pasillo	250	7,47	0,6	0,7	4446,43
Aseo Vestuario	120	21,9	0,57	0,7	6586,47
Oficina	500	21,9	0,57	0,7	27443,61

3.1.6. Cálculo del número de lámparas y luminarias

La fórmula a emplear es:

$$\text{Número de lámparas} = \frac{\phi_t}{\phi_u} \quad (5)$$

Siendo:

- ϕ_t : Flujo luminoso total (Lm).
- ϕ_u : Flujo luminoso unitario por lámpara (Lm).

Número de lámparas y luminarias

Recinto a iluminar	ϕ_t (Lm)	Tipo luminaria	Flujo lámpara (Im)	Nº Lámparas
Sala Cabezal y fitosanitarios	24535,71	C	5400	5
Almacén	57767,9	C	5400	11
Pasillo	4446,43	A	3100	2
Aseo Vestuario	6586,47	A	3100	3
Oficina	27443,61	B	4800	6

En las salas en las que se considere que la distribución lumínica no sería uniforme con el número de luminarias calculado, se reforzará este número a fin de que se considere uniforme.

Teniendo en cuenta lo dispuesto anteriormente, se presenta el siguiente resumen de las necesidades de alumbrado interno.

Resumen de necesidades de alumbrado interno

Recinto a iluminar	Tipo luminaria	Nº Lámparas	Potencia lámpara (W)	Potencia total (W)	Potencia total diaria estimada (KW h/día)
Sala Cabezal y fitosanitarios	C	5	116	580	(11 horas de riego → 3 horas estancia almacén) 1,74
Almacén	C	11	116	1276	1 hora/día → 1,276
Pasillo	A	2	36	72	1 hora/día → 0,072
Aseo Vestuario	A	3	36	108	1 hora/día → 0,108
Oficina	B	6	58	348	2 horas/día → 0,696
TOTAL				2384	3,89

3.2. Cálculo de la iluminación exterior

3.2.1. Determinación del nivel medio de iluminación requerido

Se considera que una iluminación media de 50 lux será suficiente.

3.2.2. Elección del sistema de alumbrado y luminarias

En el alumbrado exterior se emplearán farolas con una lámpara de vapor de sodio de alta presión de 150 W cuyo flujo luminoso es de $14\,000\text{ Lm} \times \text{lámpara}^{-1}$, montada en brazo tubular recrecido con fijación mural (E).

3.2.3. Determinación del coeficiente de utilización

La nave tiene un perímetro de 96 m y se pretende iluminar una franja de 10 m desde la misma.

Sólo se alumbrará el frontal oeste (fachada) que tienen 12 m de longitud total. La altura de montaje de las luminarias es de 5 m respecto al suelo.

Para calcular el coeficiente de utilización obtenemos, en primer lugar, el "índice del local", sustituyendo los datos anteriores en la ecuación (2):

$$K=1,70$$

Con este dato y considerando valores de reflexión mínimos, del 10%, obtenemos el coeficiente de utilización a partir de la tabla proporcionada por el fabricante de la luminaria propuesta, correspondiendo con el siguiente valor:

$$C_u=0,64$$

3.2.4. Determinación del coeficiente de conservación

Se considera un coeficiente de conservación medio de 0.7, en espera de un ambiente limpio.

3.2.5. Cálculo del flujo luminoso necesario

Sustituyendo los datos obtenidos en los apartados anteriores en la ecuación (4), obtenemos el flujo luminoso necesario, que en nuestro caso es:

$$\phi_i = 13392,85 \text{ Lm}$$

3.2.6. Cálculo del número de lámparas y luminarias

Sustituyendo en la ecuación (5), obtenemos: Número de lámparas = 0,96 lámparas → 1 lámpara tipo E, la cual será colocada en el frontal oeste. Su distribución se define en el Documento N° 2 Planos. En la tabla 8 se presenta un resumen del alumbrado exterior.

Resumen del alumbrado exterior

Recinto a iluminar	Tipo	N° Lámparas	Potencia lámpara (W)	Potencia total (W)	Potencia total (KWh/día)
Exteriores de la nave (Sur, Este y Oeste)	E	1	150	150	1,5
TOTAL				150	1,35

9 horas de iluminación nocturna (21:00 h → 6:00 horas)

3.3. Cálculo de la iluminación de emergencia

Las instalaciones destinadas a alumbrado de emergencia tienen por objeto asegurar, en caso de fallo de la alimentación al alumbrado normal, la iluminación necesaria en los locales y accesos hasta la salida, para una eventual evacuación del edificio o iluminar otros puntos que se señalen. La iluminación de emergencia ha de satisfacer los requisitos marcados en el Anejo N° 13, Justificación del DB-SI

3.3.1. Elección del sistema de alumbrado de emergencia y luminarias

La luminaria empleada en el alumbrado de emergencia se describe a continuación:

- Luminaria de emergencia fluorescente de 8 W y flujo luminoso de 142 Lm (F).

3.3.2. Necesidades de alumbrado de emergencia

Las necesidades de alumbrado interno de emergencia se particularizan en la siguiente tabla:

Resumen de necesidades de alumbrado interno de emergencia.

Recinto a iluminar	Tipo	Nº lámparas	Potencia lámpara	Potencia total (W)
Sala cabezal	F	2	8	16
Almacén	F	3	8	24
Pasillo	F	1	8	8
TOTAL				48

4. TOMAS DE FUERZA

4.1. Tomas de corriente

Para cada uno de los recintos se proyectan las siguientes tomas de corriente:

Tabla 10. Tomas de corriente

Recinto	Número	Potencia (W)	Potencia total (W)	Potencia diaria Estimada
Sala cabezal	1	250	250	-
Almacén	2	250	500	0,5
Pasillo	-	-	-	-
Aseo	1	250	250	0,25
Vestuario	1	250	250	0,25
Oficina	2	250	500	0,5
TOTAL			1750	1,5

El consumo de tomas de corriente para las distintas dependencias es muy relativo, ya que no se trata de unas instalaciones en las que se desarrollen las 8-10 horas de trabajo en el mismo puesto. Habrá días (épocas) en las que el consumo en la oficina, por ejemplo, sea nulo. Por tanto, desglosemos minuciosamente el potencial consumo de cada dependencia:

- Sala cabezal: Hay un toma de 250 W. El consumo eléctrico de esta toma será, prácticamente, nulo, ya que todas las maquinarias necesarias para el riego están conectadas a las tomas de fuerza necesarias. No se tiene en cuenta a la hora de dimensionar el sistema FV.
- Almacén: En el almacén disponemos de 2 tomas de corriente. El tiempo de estancia medio del almacén no será muy elevado por parte de los operarios, y potencialmente no se prevé conectará ningún aparato a la red eléctrica. No obstante, y para mayorar el dimensionado, haremos los cálculos en base a una toma de corriente con un uso de 2 horas al día, lo que da 0,5 Kwh./día.
- Aseo: En el aseo, estimaremos un consumo de 0,25 Kwh. /día.
- Vestuario: En esta zona se estima un consumo de 0,25 Kwh. /día.
- Oficina: La oficina de la explotación no se usará a diario ya que la actividad que se va a desarrollar no requiere la presencia de un administrativo y/o técnico de manera diaria. Se estima que el técnico pase por la explotación 2 veces al mes, al igual que la labor administrativa, a razón de 2 horas cada visita, son 8 horas al mes. Haremos los cálculos con 10 horas al mes, lo que representa 0,33 horas al día. Igualmente, volvemos a mayorar y dejamos el consumo en 0,5 horas/día, con lo que tenemos un valor de 0,5 Kwh. /día.

4.2. Tomas de fuerza para maquinaria

Las tomas de fuerza necesarias para cada una de las maquinas proyectadas se recogen en la siguiente tabla:

Tomas de fuerza para maquinaria.

Maquinaria	Numero	Potencia (W)	Potencia total (Kw h/día)
Maquinaria de inyección y regulación del pH	1	710,61	1 *
Bomba de impulsión	1	4045,25	43,7

TOTAL	4755,86	44,7
--------------	---------	-------------

* La inyección de fertilizante no se realiza durante todo el tiempo de riego, por tanto, habrá que estimar de manera óptima su tiempo de funcionamiento. El tiempo de riego mayor corresponde al mes de Junio, con 3,6 horas por cada sector. La inyección de fertilizante se realiza, aproximadamente, después del 60 % del tiempo de riego, y nos guardamos un 10 % del tiempo de riego después de la inyección para la limpieza de tuberías y la correcta movilización del abono en el suelo, por lo que nos queda un 30 % del tiempo total de riego, es decir, 60 minutos → 1 hora. Por tanto, el consumo eléctrico de esta maquinaria se mayor a **1 Kw x h /día.**

4.3. Conclusión

La potencia requerida referida a Kwh. /día estará entorno a 51,44 Kwh. /día mientras que la potencia total instalada es de 8538,86 w.

5. DESCRIPCIÓN Y DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA AUTÓNOMA.

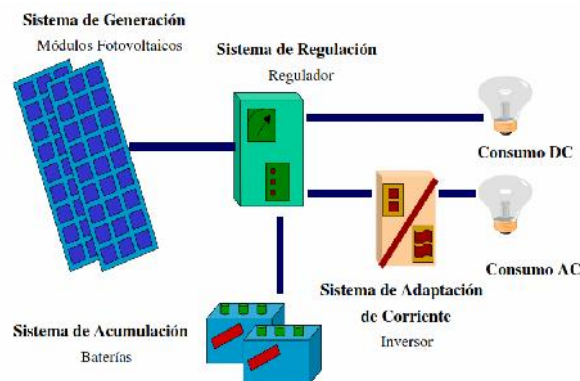
5.1 Introducción.

El propósito del dimensionado del sistema FV es el cálculo de los elementos del sistema (básicamente potencia del generador FV, capacidad de la batería y cableado) para suministrar de modo fiable un determinado consumo eléctrico combinando la máxima fiabilidad y mínimo coste.

El correcto dimensionado de un sistema FV autónomo implica una armonía entre los tamaños del generador FV y batería de acumulación. Por un lado cuanto más potencia de generador y más capacidad de batería se instalen para satisfacer un mismo consumo, se obtendrá un sistema con menor probabilidad de fallo, pero también aumentará su coste. Así, un sistema con una potencia muy elevada de generador FV necesita muy poca batería y viceversa. Además del óptimo económico de inversión inicial, es necesario tener en cuenta que un sistema con mucha potencia de generador FV en relación con la capacidad de la batería conduce un desperdicio energético por encontrarse la batería completamente cargada. En el caso de un sistema con excesiva capacidad de batería en relación con la potencia del

generador F V, se tendrán problemas para conseguir cargarla batería completamente, con los consecuentes efectos de degradación y reducción de su tiempo de vida.

Una de las prioridades de la instalación será el ahorro de la energía. El elevado precio de los paneles fotovoltaicos y de las baterías hace que se deba tratar de optimizar su dimensionado, empleando elementos de consumo que desaprovechen la menor cantidad de energía posible. El siguiente es un ejemplo de una estación fotovoltaica autónoma.



Fuente: CIEMAT. Universidad de Jaén

5.2 Dimensionado

El dimensionado de los sistemas FV se puede diseñar mediante dos metodologías:

- Probabilidad de pérdida de carga LLP.

Basado en el concepto de "*Loss of Load Probability*" LLP o probabilidad de pérdida de carga, indicador de que el sistema falle o no sea capaz de suministrar el consumo requerido. Por ejemplo una LLP del 1 % indicaría que a largo término la disponibilidad del sistema para el consumo de diseño sería del 99%. Es un método basado en cálculos con ordenador. Se especifica el consumo de diseño, incluyendo los rendimientos del regulador de carga, de carga de la batería, y del inversor. Se trata de utilizar los modelos de los distintos componentes (radiación solar, generador, batería, regulador...) para determinar cuanta energía de generador es necesaria para suministrar el consumo de diseño con una determinada fiabilidad o probabilidad de fallo. Esto depende del tamaño del generador y de la batería y de la radiación solar disponible. La LLP depende pues del tratamiento estadístico de los datos de radiación solar. Una vez que se obtienen diferentes combinaciones de batería/generador FV se ha de proceder a calcular los costes de los

sistemas para la determinación de la configuración óptima. Existen programas comercialmente disponibles para realizar este tipo de dimensionado.

▪ **"Amperios-hora"**.

Estos métodos se basan en el cálculo del consumo diario en amperios-hora, teniendo en cuenta las pérdidas entre la batería y las cargas y el rendimiento de carga de la batería. La batería se dimensiona teniendo en cuenta el "número de días de autonomía", entendido como aquel número de días durante los cuales la batería puede satisfacer el consumo de una determinada instalación sin generación FV (con radiación solar nula). Para dimensionar el generador FV y obtener su orientación óptima son necesarios los datos de irradiación del lugar de la instalación. En el caso más simple se supone un consumo constante durante todo el año, en cuyo caso se necesitan los valores diarios medios mensuales en el plano del generador para el peor mes del año y el ángulo óptimo de inclinación.

Mientras que éste último método se puede realizar con cálculos simples, el primero requiere cálculos mediante ordenador.

Dimensionaremos nuestro sistema fotovoltaico con la metodología amperios-hora.'

El método está basado en simples principios:

- Se dimensiona para que la producción del generador fotovoltaico sea igual al consumo (en valores promedio).
- Se dimensiona para que la batería pueda abastecer el consumo cuando no hay sol durante un determinado número de días consecutivos.

Los pasos fundamentales en el proceso de dimensionado son:

- Determinación de los consumos.
- Cálculo de la radiación solar disponible sobre superficies en diferentes orientaciones (acimut, α o ángulo que mide la desviación respecto del sur, y la inclinación, β , o ángulo formado por la superficie de los módulos y el plano horizontal).
- Cálculo de la capacidad de batería.

- Cálculo de la potencia necesaria del generador FV.
- Selección del regulador de carga
- Selección del inversor, si se utiliza.
- Dimensionado del cableado.

5.2.1 Dimensionado de la estación fotovoltaica mediante el método Amperios- hora. Método simplificado.

- Cálculo de los consumos diarios

Se trata de obtener el consumo medio diario, en amperios-hora por día, en la batería. Al utilizar un inversor se ha de tener en cuenta su rendimiento, que puede ser diferente para diferentes consumos. Se debería establecer un perfil de consumo diario para obtener el nivel de potencia a la que opera el inversor, y por tanto su rendimiento.

Para estimar los consumos es necesario confeccionar un listado de los diversos aparatos conectados al sistema, el número de horas de uso diario y el voltaje nominal de operación de cada uno. En principio la determinación del consumo resulta clara y directa: únicamente se necesita calcular el consumo de energía de todos los dispositivos que se incluirán en el sistema fotovoltaico. En la práctica, sin embargo, la demanda de energía resulta incierta, porque a menudo se desconoce el periodo de tiempo en que funcionará cada aparato.

La tensión (voltaje) nominal del sistema es normalmente la necesaria para las cargas de mayor. La definición del voltaje determina la corriente del sistema, que es necesario mantener en unos niveles aceptables.

La selección del inversor es importante e influye tanto en el coste como en el funcionamiento y la fiabilidad del sistema.

La demanda diaria mayor se produce en el mes de Junio, ya que es cuando más consumo hay. La demanda se ha estimado en 51,44 Kwh./día, por lo que nuestro sistema trabajará a 24 V.

- Cálculo de la potencia y de la corriente pico

Este paso es necesario para el dimensionado del regulador de carga, inversor, cableado, fusibles, etc..., de modo que puedan soportar la potencia pico. Consiste en sumar la

potencia, en este caso sólo hay potencia AC, del consumo y dividirlo por el rendimiento de la batería y el rendimiento del inversor. En nuestro caso:

$$E_{elec} = \frac{E_{TCA}}{\eta_B \times \eta_{INV}} \quad (6)$$

Donde:

- E_{TCA} es carga diaria en corriente alterna.
- η_B : eficiencia carga/descarga de la batería
- η_{inv} : eficiencia media diaria del inversor

Para el diseño de ambos sistemas se utilizan valores de $\eta_B = 0.90$ y $\eta_{inv} = 0.9$, entonces:

$$\frac{51,44}{0,90 \times 0,90} = 63,50 \text{ Kwh/día}$$

- Estimación de la capacidad de la batería.

La capacidad de la batería se calcula en función del número de días de autonomía (N) y del consumo medio diario (L), de acuerdo con la expresión:

$$CB = \frac{L \times N}{DOD} \quad (7)$$

donde:

- CB: es la capacidad de la batería, en Wh.
- L: es la energía real necesaria, en Wh.
- N: el numero de días de autonomía. Este parámetro es sensible de un estudio detallado.
 - Teniendo en cuenta que nos encontramos en Almería, y teniendo en cuenta que la época de mayor demanda de energía y las necesidades son, prácticamente, diarias coinciden con los periodos en los que, prácticamente, todos los días son soleados (primavera), la autonomía se ha fijado en 3 días (mínima autonomía permitida) , para abaratar costes de instalación.
- DOD: máxima profundidad de descarga de la batería. La establecemos, en función de las características de la batería, en un 80 %

Por tanto,

$$CB = \frac{63500 \times 3}{0,80} = 238125 \text{ Wh} \quad CB = \frac{238125}{24} = 9921,88 \text{ Ah}$$

En resumen, el tamaño del sistema de acumulación será de 9921,88 Ah, por lo que elegimos cinco baterías de 2000 Ah. en paralelo, lo que nos da 10000 Ah

Nº baterías en paralelo: $\frac{9921,88}{2000} = 4,96 \approx 5$ batería en paralelo.

Voltaje nominal de la batería: 2 V

Voltaje nominal del sistema es de 24 V.

Nos da un total de 60 baterías montadas en serie, es decir, 5 agrupaciones en paralelo de 12 baterías montadas en serie.

Información batería. Datos técnicos.

- Marca: XXX
- Modelo: XXX-2000
- Tipo: Pb – ácido vasos de 2 V
- Voltaje Nominal (V): 2
- Capacidad nominal (Ah): 2000

Llegado a este punto, tenemos que conocer la radiación que llega a los paneles solares para seguir adelante con el dimensionado. Es por ello que debemos de estudiar la geometría solar, por lo que abrimos un subapartado a modo de nota, ya que es una materia que, aunque es complementaria al dimensionado, es distinta.

▪ **NOTA: Geometría solar.**

La tierra gira en torno al Sol, obedeciendo a las leyes de la gravitación universal y describiendo una órbita elíptica en la que el Sol ocupa uno de los focos.

Posición relativa del Sol respecto a las superficies terrestres

- Declinación solar: La calcularemos para el solsticio de invierno. Por tanto, la declinación es de $-23,5^\circ$.
- Superficies horizontales

En la mayoría de las aplicaciones es necesario determinar la posición del Sol en relación a una superficie inclinada un ángulo, β (formado por la superficie con el

plano horizontal) y orientada un ángulo de acimut, α , (ángulo formado por las proyecciones sobre el plano horizontal de la normal a la superficie y del meridiano del lugar)

Para especificar la posición de un punto en la superficie de la tierra es necesario conocer su latitud, ϕ (ϕ se define como positiva en el hemisferio norte y negativa en el sur), y su longitud, L.

Para localizar la posición del Sol en la esfera celeste, en un sistema de coordenadas esféricas fijo en un punto de la tierra, donde el plano xy coincide con el plano horizontal, y el eje x está orientado hacia el ecuador del observador (hacia el Sur en el hemisferio Norte y hacia el Norte en el hemisferio Sur), es necesario determinar dos ángulos: la distancia cenital θ_{zs} , ángulo formado por el vector Sol tierra con el eje z, (o su complementario, γ_s ángulo de elevación) y el ángulo acimutal, ψ_s que forman la proyección del vector Sol-Tierra sobre el plano xy con el eje x. Conocidos estos ángulos ya podemos determinar la posición del sol con exactitud.

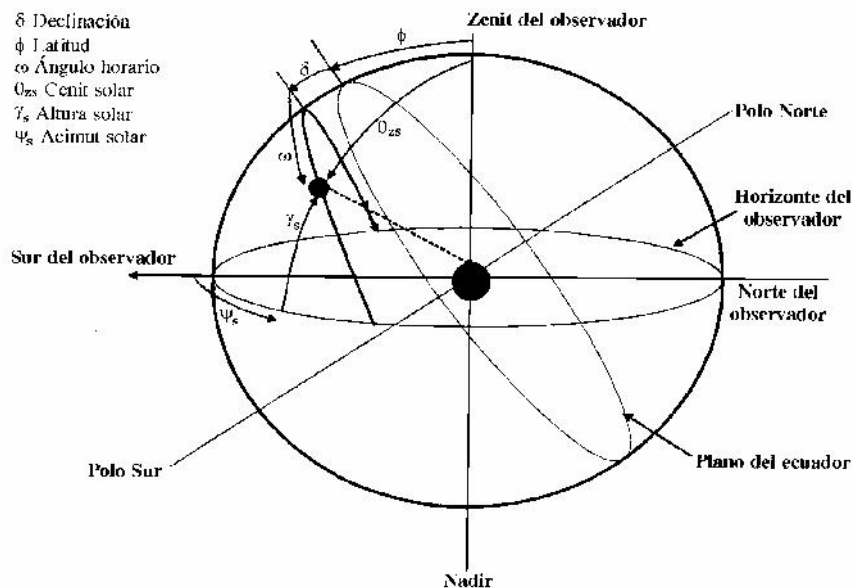


Figura : Esfera celeste y coordenadas solares relativas a un observador en la superficie de la tierra. Sistemas fotovoltaicos. Alonso Abella. 2005

Mediante relaciones elementales de trigonometría esférica se puede expresar la elevación, γ_s , y el acimut solares ψ_s , en un instante determinado, en función del ángulo solar horario, la declinación y la latitud. Esto es de la siguiente forma:

$$\theta_{zs} + \gamma_s = \frac{\pi}{2} \quad (8)$$

$$\cos \theta_{zs} = \sin \delta \times \sin \phi + \cos \delta \times \cos \phi \times \cos \omega = \sin \lambda_s \quad (9)$$

Entonces, conocida la latitud (ϕ), la declinación (δ) y la hora solar (ω) ($\omega = 0$ para el mediodía) ya podemos calcular la distancia cenital (θ_{zs}) y/o el ángulo de elevación solar (γ_s).

Entonces:

- Declinación solar (δ): $-23,5^\circ$
- Latitud (ϕ): $36,80^\circ \text{ N}$
- Hora solar (ω): 0

Aplicando la ecuación (9), tenemos que distancia cenital (θ_{zs}) = $60,30^\circ$ y la elevación solar (γ_s) será de $29,70^\circ$ (ambos son complementarios)

Pero aún nos falta conocer un dato para relacionar la incidencia solar en una superficie inclinada a partir de la radiación recibida en una superficie horizontal. Para ello debemos hallar el ángulo de incidencia solar sobre una superficie inclinada un ángulo β (que es el ángulo de la cubierta de la nave, es decir, $16,7^\circ$) y orientada un ángulo α respecto del sur (si estuviésemos en el hemisferio sur sería respecto del norte). Este dato se calcula mediante la expresión 10:

$$\cos \theta_i = \sin \delta \sin \phi \cos \beta - \sin \delta \cos \phi \sin \beta \cos \alpha + \cos \delta \cos \phi \cos \beta \cos \omega + \cos \delta \sin \phi \sin \beta \cos \alpha \cos \omega + \cos \delta \sin \alpha \sin \omega \sin \beta$$

Como se ha dicho anteriormente, un parámetro importante es la orientación (acimut e inclinación) del generador FV. En general conviene tener el generador fotovoltaico orientado hacia el ecuador terrestre (hacia el Sur en el Hemisferio Norte y hacia el Norte en el Hemisferio Sur), por lo que α tomará el valor de 0.

Entonces, la expresión (10) tomará un valor de 0,69 y $\theta_s = 46,29$

El ángulo de inclinación del generador FV respecto de la horizontal, β , para estructuras sin seguimiento solar vendrá determinado por aquel valor que optimice la generación de energía. El ángulo óptimo de inclinación del generador FV se determina como aquel en el que se obtiene la mayor radiación en el peor mes del año (en relación con el consumo para cada mes).

En nuestro caso, el ángulo de inclinación de los paneles solares coincidirá con el de la cubierta, ya que utilizaremos placas de lámina delgada de silicio amorfo, las cuales no precisan de una estructura auxiliar de sujeción.

▪ **NOTA IMPORTANTE:**

El valor a tener en cuenta a la hora de determinar la radiación solar recibida para el dimensionado del sistema fotovoltaico sería el que le corresponde al mes de radiación más desfavorable que, tras consultar la serie histórica de la estación experimental de Las Palmerillas, coincide con el mes de diciembre. Ahora bien, si nos ceñimos a la actividad que se va desempeñar en la finca, nos encontramos que en dicho mes la plantación está en reposo vegetativo, no hay que efectuar riegos, por lo que la mayor demanda de energía eléctrica sería nula, y por extensión, prácticamente la explotación está en su época de mínima demanda energética. **Sería un sobredimensionamiento totalmente innecesario y que dispararía los costes de la instalación fotovoltaica de manera desorbitada e irreal.** Por tanto, y siempre bajo criterio técnico, vamos a designar como mes más desfavorable en cuanto a radiación se refiere al mes de marzo, ya que en este mes se empieza a intensificar el riego (aún muy por debajo de el mes de máxima demanda), no teniendo problemas de autoabastecimiento en los meses de mayor demanda.

Tomando, nuevamente, los **datos climáticos de la estación experimental Las Palmerillas**, de la fundación Cajamar, el mes de marzo arroja una radiación media en los últimos 27 años **de 5,2 Kwh./m²/día.**

El valor obtenido es sobre una superficie horizontal. Existe una relación geométrica entre las irradiancias sobre superficies horizontales e inclinadas, la cual las relaciona, denominándose factor R_b .

$$R_b = \frac{\cos \theta_s}{\cos \theta_{zs}} \quad (11)$$

En el proyecto, $R_b = \frac{\cos 46,29}{\cos 60,30} = 1,40$, por lo que el valor de radiación en marzo habrá que multiplicarlo por 1,40

Resulta conveniente utilizar el concepto de Horas de Sol Pico (HSP): entendido como el número de horas de sol en media diaria a una radiación de 1000 W/m^2 . Es equivalente a la energía total diaria incidente sobre una superficie horizontal en $\text{Kwh./m}^2/\text{día}$.

$$(HPS)_{\alpha,\beta} \equiv G_{dm}(\alpha,\beta) \quad (12)$$

donde:

- $G_{dm}(\alpha,\beta)$ está en $\text{kWh/m}^2/\text{día}$.
- La radiación media del mes de marzo sobre una superficie horizontal es de $5,2 \text{ Kwh./m}^2/\text{día}$, lo que equivale a 5,2 HSP

En nuestro caso, en el mes de marzo y a $16,7^\circ$ orientado al sur $G_{dm}(0,17) = 7,28 \text{ Kwh/m}^2/\text{día}$.
 $= 7,28 \text{ HSP}$

- Cálculo de la potencia nominal del generador FV. Dimensionado de paneles fotovoltaicos.

Es necesario conocer los valores de la radiación media mensual sobre superficie horizontal $G_{dm}(0)$ y poder estimar los valores sobre superficies inclinadas, según los métodos explicados en la NOTA: Geometría solar. El número de horas de sol en la superficie inclinada del proyecto es 7,28 HSP.

El dimensionado de la batería se ha realizado en base al número de días de autonomía. El dimensionado del generador FV se basa en suministrar el consumo medio diario. El tamaño del campo de paneles, o potencia pico de la instalación, se calcula teniendo en cuenta la radiación solar disponible.

Especificaciones técnicas panel FV silicio amorfo elegido

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS CAPTADOR SOLAR	
Potencia máxima P _{mpp} (W _p)	130
Tensión en el MPP V _{mpp} (V)	45,4
Intensidad en el MPP I _{mpp} (A)	2,23
Intensidad de cortocircuito I _{sc} (A)	3
Tensión en circuito abierto V _{oc} (V)	64,08
Coefficiente de temperatura para V _{oc} (%/°C)	0,237
Coefficiente de temperatura para I _{sc} (%/°C)	0,086
Tolerancia de potencia (V)	600
Voltaje máximo del sistema	+ 5%
Incremento de V _{oc} antes de la estabilización	18%

Se utiliza el valor de HSP para el dimensionado. Con este valor, y teniendo en cuenta los vatios pico de un panel se calcula el número de paneles necesario, de acuerdo con la expresión:

$$N_m = N^{\circ} \text{modulosFV} = \frac{L}{W_p (HSP)_{\alpha,\beta} (1 - \eta_d)} \quad (13)$$

Donde:

- L es la energía máxima diaria real necesaria, en nuestro caso es de 51440 wh
- W los vatios pico de módulo FV que se utiliza en la instalación, siendo 130 wp.
- (HSP)_{αβ}: son las horas de sol pico incidentes sobre el plano de los paneles. Este parámetro toma el valor de 7,28 HSP

- η_d : es un factor global de pérdidas que se producen en el generador fotovoltaico. En este factor global de pérdidas están contempladas las pérdidas por conexionado y dispersión de parámetros, las pérdidas debidas al punto de trabajo del sistema, que en general no coincide con el punto de máxima potencia de los paneles. Contempla también la disminución de potencia entre la nominal y la real de los módulos. En este punto hay que recordar que los fabricantes aseguran una potencia pico nominal $\pm 10\%$. Teniendo en cuenta todos estos factores las pérdidas de potencia del generador son al menos de un 10 %.

Aplicando la expresión (13) tenemos un total de 60.04 paneles, equivalentes a 60 paneles. Estos módulos se agruparán en 10 strings de 6 paneles cada uno.

10 Agrupaciones o strings de 6 módulos cada una, es decir, 10 strings en paralelo y en cada string habrá 6 módulos en línea.

- Diseño del regulador-controlador de carga

Los controladores de carga se incluyen en los sistemas FV para proteger las baterías contra sobrecargas y descargas excesivas. La mayoría de los controladores detectan la tensión de batería y actúan de acuerdo con los niveles de tensión. Algunos también poseen sensores de temperatura para compensar el efecto de la temperatura sobre la tensión de la batería y su estado de carga. El controlador debe tener suficiente capacidad para controlar la máxima corriente del sistema. Se recomienda incluir un factor de seguridad de 1,25 respecto de la corriente de cortocircuito del generador para acomodar el incremento de corriente excesiva causada por el aumento de irradiancia que a veces producen las nubes durante cortos periodos de tiempo. Dado que las características y los tipos de reguladores disponibles es muy amplia, se ha de elegir aquel regulador que mejor se adapte al sistema que se está diseñando.

En cuanto a su instalación, el regulador siempre se ha de proteger contra la intemperie, instalándolo preferiblemente en el interior de una caja protegida. Por otro lado, el calor es una fuente común de fallo con lo que se ha de procurar una correcta ventilación.

Tenemos un total de 60 módulos y cada módulo nos proporciona una intensidad de 3 A con un voltaje (VOC) de 64,08 V.

Entonces:

$$I_{sc} = 1,25 \times 6 \times 3 = 22,5 \text{ A} \quad (14)$$

Respecto a la tensión de circuito abierto de cada uno de los strings o agrupaciones de 8 paneles sería la suma de las tensiones de cada uno.

$$V_{oc} = 64,08 \times 6 = 384,48 \text{ V} \quad (15)$$

Con estos datos elegimos un regulador del mercado que tenga una corriente nominal similar, por ejemplo, de 60 A (30 A. hemos calculado nosotros como máximo, admite una corriente máxima de 60 A) y que soporte una tensión del circuito máxima en cortocircuito CC de 512,64V.

Tabla. Especificaciones técnicas regulador

Marca-modelo	XXXX
Voltaje (V)	24
Tensión máxima de circuito abierto del campo FV (V)	600
Intensidad de cortocircuito del campo (CC)	Max 60
Consumo total funcionamiento (W)	2,5

▪ Elección del Inversor

Este paso en el dimensionado está destinado a escoger un inversor para convertir la corriente continua de las baterías en corriente alterna. Se empleará un inversor híbrido para poder utilizarlo también para recargar las baterías mediante un grupo electrógeno si se dieran

unas condiciones de escasa insolación de manera continuada. Emplearemos un híbrido de onda senoidal pura. Se dan 3 valores de potencia en las características técnicas de los inversores, una es referida a la potencia que puede soportar de manera continua, otra es la que puede soportar durante 30 minutos sin dañarse y otra la que puede soportar durante 5 segundos.

En el cálculo de consumos nos ha dado un total 51440 wh y un voltaje de 24V del sistema. Con estos datos buscaríamos un inversor que cumpliera dichas características, fuese híbrido y, además debe de producir corriente trifásica.

Tabla. Especificaciones técnicas inversor

Modelo	XXXX
Tensión nominal batería	24 V
Tensión máxima entrada	600 V
Potencia continua	60 Kw
Potencia 30 mín	60 Kw
Potencia 5 segundos	3 X P nominal
Potencia máxima	Hasta cortocircuito
Cosφ	0.1-1
H_{MAX}	96%
Consumo On/stand by/ Off (W)	30/3/2
Tensión de salida	380 (± 10%)
Frecuencia de salida	50 Hz (± 0,05%) controlado por cuarzo
Protección sobrecarga y cortocircuito	Desconexión automática con 3 intentos de reinicio
Protección de sobretensión	Alarma acústica antes de corte y reinicio automático

- Contador

Se colocará un contador a la salida del inversor, tal y como indica el IDAE

- Cableado

El cableado de un sistema fotovoltaico debe cumplir con el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

La correcta selección del tipo y sección de los conductores aumenta el rendimiento y la fiabilidad del sistema FV.

En general es suficiente con cumplir la normativa expresada en el REBT. Se usan interruptores y fusibles para proteger los equipos y al personal. Los interruptores permiten cortar manualmente el flujo de corriente en caso de emergencia. Los fusibles proporcionan protección contra sobrecorrientes en caso de cortocircuito del sistema o de fallo a tierra.

La sección se calcula en función de la longitud de los cables y de la corriente que circula por ellos. Se ha diseñado las secciones del cableado con una caída entre el 1 y 1,5% dependiendo de los tramos.

Cálculos del cableado de CC

Los conductores positivos y negativos irán entubados de manera separada, según indica la legislación vigente (pliego de condiciones del sistema FV)

1. Tramo generador-regulador

Datos:

- 60 módulos o paneles de 130 wp
- V_{mpp} : 45,4 V
- I_{mpp} : 2,23 A
- 10 strings de 6 módulos cada uno.
- La distancia entre los módulos y el regulador: 25metros.
- Conductor empleado:
 - cobre ($\varphi = 0,018 \times \text{mm}^2/\text{m}$ a 20°C).
 - 3 cables unipolares (positivo, negativo y tierra)
 - Tubo de protección de conductores.

Empleamos el criterio de caída de tensión y el del calentamiento de los cables, considerando el más restrictivo, es decir, el que obligue a emplear mayor sección.

- Criterio de calentamiento.

Si consideramos las tablas del REBT, para cables bajo tubo con 3 cables en el interior del tubo, elegimos la sección de $0,5 \text{ mm}^2$

- Criterio de caída de tensión.

La caída de tensión no podrá superar lo estipulado anteriormente entre el generador y el regulador, que es el 3%, aunque lo recomendado es una caída máxima del 1,5 %

Entonces tenemos:

$$\boxed{\frac{1,5}{100} \times V_{mpp} \times n^{\circ} \text{ paneles}} \quad (16)$$

$$\frac{1,5}{100} \times 45,4 \times 6 = 4,1 \text{ V}$$

Aplicando la ley de Ohm, obtenemos la resistencia máxima admisible.

$$\boxed{R = \frac{V}{I}} \quad (17)$$

donde:

- R: resistencia máxima.(Ω)
- V: Tensión calculada anteriormente.(V)
- I: I_{mpp} (A)

$$R = \frac{4,1}{2,23} = 1,84 \text{ } \Omega$$

A partir de la ecuación de la sección del cable podemos calcular la sección mínima de éste.

$$\boxed{S = \frac{\varphi \times L}{R}} \quad (18)$$

Donde:

- $\varphi = 0,018 \text{ x mm}^2/\text{m}$ a 20°C
- L: longitud del cable
- R: resistencia del cable anteriormente calculada

$$S = \frac{0,018 \times 25}{1,84} = 0,25 \text{ mm}^2$$

Como podemos observar, la sección calculada es inferior a la del criterio del calentamiento, por lo que elegimos la de **$0,5 \text{ mm}^2$** .

La sección es la mas pequeña de las comerciales, por lo que a la hora de montar el sistema FV se podrá poner un conductor de mayor sección, generalmente de $1,5 \text{ mm}^2$.

2. Tramo Regulador - Baterías

Datos:

Se dimensionará de acuerdo con los datos máximos del inversor:

- Intensidad máxima de diseño: 60 A.
- Tensión máxima en circuito abierto: 600 V.
- La distancia entre el regulador y batería: 2 metros.
- Conductor empleado:
 - cobre ($\varphi = 0,018 \times \text{mm}^2/\text{m}$ a 20°C).
 - 3 cables unipolares (positivo, negativo y tierra)
 - Tubo de protección de conductores. (1 tubo para + y otro tubo para – y tierra)

Empleamos el criterio de caída de tensión y el del calentamiento de los cables, considerando el más restrictivo, es decir, el que obligue a emplear mayor sección.

- Criterio de calentamiento.

Si consideramos las tablas del REBT, para cables bajo tubo con 2 cables en el interior del tubo, elegimos la sección de 35 mm^2

- Criterio de caída de tensión.

La caída de tensión no podrá superar lo estipulado anteriormente entre el generador y el regulador, que es el 1%

Entonces tenemos:

$$\boxed{\frac{1}{100} \times V} \quad (19)$$

$$\frac{1}{100} \times 600 = 6 \text{ V}$$

Aplicando la ley de Ohm (ecuación 17) obtenemos la resistencia máxima admisible.

$$R = \frac{6}{60} = 0,1 \text{ } \Omega$$

A partir de la ecuación (18) de la sección del cable podemos calcular la sección mínima de éste.

$$S = \frac{0,018 \times 6}{0,1} = 1,08 \text{ mm}^2$$

Como podemos observar, la sección calculada es inferior a la del criterio del calentamiento, por lo que elegimos la de **35 mm²**.

3. Tramo Baterías - Inversor

Datos:

Se dimensionará de acuerdo con los datos máximos del regulador:

- Intensidad máxima de diseño: 60 A.
- Tensión máxima en circuito abierto: 600 V.
- La distancia entre la batería y el inversor: 1 metros.
- Conductor empleado:
 - cobre ($\varphi = 0,018 \times \text{mm}^2/\text{m}$ a 20°C).
 - 3 cables unipolares (positivo, negativo y tierra)
 - Tubo de protección de conductores. (1 tubo para + y otro tubo para – y tierra)

Empleamos el criterio de caída de tensión y el del calentamiento de los cables, considerando el más restrictivo, es decir, el que obligue a emplear mayor sección.

- Criterio de calentamiento.

Si consideramos las tablas del REBT, para cables bajo tubo con 2 cables en el interior del tubo, elegimos la sección de 35 mm²

- Criterio de caída de tensión.

La caída de tensión no podrá superar lo estipulado anteriormente entre el generador y el regulador, que es el 1%

Entonces tenemos:

$$\boxed{\frac{1}{100} \times V} \quad (19)$$

$$\frac{1}{100} \times 600 = 6 \text{ V}$$

Aplicando la expresión (17), obtenemos la resistencia máxima admisible.

$$R = \frac{6}{60} = 0,1 \text{ } \Omega$$

A partir de la ecuación (18) de la sección del cable podemos calcular la sección mínima de éste.

$$S = \frac{0,018 \times 6}{0,1} = 1,08 \text{ mm}^2$$

Como podemos observar, la sección calculada es inferior a la del criterio del calentamiento, por lo que elegimos la de 35 mm².

En resumen, las secciones en corriente continua son las siguientes:

Tabla Secciones utilizadas en sistema FV

Tramo de cable	Sección calculada (mm²)
Módulo-Módulo	0,5*
Generador-Regulador	0,5*
Regulador-Baterías	35
Baterías-Inversor	35

* Se instalarán siempre cables de mayor sección a criterio del instalador.

▪ Otras consideraciones:

La conexión eléctrica entre los entre los módulos fotovoltaicos se hará mediante los conectores que tienen los módulos para tal fin, los cuales vienen con elementos de protección adecuados.

Los acumuladores, reguladores e inversores se alojarán en un mismo lugar habilitado para ello anexo a la nave. Dentro de este recinto se dispondrá de un armario de conexiones en el cual irán instalados el regulador e inversor, además de la caja general de protección y medida, que aloja los elementos de protección de las líneas generales de alimentación.

Los acumuladores se pondrán distantes del armario de conexiones, ya que los acumuladores pueden despedir gases perjudiciales para estos aparatos.

El inversor deberá de colocarse de manera correcta según indique el fabricante, y deberá de indicar de manera clara cual es la entrada de corriente continua y cual es la salida de alterna. Deberán de dejarse, al menos, 10 centímetros entre él y los demás mecanismos, para evitar sobrecalentamientos.

Dentro del recinto, y dentro del armario de conexiones, deberán de mantenerse unas condiciones óptimas de ventilación para que los distintos mecanismos funcionen de la manera proyectada.

5.3 Caja general de protección y medida

La caja general de protección aloja los elementos de protección de las líneas generales de alimentación.

Se instalará en un nicho dentro de la zona libre privada que posee la parcela, se cerrará con una puerta preferentemente metálica, con grado de protección IK 10 según UNE-EN- 50 102, revestida exteriormente de acuerdo con las características del entorno y estará protegida contra la corrosión disponiendo de una cerradura o candado. La parte inferior de la puerta se encontrará a un mínimo de 30 cm del suelo. El equipo de medida, deberá estar instalado a una altura comprendida entre 0,7 m y 1,80 m. Los fusibles serán de seguridad del tipo gl con una intensidad nominal de 1000 A y un poder de corte de 16 kA.

La caja de protección y medida cumplirá todo lo que sobre el particular se indica en la Norma UNE-EN- 60.439-1, tendrá grado de inflamabilidad según se indica en la UNE-EN- 60.439-3, una vez instalada tendrá un grado de protección IP43 según UNE 20.324 e IK09 según UNE-EN-50.102 y serán precintables.

5.4. Derivación individual

La derivación individual es la parte de la instalación que, partiendo de la línea general de alimentación, suministra energía eléctrica a la instalación. Enlaza la caja general de protección y medida con el cuadro general de distribución.

Su ejecución será en canalización superficial de tubo 131 unipolares de XLPE de 63 mm de diámetro, con la oportuna señalización de la existencia de la canalización y capa de hormigón de 15 cm para protección.

5.5. Sistema de instalación interior

El cuadro general de distribución se situará en el interior de la nave, de este partirán las distintas líneas de distribución que terminarán en los correspondientes cuadros parciales. En dicho cuadro se instalará, un interruptor general automático de corte omnipolar que permita su accionamiento manual y esté dotado de dispositivos de corte contra sobrecargas y cortocircuitos, y los correspondientes dispositivos de protección contra sobrecargas y cortocircuitos por cada uno de los circuitos que parten de él.

También se dispondrá en el cuadro general de un borne para la conexión de los conductores de protección de la instalación anterior con la derivación de la línea principal de tierra, que será de conductor de Cu de 120 mm² aislado de 750V.

Sobre cada dispositivo de protección se pondrá un rótulo con el nombre de la línea o del circuito al que pertenece y en la tapa interior del cuadro se dejará adherido el esquema unifilar del propio cuadro.

La instalación eléctrica se realizara con material de primera calidad y ejecutado por personal especializado, debidamente autorizado por la Delegación de Almería de la Consejería de Industria, Comercio y Turismo de la Junta de Andalucía, y a tenor de lo dispuesto al caso en el vigente Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

El alumbrado se realizará bajo tubos unipolares, en montaje superficial o empotrado en obra. Se procurará la correcta estanqueidad al polvo de las canalizaciones mediante la adecuada instalación de estas.

La instalación de las lámparas de vapor de mercurio se realizará en luminarias cerradas, reflector del tipo industrial colgadas en la estructura de la cubierta de la nave.

La instalación de las oficinas se realizará con tubo de PVC unipolar colocado empotrado en paramentos horizontales y verticales. El diámetro de los tubos de protección, tanto si son flexibles, como rígidos, en función del número de conductores por cada uno de ellos, cumplirá con lo especificado en la Instrucción ITC-BT-21.

Los mecanismos de alumbrado de oficinas serán de intensidad nominal de 10 A y sus protecciones diferenciales serán de alta sensibilidad (30 mA).

Las tomas de corriente de oficinas serán de intensidad nominal de 25 A e irán provistas de su correspondiente toma de tierra.

Las conexiones dentro de las cajas de derivación se realizarán con mecanismos de conexión y no por simple retorcimiento y posterior encintado aislante.

La alimentación desde el cuadro general a los distintos subcuadros y cuadros auxiliares, se realizará con conductor del tipo RV 0,6/1 KV tensión de aislamiento, colocado sobre bandeja preferentemente.

Todos los armarios de los cuadros eléctricos serán estancos y llevarán cerradura con llave.

Cerca de cada uno de los interruptores de cada cuadro se colocará una placa indicadora del circuito a que pertenecen.

Los conductores estarán perfectamente identificados mediante colores normalizados. Para la elección del diámetro de los tubos en función del número de conductores por cada uno de ellos, se estará de acuerdo con la instrucción ITC-BT-21. Las canaletas y los tubos deben de soportar una temperatura mínima de 60 °C sin deformación alguna.

Para la colocación de los tubos se tendrán especialmente en cuenta las siguientes prescripciones:

- El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo preferentemente líneas paralelas a las verticales y horizontales que limitan el local donde se efectúa la instalación.
- Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad de la protección que proporcionan a los conductores. • Las curvas practicadas en los tubos serán continuas y no originarán reducciones de sección inadmisibles. Los radios mínimos de curvatura para cada clase de tubo son los indicados en la ITC-13T-21.
- Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocados y fijados estos y sus accesorios, disponiendo para ello los ' registros que se consideren convenientes y que en tramos rectos no estarán separados entre sí más de 15 m. El número de curvas en ángulo recto situadas entre dos registros consecutivos no será superior a 3. Los conductores se alojarán en los tubos después de colocados estos.

- Los registros podrán estar destinados únicamente a facilitar la introducción y retirada de los conductores en los tubos o servir al mismo tiempo como cajas de empalme o derivación.
- Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener. Su profundidad equivaldrá, cuando menos, al diámetro del tubo mayor más un 50 % del mismo, con un mínimo de 40 mm para su profundidad y 80 mm para el diámetro o lado interior.
- En ningún caso se permitirá la unión de conductores, como empalmes o derivaciones por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión montados individualmente o constituyendo bloques o regletas de conexión. Siempre deberá realizarse en el interior de cajas de empalme o de derivación. Si se trata de cables deberá cuidarse al hacer las conexiones que la corriente se reparta por todos los alambres componentes y si el sistema adoptado es de tornillo de aprieto entre una arandela metálica bajo su cabeza y una superficie metálica, los conductores de sección superior a $6,0 \text{ mm}^2$ deberán conectarse por medio de terminales adecuados, cuidando siempre de que las conexiones, de cualquier sistema que sean, que queden sometidas a esfuerzos mecánicos.
- Para la colocación de los conductores se seguirá lo señalado en la Instrucción ITC-BT-20.
- La instalación empotrada de tubos normales será admisible cuando su puesta en obra se efectúe después de terminados los trabajos de construcción y de enfoscado de paredes, pudiendo el enlucido de los mismos aplicarse posteriormente.
- En la ITC-BT-20 se recomiendan las condiciones para la instalación de los tubos en el interior de los elementos de la construcción. En cualquier caso, las rozas no pondrán en peligro la seguridad de las paredes o techos en que se practiquen. Las dimensiones de las rozas serán suficientes para que los tubos queden recubiertos por una capa de 1 cm de espesor, como mínimo, del revestimiento de las paredes o techos. En los ángulos, el espesor de esta capa puede reducirse a 0,5 cm.

- Las tapas de los registros y las cajas de conexión quedarán accesibles y desmontables una vez finalizada la obra. Los registros y cajas quedaran enrasados con la superficie exterior del revestimiento de la pared o techo cuando no se instalen en el interior de un alojamiento cerrado y practicable.
- Igualmente, en el caso de utilizar tubos normales empotrados en paredes, es conveniente disponer los recorridos horizontales a 50 centímetros, como máximo, de suelo o techos y los verticales a una distancia de los ángulos de esquinas no superior a 20 cm.

5.6. Modulo de dependencias

La instalación de los conductores se realizará bajo tubo de PVC flexible. Este irá empotrado en paredes de obra y suelos.

Se realizará una conexión equipotencial entre las canalizaciones metálicas existentes y las masas de los aparatos sanitarios y todos los demás elementos conductores accesibles.

5.7. Alumbrado exterior

La instalación eléctrica exterior será al aire mediante grapeado en el lado interior de los cerramientos de la nave alimentando a los proyectores ubicados en el exterior de dicho paramento. En el Documento N° 2 Planos se define las características del alumbrado exterior.

Las luminarias proyectadas en el alumbrado exterior son cerradas, con protección contra el agua pulverizada desde cualquier dirección.

Los conductores a emplear serán de Cu de dos unipolares, de 450 v. de tensión de aislamiento en el alumbrado exterior.

5.8. Alumbrados especiales

Se dotará a la instalación con un sistema de alumbrados especiales de emergencia. Con este alumbrado se garantiza una evacuación segura en caso de falta de alumbrado general.

El criterio de diseño se basa en colocar equipos de señalización marcando las salidas, y en aportar una iluminación de emergencia.

Los aparatos autónomos serán del tipo homologado y cumplirán con las normas UNE 20.062.73.

Los equipos autónomos de alumbrado y señalización de emergencia entrarán en funcionamiento automáticamente al producirse un fallo en el alumbrado general, o cuando este baje a menos de 70% de su valor nominal.

Las líneas que alimentan a los equipos autónomos estarán protegidas en cabeza con interruptores automáticos magnetotérmicos de intensidad nominal 10 A, 2 polos e irán asociados a su diferencial de zona.

5.9. Sistema de puesta a tierra

El sistema de puesta a tierra de la instalación estará formado por tantas picas de acero cobreado, de 2 m de longitud y 14 mm de diámetro como sean necesarias para conseguir una resistencia de difusión inferior a 20Ω , a la vez que se conecta a la estructura metálica de la nave, mediante anillo formado por cable de cobre desnudo de 35 mm^2 de sección unido a pilares mediante soldadura aluminotérmica.

Los conductores de protección a cada uno de los receptores tendrán, en general, una sección igual a la del conductor de fase, pudiendo reducirse dichas secciones de acuerdo con la ITC-13T-19.

Las picas de puesta a tierra irán provistas de los medios necesarios para su humectación.

5.10. Instalación y montaje de la maquinaria

Se protegerán convenientemente, los órganos móviles de las máquinas, para evitar los contactos accidentales del personal. Todo elemento con órganos móviles se mantendrá en perfecto estado de conservación, principalmente en lo que se refiere a su equilibrio dinámico y estático, así como la suavidad de marcha en sus cojinetes o caminos de rodadura.

6. MANTENIMIENTO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA.

Para englobar las operaciones necesarias durante la vida de la instalación para asegurar el funcionamiento, aumentar la fiabilidad y prolongar la duración de la misma, se definen dos escalones complementarios de actuación:

- Plan de vigilancia
- Plan de mantenimiento preventivo.

6.1 Plan de vigilancia

- El plan de vigilancia se refiere básicamente a las operaciones que permiten asegurar que los valores operacionales de la instalación son correctos. Es un plan de observación simple de los parámetros funcionales principales (energía, tensión etc.) para verificar el correcto funcionamiento de la instalación, incluyendo la limpieza de los módulos en el caso de que sea necesario.

6.2 Plan de mantenimiento preventivo

- Son operaciones de inspección visual, verificación de actuaciones y otros, que aplicados a la instalación deben permitir mantener dentro de límites aceptables las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de la instalación.
- El plan de mantenimiento debe realizarse por personal técnico competente que conozca la tecnología solar fotovoltaica y las instalaciones eléctricas en general. La instalación tendrá un libro de mantenimiento en el que se reflejen todas las operaciones realizadas así como el mantenimiento correctivo.
- El mantenimiento preventivo ha de incluir todas las operaciones de mantenimiento y sustitución de elementos fungibles ó desgastados por el uso, necesarias para asegurar que el sistema funcione correctamente durante su vida útil.
- El mantenimiento preventivo de la instalación incluirá, al menos, una revisión semestral en la que se realizarán las siguientes actividades:
 - comprobación de las protecciones eléctricas.

- comprobación del estado de los módulos: comprobar la situación respecto al proyecto original y verificar el estado de las conexiones
- comprobación del estado del inversor: funcionamiento, lámparas de señalizaciones, etc.
- comprobación del estado mecánico de cables y terminales (incluyendo cables de tomas de tierra y reapriete de bornas), pletinas, transformadores, ventiladores/extractores, uniones, reaprietes, limpieza.

7. POTENCIA Y DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA.

7.1. Cuadros parciales de potencia

Se definen los distintos cuadros parciales y el cuadro general, además de relacionar la potencia de alumbrado y de fuerza.

Desglosaremos la potencia de cada elemento, y las relacionaremos mediante los cuadros de mando y protección, dependiendo de las zonas y/o usos.

Se establecerán 2 subcuadros eléctricos parciales de mando y protección siguiendo el criterio de ubicación de las tomas fuerza y alumbrado

- Cuadro parcial 1.
 - Iluminación sala cabezal.
 - Maquinaria de inyección de fertilizantes y regulación del pH.
 - Tomas de fuerza de sala cabezal.
 - Alumbrado exterior.

Tabla. Potencia Total cuadro parcial 1

Elemento	Potencia Total (W)
Iluminación sala cabezal	232
Maquinaria y Bomba de impulsión	4754,86
Tomas de fuerza	250
Alumbrado exterior	150
TOTAL	5386,86

- Cuadro parcial 2.
 - Iluminación almacén.
 - Iluminación pasillo.
 - Iluminación aseo/vestuario
 - Iluminación oficina
 - Tomas de fuerza almacén.
 - Tomas de fuerza aseo/vestuario.
 - Tomas de fuerza oficina.

Tabla. Potencia Total cuadro parcial 2

Elemento	Potencia Total (W)
Iluminación almacén	1160
Iluminación pasillo	36
Iluminación aseo/vestuario	108
Iluminación Oficina	348
Tomas de fuerza Almacén (2)	500
Tomas de fuerza aseo/vestuario (2)	500
Tomas de fuerza Oficina (2)	500
TOTAL	3152

Todos los elementos de la instalación eléctrica funcionan con corriente monofásica, a excepción del equipo de abonado y bomba de impulsión, que será trifásica.

Las líneas son abiertas, ya que son alimentadas por uno de sus extremos, no por ambos.

7.2. Cálculos de líneas de distribución eléctrica. Secciones de los conductores.

7.2.1. Cálculos eléctricos

En referencia al $\cos\phi$, el inversor del sistema fotovoltaico nos da un $\cos\phi=0,96$, por lo que tomaremos un valor de 0,90 para toda la instalación, colocando sistemas de corrección del factor de potencia si fuese necesario para mantener dicho valor. La potencia total en el cuadro general de mando y protección es de 8538,86 w, y en relación al W_p de la instalación fotovoltaica es de 0,9, valor óptimo entre la potencia W_p y la potencia de la instalación eléctrica.

Para los cálculos eléctricos vamos a servirnos de las siguientes fórmulas electrotecnias:

Sistema Monofásico:

$$I = \frac{P_c}{(U \times \cos\phi \times R)}$$

$$e = \frac{(2 \times L \times P_c)}{(k \times U \times S \times R)}$$

Sistema Trifásico:

$$I = \frac{P_c}{1,72 \times (U \times \cos\phi \times R)}$$

$$e = \frac{(L \times P_c)}{(k \times U \times S \times R)}$$

Donde:

- P_c = Potencia de cálculo (W).
- U = Tensión de servicio (V) 230 V en monofásico y 380 V en trifásico.
- $\cos\Phi$ = factor de potencia, en nuestro caso consideramos $\cos\Phi=0,9$.
- R = Rendimiento (para líneas motor)
- e = caída de tensión (V)
- K = conductividad ($Cu = 56$, $Al = 35$)
- L = longitud de la línea de cálculo (m)
- S = Sección del conductor (mm^2)
- Criterio de cálculo: C.T. máx 3 %

8. RESULTADOS. CUADRO GENERAL DE MANDO Y PROTECCIÓN

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)
ACOMETIDA	8538,86	10	4x16Al	14,51	77.6	0.40	0.40
LINEA GENERAL ALIMENT.	8538,86	0.3	4x10+TTx10Cu	14,51	60	0	0
DERIVACION IND.	8538,86	1	4x6+TTx6Cu	14,51	44	0.06	0.06
SUBCUADRO 1	5386,86	0,4	4x2.5+TTx2.5Cu	9,16	18.5	0.04	0.10
SUBCUADRO 2	3152	0.4	2x2.5+TTx2.5Cu	15,91	18.5	0.08	0.14

Subcuadro 1

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)
AGRUP. MAQ. CABEZAL	4754,86	11,83	4x2.5+TTx2.5Cu	9,50	22	0,28	0,38
ALUM. SALA CABEZAL	580	13,89	2x2.5+TTx2.5Cu	0,91	21	0,23	0,33
TOMA FUERZA SALA CAB	250	7,53	2x2.5+TTx2.5Cu	0,16	21	0,27	0,37
ALUM. EXTERIOR	150	1,58	2x2.5+TTx2.5Cu	0,65	21	0,01	0,11

Subcuadro 2

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)
AGRUPACIÓN 1	1804	0.3	2x4+TTx4Cu	9,11	23	2,20	2,34
ALUM. ALMACÉN	1276	35,26	2x4+TTx4Cu	6,44	23	1,82	1,96
ALUM. PASILLO	72	12,64	2x1.5+TTx1,5Cu	0,36	15	0,1	0,24
TC ASEO/VESTUARIO	108	15,1	2x1.5+TTx1,5Cu	0,54	15	0,18	0,32
ALUM. OFICINA	348	3,49	2x1.5+TTx1,5Cu	1,75	15	0,13	0,27

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)
AGRUPACIÓN 2	1000	0.3	2x2.5+TTx2.5Cu	5,05	15	1,95	2,1
TC 1 ALMACÉN.	250	10,19	2x1.5+TTx1,5Cu	1,26	15	0,28	0,42
TC 2 ALMACÉN	250	1,95	2x1.5+TTx1,5Cu	1,26	15	0,05	0,19
TC 1 OFICINA	250	6,15	2x2.5+TTx2,5Cu	1,26	21	0,1	0,24
TC 2 OFICINA	250	6,72	2x2.5+TTx2,5Cu	1,26	21	0,11	0,25
AGRUPACIÓN 3	500	0.3	2x1.5+TTx1,5Cu	9,11	15	2,52	2,66
TC 1 ASEO	250	6,15	2x2.5+TTx2,5Cu	1,26	21	0,1	0,24
TC 2 ASEO	250	6,09	2x2.5+TTx2,5Cu	1,26	21	0,1	0,24

9. ESQUEMA ELÉCTRICO UNIFILAR

En el Documento N° 2 Planos, se presenta el esquema eléctrico unifilar justificado en el presente Anejo.

10. DOCUMENTACIÓN CONSULTADA

- **Ministerio de Ciencia y Tecnología.** (2002). Reglamento electrotécnico para baja tensión e instrucciones técnicas complementarias (ITC) BT 01 a BT 51. Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto (nº 224, 18/09/2002).
- **Ministerio de Fomento.** (1998). Normas tecnológicas de la Edificación. NTE. Instalaciones. Centro de Publicaciones. Secretaría General Técnica. Ministerio de Fomento.
- **Sistemas fotovoltaicos: Introducción al diseño y dimensionado de instalaciones de energía fotovoltaica.** Miguel Alonso Abella. 2005
- Documentación **Agencia Andaluza de la Energía.** Junta de Andalucía.
- Material académico de la asignatura **Electrotecnia** de la titulación ITA (EPS. UAL).
Profesora: Rosa Chica Moreno