

Universidad de **Cádiz**

Proyectos fin de carrera de Ingeniería Técnica Industrial.

Especialidad Electrónica Industrial.

Centro: ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS

Titulación: Ingeniería Técnica Industrial.
Especialidad Electrónica Industrial.

Título: Instalación fotovoltaica de 131 kW para un centro de ocio.

Autor: José Carlos Mauricio Redondo

Fecha: Junio 2012

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA



UCA

Universidad
de Cádiz



EPS
ALGECIRAS



TOMO I

MEMORIA DESCRIPTIVA

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA **PARA UN CENTRO DE OCIO**

TITULACIÓN: INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL, ESP.ELECTRÓNICA INDUSTRIAL

AUTOR: JOSÉ CARLOS MAURICIO REDONDO

CONVOCATORIA: JUNIO 2012

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

ÍNDICE

Contenido

1) Introducción.....	5
1.1 Antecedentes	5
1.1.1 Finalidad.....	5
1.1.2 Objetivos.....	5
1.1.3 Emplazamiento	6
1.1.4 Normas y reglamentos.....	7
1.2 Descripción del funcionamiento de una instalación fotovoltaica	8
2) Radiación Solar	11
2.1 El sol como fuente de energía	11
2.2 Terminología.....	11
2.3 Distribución de la radiación solar.....	12
2.4 Radiación solar directa e indirecta.	13
2.5 Geometría solar	14
2.6 Recorrido óptico de la radiación solar.....	15
2.7 Irradiancia en superficies inclinadas	15
2.8 Horas de sol pico	19
2.9 Reflexión del suelo.....	19
2.10 Aparatos de medida de la radiación solar.....	20
3) La célula solar	21
3.1 Efecto fotovoltaico	21
3.1.1 Principio de funcionamiento	21
3.1.2 Funcionamiento de una célula solar de silicio	23
3.2 Características eléctricas de las células solares	24
3.2.1 Circuito equivalente de una célula solar	24
3.2.2 Parámetros característicos y curvas de las células solares	27
3.2.3 Sensibilidad espectral.....	28
3.2.4 Rendimiento de las células y de los módulos fotovoltaicos	28
3.3 Tipos de células	30

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

3.3.1	Comparativa entre los distintos tipos de células.....	31
3.3.2	Células de silicio monocristalino.....	31
3.3.3	Células de silicio amorfas.....	34
3.3.4	Células Cobre-Indio-Diselenio (CIS).....	35
3.3.5	Células de Telurio de Cadmio (CdTe).....	36
3.3.6	Células Híbridas (Células solar HIT).....	37
4)	Componentes de una instalación fotovoltaica.....	38
4.1	Módulos fotovoltaicos.....	38
4.1.1	Funcionamiento.....	38
4.1.2	Ensayos de módulos.....	41
4.1.3	Conexión de módulos fotovoltaicos.....	44
4.1.4	Fabricación.....	45
4.1.5	Diseño de los módulos.....	50
4.2	Inversores.....	56
4.2.1	Introducción.....	56
4.2.2	Inversores de conexión a red.....	57
4.2.3	Características de los inversores.....	61
4.2.4	Seguimiento del punto de máxima potencia.....	65
4.3	Accesorios.....	66
4.3.1	Caja de conexiones del generador fotovoltaico, diodo de bloqueo y fusibles.....	66
4.3.2	Cableado y conducciones.....	68
4.3.3	Interruptor en carga de corriente continua.....	70
5)	Análisis de sombras.....	71
5.1	Análisis de sombras.....	71
5.1.1	Tipos de sombras.....	71
5.1.2	Cálculo de sombras.....	73
5.1.3	Influencia de las sombras en función del conexionado y configuración del generador.....	74
5.1.4	Sombras producidas por la propia instalación.....	75
6)	Diseño instalaciones conectadas a red.....	77
6.1	Procedimiento legal para la conexión a red y puesta en marcha de la instalación fotovoltaica.....	77
6.2	Aspectos técnicos.....	79
6.3	Datos necesarios para el diseño de la instalación.....	81

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

6.4	Configuraciones de la instalación.....	84
6.4.1	Configuración de inversor centralizado.....	84
6.4.2	Configuración de inversor por ramal.....	85
6.4.3	Configuración de inversor en módulos.....	86
6.4.4	Ubicación del inversor, protecciones y contadores.....	87
6.5	Dimensionado del inversor y generador FV.....	88
6.5.1	Estudio previo al cálculo de la potencia.....	88
6.5.2	Distancia mínima entre filas de módulos consecutivas.....	93
6.5.3	Cálculo del número de paneles.....	94
6.5.4	Elección del inversor.....	95
6.6	Instalación eléctrica de baja tensión en C.C.....	97
6.7	Línea subterránea de baja tensión en C.A.....	98
6.7.1	Conexión del neutro.....	100
6.7.2	Cruzamientos.....	100
6.7.3	Paralelismos.....	101
6.7.4	Caja de seccionamiento.....	102
6.7.5	Caja General de Protección.....	102
6.7.6	Empalmes.....	102
6.7.7	Terminales.....	103
6.7.8	Derivaciones.....	103
7)	Centro de Transformación.....	104
7.1.	Características generales del Centro de Transformación.....	104
7.2.	Descripción de la instalación.....	105
7.2.1.	Obra Civil.....	105
7.2.2.	Instalación eléctrica.....	108
7.2.3.	Puesta a tierra.....	113
7.2.4.	Instalaciones secundarias.....	114
8)	Bibliografía.....	116
8.1	Libros.....	116
8.2	Fuentes en línea.....	116
8.3	Software.....	117

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

1) Introducción

1.1 Antecedentes

1.1.1 Finalidad

Este proyecto se ha realizado con el fin de terminar los estudios de la titulación de Ingeniería Técnica Industrial, especialidad de Electrónica Industrial, de la Escuela Politécnica Superior de Algeciras (Universidad de Cádiz). Dicho proyecto estará formado por:

- Memoria descriptiva.
- Memoria de cálculos.
- Estudio de seguridad y salud.
- Pliego de condiciones técnicas.
- Estudio de impacto ambiental.
- Presupuestos.
- Planos.

1.1.2 Objetivos

El objetivo de este proyecto es explicar y describir el funcionamiento, características técnicas, constructivas y de seguridad de la instalación, además del presupuesto y el emplazamiento de la instalación solar fotovoltaica conectada a red de 117,26 kW de potencia obtenidos por la instalación de paneles instalados en la cubierta del edificio Kora, centro de ocio.

Además como objetivo secundario, se fomenta y promueve la energía solar fotovoltaica como alternativa necesaria y válida a otras formas de obtención de energía eléctrica no renovable.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

1.1.3 Emplazamiento

La provincia donde se sitúa la planta fotovoltaica es Sevilla, cerca de El Paseo de las Delicias, concretamente ubicada en la SE-30 Tramo Este. Las coordenadas son las siguientes:

37° 22' 12,35" N

5° 56' 5,88" O

A continuación, se puede observar una foto satélite del emplazamiento, obsérvese como el edificio aún no sale debido a que es de nueva construcción.



Figura 1. Emplazamiento del edificio a construir (fuente <http://maps.google.es/>)

La situación del edificio y de la zona de la instalación se verá con más detalle en el plano n°1

El emplazamiento se verá con más detalle en el plano n° 2

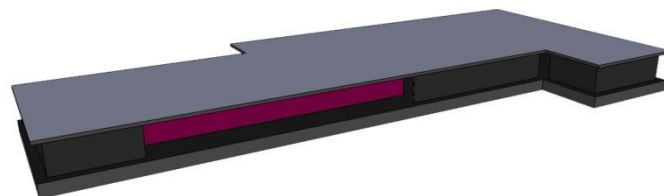


Figura 2. Vista del edificio

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

1.1.4 Normas y reglamentos

Para una correcta ejecución del proyecto, se debe tener en cuenta las siguientes normativas y reglamentos de España:

- Ley 54/1997, del 27 de noviembre, del sector eléctrico.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, Código Técnico de Edificación.
- Real Decreto 1663/2000, de 29 de septiembre sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión.
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de energía eléctrica.
- Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, reglamento de líneas eléctricas de alta tensión (RLAT).
- Real Decreto 1578/2008, de 26 de septiembre, de retribución de la actividad de producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica.
- Real Decreto Ley 14/2010 de 23 de diciembre en el que se modifica retroactivamente todas las tarifas reguladas y prometidas en el Real Decreto 661/2007.
- Normas UNE.
- Recomendaciones UNESA.
- Normas particulares de la compañía suministradora para instalaciones de enlace en el suministro de energía eléctrica en baja tensión.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

1.2 Descripción del funcionamiento de una instalación fotovoltaica

Una instalación fotovoltaica tiene como objeto producir electricidad a partir de la energía solar.

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

Las instalaciones aisladas, a su vez, se dividen en función de los equipos intermedios que forman parte de la instalación, en instalaciones aisladas sin baterías e instalaciones aisladas con baterías. Entre las instalaciones aisladas sin baterías, la aplicación más frecuentes es el bombeo de agua y entre las instalaciones aisladas con baterías las aplicaciones más frecuentes son la electrificación rural, telecomunicaciones, señalización, juguetería, alumbrado público, etc. Además, si en el lugar aislado de la red se utiliza, además de una instalación fotovoltaica, otro sistema complementario de producción de energía eléctrica, la instalación se denomina mixta.

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

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

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

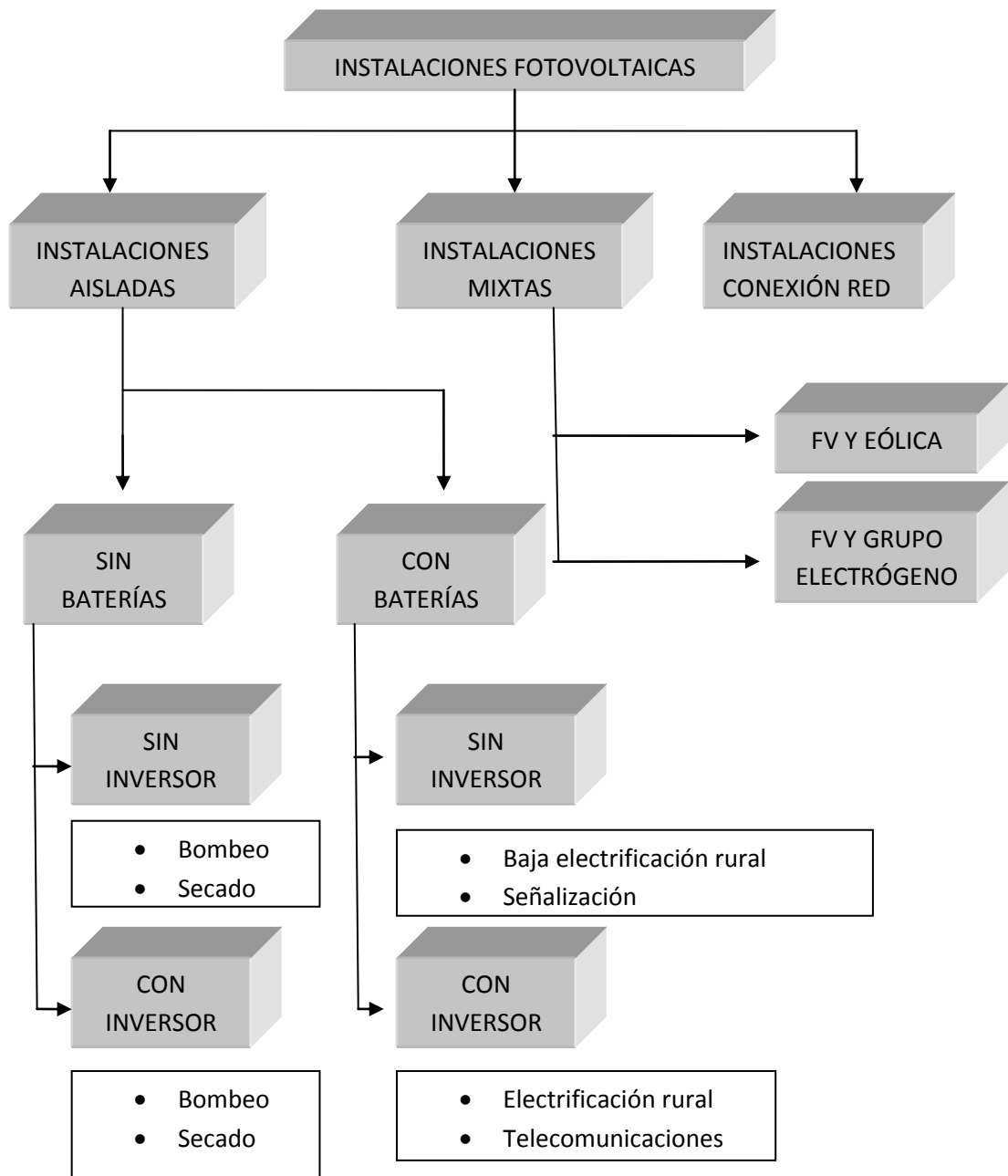


Figura 3. Tipo instalación fotovoltaica

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

Instalaciones aisladas

Las primeras aplicaciones comerciales de la energía fotovoltaica fueron la de suministrar energía eléctrica a un lugar aislado, estas aplicaciones se mantienen hoy día en lugares donde la red eléctrica convencional está distante, siendo los usos más frecuentes los de suministros de energía a casas de campo, aplicaciones agrícolas y ganaderas, bombeo agua, señalización y telecomunicaciones.

Este tipo de instalaciones viene creciendo anualmente aunque el gran potencial de las instalaciones fotovoltaicas aisladas se sitúan en los países en vías de desarrollo, donde se pueden encontrar con mayor frecuencia zonas aisladas de la red de suministro.

Instalaciones mixtas

Como se verá posteriormente, en algunas ocasiones, en lugares aislados de la red eléctrica, debido al perfil de la demanda de energía y en función de la aplicación, se suelen complementar la instalación fotovoltaica con otro tipo de suministro como grupos electrógenos o aerogeneradores. A estas instalaciones se denominan instalaciones mixtas.

Instalaciones de conexión a red o generadoras interconectadas

Las instalaciones generadoras interconectadas (popularmente denominadas de conexión a red) tienen como característica fundamental que toda la energía producida se vende a la red de distribución de una compañía eléctrica y no es para autoconsumo del dueño de la instalación. Está compuesta por módulos fotovoltaicos, inversores específicos, protecciones y contadores de energía. Además de producir energía, estas instalaciones se integran en los edificios de forma que los módulos sirven de aislamiento térmico, acústico y de cerramiento. Como los módulos fotovoltaicos se pueden diseñar con tamaños, colores y formas muy diferentes, es un reto para los arquitectos su integración en la edificación, consiguiendo en la mayoría de las veces resultados muy buenos y sorprendentes.

Dentro de las instalaciones de conexión a red, se denominan plantas fotovoltaicas a las instalaciones que tienen como único objetivo la venta de energía, suele ser de gran tamaño ($> 100 \text{ kW}_p$) y ubicadas sobre el terreno, no vinculadas a ningún tipo de edificio o estructura. En los últimos años, y como consecuencia del desarrollo del marco legislativo y tarifario relativo a las instalaciones de conexión a red, en España se está produciendo un aumento de las instalaciones de conexión a red.

2) Radiación Solar

2.1 El sol como fuente de energía

El sol produce energía en forma de radiación electromagnética que es la fuente energética básica para la vida en la Tierra. El origen de esta energía está en el interior del sol, donde tiene lugar las reacciones de fusión por la que 4 átomos de hidrógeno dan lugar a 2 átomos de helio y la masa atómica sobrante se transforma en energía de acuerdo con la fórmula de Einstein $E=mc^2$. Es decir, el sol se comporta como un reactor de fusión situado a 150 millones de kilómetros. Debido a la gran distancia entre el sol y la Tierra, la radiación solar en la superficie terrestre es sólo una pequeña parte emitida por el sol (3,86.1026 W que, por unidad de superficie del sol es 6,35.107 W/m²). En concreto, al planeta Tierra llegan como valor medio 1367 W/m² que se denomina *constante solar*.

2.2 Terminología

La radiación solar se valora en unidades físicas concretas. Las más utilizadas son irradiancia que es la potencia de la radiación solar por unidad de área y se expresa en la unidad correspondiente del Sistema Internacional de Unidad, el vatio dividido por metro cuadrado (W/m²) y la *irradiación* que es la energía por unidad de área que se expresa en las unidades del SIU, es decir, julios dividido por metro cuadrado (J/m²) o sus múltiplos (normalmente, el megajulio, MJ). En este último caso y, mundo real, el kWh (kilovatio por hora) en lugar del julio y/o sus múltiplos. El cambio es muy simple 1 kWh = 3,6 MJ.

En cuanto a los símbolos empleados, para representarlas hay una clara confusión a nivel internacional. No acaban de ponerse de acuerdo organizaciones encargada de hacerlo. Por ello, aquí hemos optado por una solución ecléctica: tomamos la letra *I* para la irradiancia y la *H* para irradiación por ser empleadas habitualmente por los textos más significativos dedicados a la radiación solar y ser los más representativos en la bibliografía tradicional. No obstante, en algunos casos, para evitar la confusión con el símbolo de la corriente *I*, se emplea el símbolo *E* para irradiancia. La palabra “radiación” se reserva para el concepto genérico.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

2.3 Distribución de la radiación solar

La potencia radiante de 1367 W/m^2 que llega al planeta Tierra no es la que finalmente alcanza la superficie terrestre, puesto que la atmósfera terrestre atenúa la radiación solar debido a la reflexión, absorción y difusión que los componentes atmosféricos (moléculas de aire, ozono, vapor de agua) producen sobre la radiación solar.

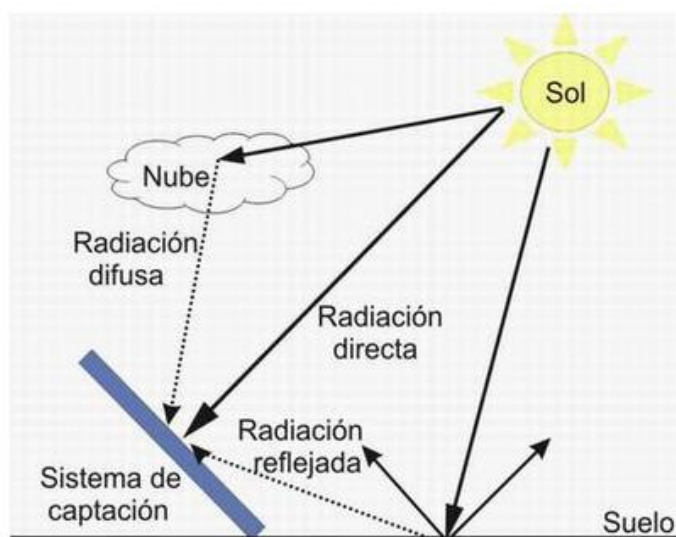


Figura 4. Distribución radiación solar

Al pasar la radiación solar por la atmósfera se reduce la intensidad de la radiación debido a:

- Reflexión por la atmósfera, incluidas las nubes.
- Absorción de las moléculas que componen la atmósfera.
- Difusión producida por las moléculas de aire y otros componentes, incluidos los aerosoles (naturales o procedentes de la contaminación).

La difusión debida al polvo y a la contaminación del aire (aerosoles) depende bastante del lugar donde se mida, siendo mayor en los lugares industriales y en las ciudades. Los efectos meteorológicos locales como nubosidad, lluvia, nieve, etc., afectan también a la irradiancia solar que llega a un determinado lugar. En la superficie terrestre, en un plano horizontal, un día claro al mediodía la irradiancia alcanza un valor máximo de unos 1000 W/m^2 . Este valor depende del lugar y, sobre todo, de la nubosidad.

Si se suma toda la radiación global que incide sobre un lugar determinado en un período de tiempo definido, se obtiene la energía en kWh/m^2 (o en MJ/m^2). Este valor es diferente según la región a que hagamos referencia como se muestra en la siguiente figura:

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

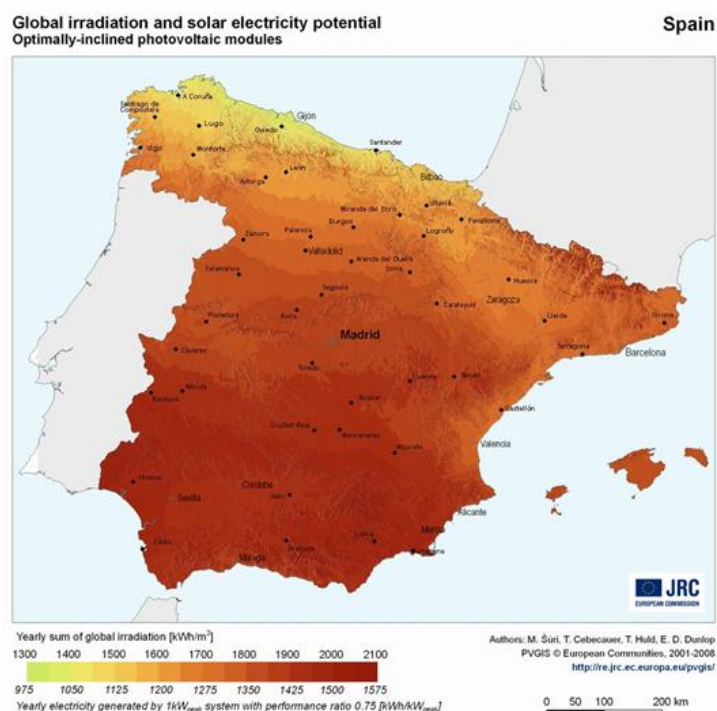


Figura 5. Radiación solar en España

Se puede observar que hay regiones que alcanzan un nivel máximo de irradiación por encima de 2300 kWh/(m², año), otras (sur de Europa por ejemplo) la irradiación solar máxima es de unos 1700-1800 kWh/(m²,año) y en el norte de Europa oscila entre 700 y 1200 kWh/(m², año). En Europa existe mucha diferencia entre los niveles de radiación solar según la estación del año, dándose valores extremos en verano e invierno.

2.4 Radiación solar directa e indirecta.

La radiación solar que incide sobre la superficie terrestre se puede aceptar formada por dos componentes: directa e indirecta. La radiación directa es aquella que alcanza la superficie directamente desde el sol, mientras que la difusa procede de toda la bóveda celeste y se origina sobre todo en las interacciones (difusión y absorción) de la radiación solar con los componentes atmosféricos.

Cuando se mide la componente directa de la radiación solar es necesario utilizar un dispositivo seguidor del movimiento aparente del sol, de tal manera que la radiación procedente del disco solar sea la que incide sobre el sensor de radiación correspondiente.

Esa medida es la llamada *componente normal de la radiación directa*. Otras veces, si embargo, la componente directa de la radiación se calcula a partir de las medidas de la radiación global horizontal y de la difusa horizontal. En ese caso, la componente directa que se obtiene como diferencia entre ellas es la componente horizontal(proyección horizontal) de la radiación directa y se relaciona con la componente normal.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

2.5 Geometría solar

Para el cálculo de la producción energética de una instalación solar es fundamental conocer la irradiación solar en el plano correspondiente a la instalación y la trayectoria solar en el lugar en las diferentes épocas del año.

La situación del sol en un lugar cualquiera viene determinada por la altura y el acimut del sol.

Se define la orientación mediante el acimut (para el sol, ψ , y para el captador, γ). El acimut solar es el ángulo que forma la dirección sur con la proyección horizontal del sol hacia el norte por el noreste o por el noroeste, considerando la orientación sur con $\gamma=0^\circ$, y considerando los ángulos entre sur y el noreste negativos y entre el sur y el noroeste positivo.

Por ejemplo, la orientación Este se considera $\gamma=-90^\circ$, mientras que para la orientación Oeste, $\gamma=90^\circ$.

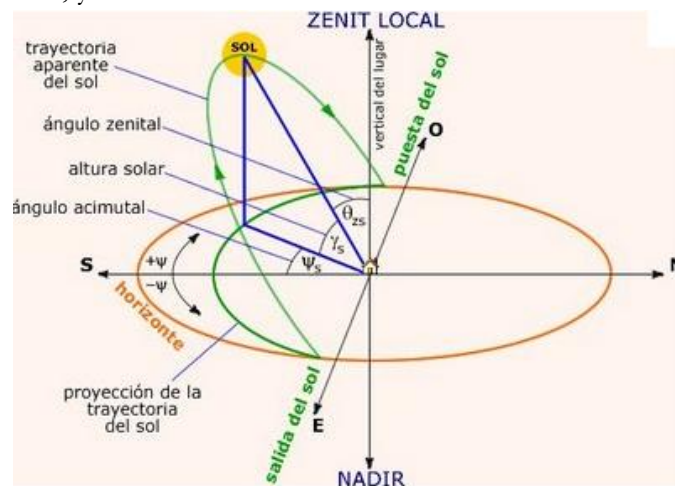


Figura 6. Geometría solar

2.6 Recorrido óptico de la radiación solar

Cuanto más perpendicular se encuentra el sol con respecto a la superficie terrestre (menor valor del ángulo cenital) menor es el camino que recorre la radiación solar a través de la atmósfera. Por el contrario para ángulos cenitales mayores (menor altura solar) el camino a recorrer por la radiación solar en la atmósfera es mayor, lo que implica que la intensidad de la radiación solar que llega a la superficie terrestre es menor.

Se define la “masa de aire” (AM) como el cociente entre el recorrido óptico de un rayo solar y el correspondiente a la normal a la superficie terrestre (ángulo cenital cero) y está relacionada con la altura solar según la ecuación:

$$AM = \frac{1}{\sin \alpha}$$

Para $\alpha=90^\circ$, $AM=1$, que es el valor mínimo de AM y se corresponde con la situación del sol en el cenit.

2.7 Irradiancia en superficies inclinadas

La radiación solar en una superficie perpendicular a la dirección de propagación de la radiación solar es siempre mayor que en la misma superficie colocada en cualquier otra posición. Al variar el acimut y la altura solar a lo largo del día y del año, el ángulo de incidencia de radiación óptimo en una superficie no es constante. La situación óptima se daría en un tejado cuya inclinación y orientación varía constantemente. Lo normal es que la superficie sea fija.

Para considerar si una determinada superficie ya existente es apta para su uso solar, es necesario conocer la radiación solar incidente sobre dicha superficie.

Dado que no se mide la radiación solar en todas las superficies inclinadas que son posibles para colocar una instalación solar, se han establecido diferentes sistemas de cálculo que permiten obtener el valor de la irradiación sobre una superficie inclinada con cualquier orientación e inclinación en períodos de tiempo definido, normalmente una hora o un día representativos de un período de tiempo mayor, habitualmente un mes.

Las metodologías son muy variadas pero la más frecuente empleada sigue los siguientes pasos.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

1. Descomposición de la global horizontal en sus componentes directa y difusa

Se pueden establecer correlaciones entre un parámetro $K_d = H_{dif} / H_g$ (irradiación difusa dividido por la radiación global, ambas en superficie horizontal) en el intervalo de tiempo (un día o una hora) de que se trate frente a otro parámetro llamado “índice de claridad” $K_t = H_g / H_o$ (irradiación global dividida por extraterrestre, ambas en superficie horizontal) también es en el mismo intervalo de tiempo al que se refiera K_d .

Esas correlaciones obtenidas a partir de datos experimentales y establecidas su validez en base a los correspondientes estudios estadísticos y contrastes experimentales se aplican a los valores representativos correspondientes y permiten obtener la componente difusa a partir de la global horizontal.

Dada la definición de K_t , la aplicación de esta metodología conlleva el cálculo de la irradiación extraterrestre horizontal que se realiza que se realiza con expresiones analíticas relativamente sencillas y algo diferentes según que se trate de valores horarios o diarios. Una vez obtenido este valor, se divide por el de la irradiación global horizontal (horaria o diaria, según el caso) y se obtiene el índice de claridad correspondiente que es el valor con el que se entra en la expresión analítica $K_d = f(K_t)$ y se obtiene el valor de K_d que, multiplicado por el valor de K_t , nos da la componente difusa correspondiente (horaria o diaria)

Una vez obtenido el valor de la componente difusa se puede obtener la componente directa, según el caso:

a) Valores horarios

En este caso, la diferencia entre la global horizontal y la difusa horizontal obtenida de la correlación es ya la componente directa (proyección horizontal) estimada. Para obtener la directa normal solo hay que dividir por el seno de la altura (o por el coseno del ángulo cenital) de la posición del sol a la mitad de la hora. De esta manera se dispone de las dos componentes de la radiación para, con posterioridad componerlas sobre la superficie de que se trate.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

b) Valores diarios

En este caso, antes de proceder a la aplicación del mecanismo explicado en el apartado anterior, es necesario dividir la componente difusa (y la global) en tramos horarios. El fundamento de esta división es razonable. Se trata de aceptar que la difusa está originada por la extraterrestre y por la composición de la atmósfera (y, por tanto, la interacción que da lugar a la difusa) no varía esencialmente a lo largo de un día. En concreto se define un coeficiente de difusa, $r_d = H_d / H_{dl} = H_{oh} / H_{od}$, es decir, se ha admitido que la relación entre la componente difusa horaria y diaria es la misma que entre la extraterrestre en los mismos intervalos de tiempo (hora y día). Pues bien, la última relación termina siendo una relación puramente geométrica:

$$R_d = \frac{\pi}{24} = \frac{(\cos \omega - \cos \omega_s)}{(\sin \omega_s - \omega_s * \cos \omega_s)}$$

Donde ω y ω_s son el ángulos horario del centro de la hora considerada y el ángulo de la salida o puesta del sol, respectivamente. De la misma manera se encuentra una relación similar para la global horizontal:

$$R_g = \frac{E_g^h}{E_g^d} = r_d(a + b \cos \omega)$$

Donde:

- ✓ $a=0,409 + 0,5016 \text{ sen}(\omega_s - 60^\circ)$
- ✓ $b=0,6609 + 0,4767 \text{ sen}(\omega_s - 60^\circ)$

Con estas dos relaciones se obtiene, para cada hora del día, la difusa y la global horaria en superficie horizontal y, a partir de ahí y aplicando el procedimiento explicado en el apartado a), se obtiene la directa en cualquier superficie inclinada.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

2. Modelos de difusa

Al componer la radiación sobre una superficie inclinada hay que tener en cuenta la componente directa, afectada del coseno del ángulo de incidencia entre el plano considerado y 105 rayos solares, la componente difusa, afectada por el ángulo sólido desde el que se ve la bóveda celeste desde el plano inclinado de que se trate. En este caso es fundamental considerar la distribución espacial (en la bóveda celeste) de la difusa.

El caso más simple es el que considera una distribución isotrópica modelo isotrópico para la componente difusa). Pero hay otros modelos más complejos, anisotrópicos, que tienen en cuenta que la componente difusa no se distribuye homogéneamente por la bóveda celeste, debidos a diferentes investigadores. El más complejo (aunque más preciso) es el debido a Richard Pérez que se emplea en el ejemplo que vamos a presentar como aplicación de la metodología someramente explicada.

Tomamos como datos de partida 105 correspondiente a Madrid en superficie horizontal. Se le aplica la correlación $K_d - K_t$ por ser más ajustada a 105 datos de partida (fue obtenida y validada con datos de Sevilla de más de 15 años), ciudad con climatología relativamente próxima a Madrid) y, con el modelo de difusa de Pérez, se obtienen 105 valores en superficie inclinada que se estimen necesarios.

Con 105 valores obtenidos de esta manera se puede realizar una gráfica de interés para 105 instaladores. En ella se podrá observar que la irradiación solar en una superficie inclinada es diferente que la correspondiente a la superficie horizontal. En unas épocas del año, superior y en otras inferior. Con esta información podemos establecer el comportamiento previsto de una instalación con una determinada orientación e inclinación.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

2.8 Horas de sol pico

En la tecnología fotovoltaica se emplea un concepto con la radiación solar que conviene explicar. Se trata de las “horas de sol pico”. Se puede definir como “*número de horas de un día con irradiancia ficticia de 1000 W/m² que tendría la misma irradiación total que la real de ese día*”. Con esta definición, si se tiene la irradiación de un determinado día, y se divide por 1000 W/m², se obtienen las horas de sol pico. Hay un caso singular especialmente interesante: Cuando la irradiación se expresa en kWh/m² y se divide por 1000 W/m² el resultado es obviamente el mismo número en el que estaba expresada la irradiación. Pongamos un ejemplo:

$$HSP = \frac{5 \text{ kWh/m}^2}{1000 \text{ W/m}^2} = 5$$

Así pues, una tabla o mapa de radiación en kWh/m² sirve como tabla o mapa de horas de sol pico.

2.9 Reflexión del suelo

Según el estado del suelo se tiene que tener en cuenta el valor de su coeficiente de reflexión (Albedo), con intención de calcular la reflexión del suelo. Para algunos programas de simulación es necesario conocer dicho valor. Cuanto mayor sea el valor de Albedo, mayor será la reflexión del suelo y por tanto mayor la claridad del ambiente y con ello la radiación difusa. La siguiente tabla muestra valores de Albedo típicos en función del tipo de suelo. Como parámetro medio se suele usar un valor de Albedo de 0,2.

TIPO DE SUELO	ALBEDO
Hierba	0,25
Campo sin cultivar	0,26
Grava, Arena	0,18
Hormigón	0,25
Asfalto	0,15
Bosques	0,05...0,18
Superficies agua	0,05
Nieve	0,45.....0,9

Tabla 1. Valores reflexión del suelo

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

2.10 Aparatos de medida de la radiación solar

Los aparatos de medida de radiación solar más típicos y representativos son los que se muestran. También se obtienen valores de radiación solar de forma directa mediante la valoración de imágenes captadas por satélite y de bandas de heliofanía (horas de sol). Por razones de coste y por simplicidad de utilización también se emplean con mucha frecuencia sensores fotovoltaicos.

Los piranómetros son los dispositivos de medida de valores de radiación solar de mayor precisión y fiabilidad. Aunque los hay de varios tipos, lo más fiables se componen básicamente de dos semiesferas de vidrio, una placa negra (o blanca y negra) como superficies absorbedoras, debajo de la cual se encuentra un termopar, y una carcasa metálica blanca. La radiación incide sobre la semiesfera de vidrio de manera vertical y la atraviesa hasta la superficie absorbedora, la cual se calienta. La variación de temperatura que causa este calentamiento es directamente proporcional a la intensidad de la radiación, por lo que midiendo la diferencia de temperatura con el ambiente, o lo que es más exacto, con la carcasa o con la zona de color blanco, se obtiene un valor de la irradiación. Para determinar esa diferencia de temperatura se utilizan termopares en serie y un voltímetro, que proporcionan una medida de tensión eléctrica proporcional a la diferencia de temperatura. Aplicando un factor de conversión a dicha tensión se obtiene la medida de la radiación global.

Para el caso de la radiación difusa se coloca un elemento (banda de sombra) que oculta el disco solar para el piranómetro.

La componente directa hay que medirla con un pirheliómetro que recibe la radiación procedente del disco solar. Por eso es necesario que estén montados sobre un seguidor solar que enfoca continuamente el dispositivo sensor hacia el sol. Por esta razón las medidas de la componente directa son raras y no todas fiables. Sin embargo, en el momento actual hay seguidores en dos ejes automatizados con una gran precisión y fiabilidad del seguimiento.

La componente difusa se mide con un piranómetro dotado en un dispositivo que sombree el disco solar, que suele ser una banda aunque también puede ser un disco. En el primer caso (el más frecuente) es necesario hacer la correspondiente corrección ya que la banda oculta, además del disco solar, una parte significativa de la bóveda celeste.

Los sensores fotovoltaicos se usan bastante en plantas fotovoltaicas para las labores de mantenimiento. En estos casos hay que procurar utilizar el mismo tipo de células (amorfas, monocristalino, policristalino...) que en la planta instalada, con objeto de obtener mayor exactitud y favorecer la evaluación. Procesadores de datos conectados a los aparatos de medida o a modernos inversores, que compraran la radiación solar medida con la corriente eléctrica producida, son muy útiles para analizar la efectividad y posibilitar el buen funcionamiento de la planta fotovoltaica.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

3) La célula solar

3.1 Efecto fotovoltaico

La transformación directa de la radiación solar en energía eléctrica se realiza mediante un dispositivo denominado “*célula solar*”. Al proceso por el cual se produce esta transformación se le denomina “*efecto fotovoltaico*”. Este efecto se puede producir en sólidos, líquidos y gases. Hoy en día se logran las mejores eficiencias en sólidos.

Las células solares están formadas por materiales semiconductores como el silicio, arseniuro de galio, telurio de cadmio o diseleniuro de indio y cobre. Se utilizan estos semiconductores porque sus átomos son muy sensibles a la energía de los fotones de la radiación solar incidente cuya longitud de onda está entre 0,35 y 3 micrómetros. A nivel mundial cerca del 95% de las células fabricadas son de silicio. Las células que más se utilizan son las de silicio monocristalino, silicio policristalino y las de silicio amorfo.

Para la fabricación de células solares el material empleado debe ser lo más puro posible, obtenido mediante procesos químicos complejos.

3.1.1 Principio de funcionamiento

Para comprender el principio de funcionamiento de una célula solar es necesario tener unos conocimientos básicos sobre electrónica de semiconductores, sobre todo en lo que respecta a la estructura atómica del material y al proceso que tiene lugar cuando sobre estos materiales incide la radiación solar.

El principio de funcionamiento de una célula solar se explica a partir del funcionamiento de una célula de silicio cristalino.

El átomo de silicio forma una malla cristalina estable. Cada átomo de silicio tiene cuatro electrones de valencia en su capa exterior. Para formar una configuración electrónica estable, forman redes cristalinas compartiendo sus electrones con los de los átomos contiguos formando enlaces de pares de electrones.

Para que el silicio funcione como productor de energía, se introducen “impurezas” en el silicio (proceso de dopado), en estado de fusión, como son átomos de fósforos y de boro. Éstos átomos son de dos tipos, los que tienen un electrón más en su capa de valencia externa (fósforo) y los que tienen un electrón menos (boro) que el silicio. Éstos átomos dopantes modifican la estructura de la red cristalina del silicio.

Si se añaden átomos de fósforo que tienen cinco electrones en su capa de valencia, al silicio puro, éste se convierte en un semiconductor tipo n. Como el silicio tiene cuatro electrones en su capa de valencia el quinto electrón del fósforo modifica la estructura cristalina con un quinto electrón libre.

Si se añaden átomos de boro que tienen tres electrones en su capa de valencia, al silicio puro, éste se convierte en un semiconductor tipo p.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

Como el silicio tiene cuatro electrones en su capa de valencia los huecos del cuarto electrón inexistente en el boro modifica la estructura cristalina con un hueco libre. Al unir estos dos semiconductores entre sí se crea lo que se denomina una unión p-n cuyo funcionamiento es similar al de un diodo.

Para explicar el efecto que se produce en éste unión p-n, supongamos inicialmente que sobre ella no incide radiación solar, es decir, está en oscuridad.

Al unir los dos semiconductores, los electrones del semiconductor tipo n, de gran movilidad, caen en los huecos del semiconductor tipo p y por tanto el semiconductor tipo n queda cargado positivamente y el tipo p negativamente. Esta acumulación de carga en ambos semiconductores unidos crea un campo eléctrico desde la zona n a la p, que da origen a una diferencia de potencial U_1 .

De esta forma, un electrón que tenga una carga q , la diferencia de sus energías será de $q \cdot U_1$, según se encuentre en la zona p o en la n. En este caso la corriente neta producida es nula.

Si a esta unión se le aplica una diferencia de potencial externa $U_2 < U_1$, positiva en el lado p, se crea otro campo eléctrico en sentido contrario al anterior y de menor valor, con lo que ciertos electrones de la zona n pasarán a la zona p, al disminuir la diferencia neta de potencial ($U_1 - U_2$). En este caso, se crea una corriente, denominada “*corriente de un diodo I_D* ”, cuyo valor está muy relacionado con la temperatura de los semiconductores.

$$I_D = I_F * (e^{qU_2} - 1)$$

Donde I_F es la corriente inversa máxima, que corresponde al caso de que U_2 fuera de valor muy elevado.

Si la unión p-n la exponemos a la radiación solar, los fotones asociados a la radiación tienen una energía que es capaz de romper los enlaces y crear pares electrón-hueco, dirigiéndose al electrón a la zona n y el hueco a la zona p creándose una corriente eléctrica I en el sentido del campo eléctrico e independiente del valor de tensión U_2 . Esta corriente generada es proporcional, para una determinada longitud de onda, a la irradiancia incidente ya que al aumentar la irradiancia aumenta el número de fotones. El valor de I dependerá de la longitud de onda de los fotones ya que la energía de un fotón disminuye a medida que aumenta la longitud de onda asociada y por tanto, el valor de I dependerá de la longitud de onda de los fotones.

El valor de I_F es independiente del valor de tensión externa U_2 a la que pueda estar sometida el semiconductor, ya que sólo depende del campo eléctrico originado en el interior del semiconductor debido a la tensión U_1 descrita anteriormente.

El sentido de esta corriente es opuesto al de la corriente I_D .

Por tanto, cuando un semiconductor tipo p-n está sometido a la radiación solar y a una diferencia de tensión U_2 la corriente producida es:

$$I = I_F - I_D$$

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

Este comportamiento de la célula solar, que es una unión p-n expuesta a la radiación solar, se puede representar mediante un circuito electrónico, denominado “*circuito equivalente*” explicado más adelante.

3.1.2 Funcionamiento de una célula solar de silicio

Para construir una célula solar, además de realizar la unión p-n, de deben realizar otras tareas como añadir a esta unión unos electrodos para extraer la corriente, así como encapsularlas de tal forma que se proteja de las condiciones ambientales adversas como polvo, humedad, etc... y procurar que sobre la misma incida la máxima irradiancia.

Por ello, una célula solar clásica se compone de una oblea de silicio dopada de dos formas diferentes. La capa sobre la que incide la radiación solar (cara anterior) es la dopada negativamente con fósforo y la capa posterior (cara posterior) es la dopada positivamente con boro. En la zona intermedia se origina un campo eléctrico que sirve de separación para las cargas liberadas (electrones y huecos) por la radiación solar.

Para extraer la corriente generada en la célula solar hay que colocar unos electrodos metálicos en la cara posterior y anterior de la célula. Por lo general, el procedimiento para colocar los electrodos, es la serigrafía. La cara posterior se cubre con una capa muy fina de aluminio o pasta de plata como contacto. La cara anterior, donde incide la radiación solar, debe ser lo más transparente posible por ello los contactos se colocan en forma de una red muy fina con estructura de árbol. Para reducir la reflexión de la radiación se imprime sobre la cara delantera de la célula una capa de nitrato de silicio o de dióxido de titanio (capa antirreflectante). Cuando incide la irradiancia sobre la célula se produce la liberación de los portadores de carga y por estar sometida a una diferencia de tensión exterior se obtiene una corriente eléctrica.

En la célula solar se producen pérdidas debidas a la recombinación de los electrones a la reflexión de parte de la irradiancia incidente así como las debidas al sombreado producido por los contactos en la cara frontal de la célula. Gran parte de la energía asociada a la radiación incidente no se aprovecha en su totalidad. De la radiación incidente, la de onda corta está formada por fotones que tienen asociada una energía mucho mayor que la necesaria para romper el enlace de los electrones y por tanto parte de ella se pierde en forma de calor y de la onda larga no es suficientemente elevada como para romper el enlace. A título de ejemplo, se indica el balance energético en una célula de silicio cristalino:

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

	100% Radiación solar incidente
Pérdidas	
-3%	Reflexión y sombreado de los contactos delanteros
-23%	Radiación de onda larga
-32%	Energía parásita de fotones de radiación de onda corta
-8.5%	Recombinación
-20%	Caída de potencial en la zona de transición
-0,5%	Efecto Joule
= 13%	Energía eléctrica útil

Tabla 2. Balance energético en una célula

3.2 Características eléctricas de las células solares

3.2.1 Circuito equivalente de una célula solar

Cuando existe una diferencia de tensión positiva entre el cátodo (electrodo tipo n) y el ánodo (electrodo tipo p) se dice que el diodo está en polarización directa y la curva característica es la correspondiente al primer cuadrante de la figura que expondré un poco más adelante. En este cuadrante sólo cuando se alcanza un determinado valor de la diferencia de tensión entre el cátodo y el ánodo (tensión umbral, que en este diodo es de 0,7 V) circula corriente.

Cuando la diferencia de tensión entre el cátodo y el ánodo es negativa se dice que el diodo está en polarización inversa y la curva característica es la del tercer cuadrante de la figura. Es ente cuadrante sólo cuando la diferencia de tensión es elevada (tensión de ruptura, que para este diodo es de 150V) el diodo permite el paso de corriente , pero al pasar la corriente el diodo se rompería.

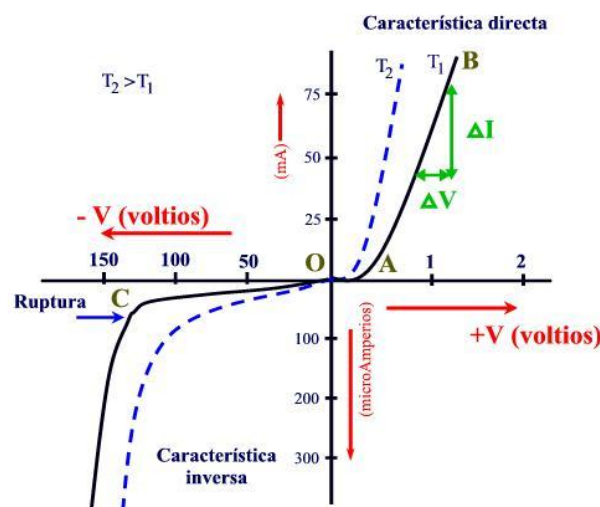


Figura 7. Curva característica de un diodo

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

Magnitud	Símbolo	Unidad
TENSIONES:		
Tensión entre polos de la célula	U	V
Tensión del diodo	U_D	V
Tensión de temperatura	U_T	V
CORRIENTES:		
Corriente entre polos de la célula	I	A
Corriente del diodo	I_D	A
Fotocorriente	I_F	A
Corriente a través de la célula en paralelo	I_p	A
OTROS:		
Factor del diodo	M	
Coeficiente de fotocorriente	C_o	M^2/v
Irradiancia incidente en la célula	E	W/m^2
Resistencia en paralelo	R_p	Ω
Resistencia en serie	R_s	Ω

Tabla 3. Parámetros de una célula solar

Una célula solar en la que no incida radiación se representa por la curva característica de un diodo. Para el caso particular de una célula solar de silicio monocristalino le corresponde una tensión umbral de unos 0,5 v y una tensión de ruptura de unos 20v.

$$I = I_D = -I_o \left(e^{\frac{u}{mUT}} - 1 \right)$$

Cuando sobre la célula incide radiación se genera portadores libres de carga originando una corriente eléctrica, denominada fotocorriente, debido a la energía de los fotones de la radiación. Una célula solar en estas circunstancias se puede asimilar a una conexión en paralelo de una fuente de corriente y un diodo. La fuente de corriente genera la fotocorriente, I_f , tanto mayor cuanto mayor sea el nivel de irradiancia. La curva característica se corresponde a la del diodo desplazada una cantidad equivalente a la cantidad de fotocorriente en el sentido de la polarización inversa.

$$\begin{aligned} U &= U_D \\ I_f &= c_o E \\ I &= I_f - I_D \end{aligned}$$

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

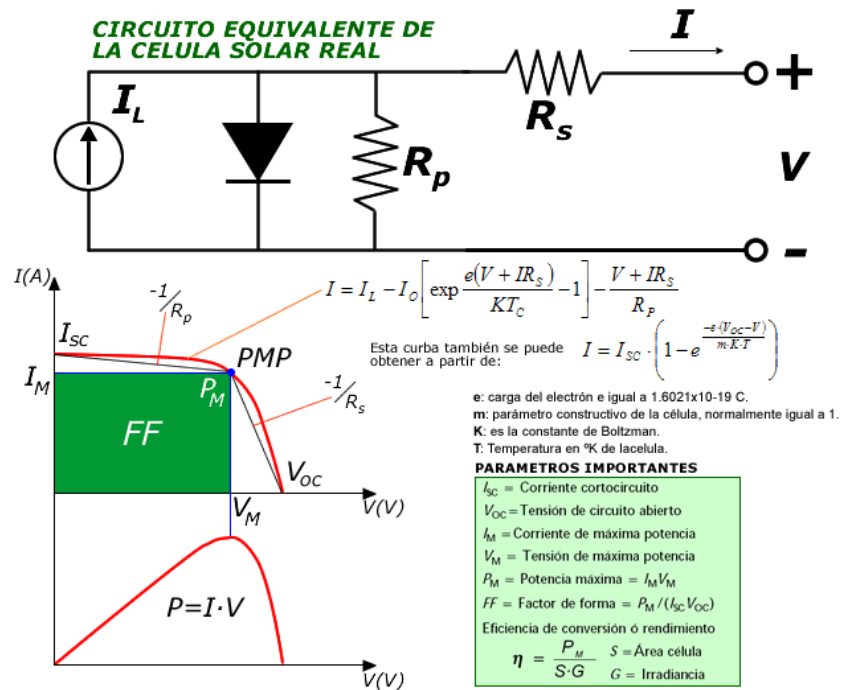


Figura 8. Circuito equivalente de una célula solar

En la célula solar se produce una caída de tensión como consecuencia del paso de los portadores de carga en el semiconductor hacia los contactos eléctricos. Ésta se representa por la resistencia en serie, R_s , que tiene como valor unos miliohmios aproximadamente. Además, también se producen corrientes de fuga que se representan por una resistencia en paralelo, R_p ($R_p \gg 10 \Omega$). Ambas resistencias provocan un acoplamiento en las curvas características de la célula. Con la resistencia en serie se pueden obtener las curvas de tensión-corriente de una célula solar a distintos niveles de irradiancia y temperatura medidas según los procedimientos descritos en la norma IEC 60891.

$$I = I_F - (I_D + I_F)$$

$$I_p = \frac{U_D}{R_p} = (U + R_s * I) / R_p$$

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

3.2.2 Parámetros característicos y curvas de las células solares

En general, la parte de la curva características que más interesa es la que hace que la célula funcione como generador de energía.

Cuando la radiación incide sobre una célula comercial de silicio y no existe nada conectado a la célula, la tensión en bornas de la célula (tensión a circuito abierto) es de unos 0,6V. Si las bornas se cortocircuitaran se obtiene la corriente de cortocircuito, que para una célula comercial de silicio es de unos 3 A cuando incide una irradiancia de 1000 W/m^2 . Para medir experimentalmente toda la curva se necesita una resistencia variable (Shunt), un voltímetro y un amperímetro.

Condiciones estándar

Para poder comparar distintas células o módulos fotovoltaicos entre sí, se fijan unas condiciones de referencia en las curvas características. Estas condiciones de referencia, denominadas “*condiciones estándar*”, están definidas en la norma IEC 60904 y se resume en lo siguiente:

- ✓ Nivel de irradiancia $E = 1000 \text{ W/m}^2$
- ✓ Temperatura de la célula de 25°C con una tolerancia de $\pm 2^\circ$
- ✓ El espectro de la radiación está fijado según norma IEC 60904-3, con una masa de aire de $AM=1,5$

La curva característica viene definida por los siguientes tres puntos:

1. Punto de máxima potencia, PMP, es el punto de la curva en el que la célula produce la máxima potencia. A este punto le corresponde una potencia, P_{PMP} , una corriente, I_{PMP} y una tensión U_{PMP} . A la potencia máxima en condiciones estándar se le denomina “*potencia pico*” y su unidad es el Watio pico, W_p
2. Corriente de cortocircuito, I_{CC} , es la corriente cuando la tensión a la que se somete la célula es nula. Suele tener un valor entre un 5% y un 15% mayor que la corriente en el punto de máxima potencia. Para células comerciales de silicio monocristalino, con unas dimensiones de 10 cm x 10 cm, cuando está en condiciones estándar, el valor de la corriente de cortocircuito es de unos 3 A.
3. La tensión de circuito abierto, U_{CA} , es la tensión a la cual la célula no produce corriente. Para células comerciales de silicio monocristalino, de 100 cm^2 , en condiciones estándar es de 0,5 – 0,6 V y para células amorfas 0,6 – 0,9 V.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

Las curvas características de las células de película delgada son diferentes de las curvas de las células de silicio cristalino. En las células amorfas la curva suele ser más plana, la tensión en el punto de máxima potencia es del orden de 0,4 V y la corriente producida en ese punto, para la misma superficie de célula es menor. Para conseguir producir la misma potencia que con las células cristalinas, es necesario emplear una superficie de célula mayor.

La corriente de cortocircuito es proporcional linealmente con el nivel de irradiancia, lo cual quiere decir que para el doble de irradiancia se obtiene el doble de corriente. El factor de forma, FF, indica lo cuadrada que es la curva característica de las células solares. Se define como el cociente entre la máxima potencia en condiciones estándar y el producto de la corriente de cortocircuito y la tensión de circuito abierto en condiciones estándar.

$$FF = \frac{U_{PMP} * I_{PMP}}{U_{ca} * I_{CC}} = \frac{P_{PMP}}{U_{ca} * I_{CC}}$$

El valor del factor de forma para células cristalinas se sitúa entre 0,75 – 0,85 y para células amorfas entre 0,5 – 0,7 .

3.2.3 Sensibilidad espectral

La sensibilidad espectral de una célula describe en que rango de longitudes de onda trabaja de la forma más eficiente. La radiación solar más energética es la que incide entre una longitud de onda entre 400 nm y 800 nm que corresponde con la zona del espectro de luz visible.

Las células solares cristalinas se comportan de forma más eficiente en el rango de la radiación de onda larga mientras que las células amorfas absorben mejor la radiación de onda corta.

3.2.4 Rendimiento de las células y de los módulos fotovoltaicos

El rendimiento η de las células solares ó de un módulo se define como el coeficiente entre la potencia pico suministrada por la célula, P_{PMP} , y la irradiancia incidente, E, por unidad de superficie de la célula o del módulo, A, respectivamente. Se determina mediante la expresión:

$$\eta = \frac{P_{PMP}}{A * E} = \frac{FF * U_{ca} * I_{CC}}{A * E}$$

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

En los datos suministrados por los fabricantes, el rendimiento viene siempre referido a las condiciones estándar de medida STC.

Por tanto, el rendimiento de los módulos fotovoltaicos para condiciones estándar, se determina por la expresión:

$$\eta_n = \frac{P_{PMP(STC)}}{A * 1000 \text{ W/m}^2}$$

El rendimiento de las células solares depende de la irradiancia y de la temperatura de la célula. El rendimiento en otras condiciones de irradiancia o de temperatura se desvía del rendimiento en condiciones estándar.

$$\eta = \eta_n - \Delta\eta$$

Con el factor de radiación, s , se puede determinar la variación del rendimiento en condiciones estándar con respecto a la irradiancia:

$$S = \frac{E}{1000 \text{ W/m}^2}$$

Por ejemplo, $s=0,5$ significa una irradiancia de la mitad con respecto a las condiciones estándar, STC, es decir, 500 W/m^2

En las células cristalinas de silicio, la variación del rendimiento con la irradiancia para temperatura constante:

$$\Delta\eta = -0,4 * l_n(s) * \eta_n$$

El rendimiento para una irradiancia de 500 W/m^2 es este caso del 15%.

El rendimiento de las células solares disminuye al aumentar la temperatura. Es decir, las células solares alcanzan mayor rendimiento a bajas temperaturas. La variación del rendimiento con la temperatura depende de muchos factores, entre ellos el material de la célula. La variación del rendimiento con respecto a la temperatura T de la célula cristalina para una irradiancia constante se define por:

$$\Delta\eta \approx -0,45\% * (25^\circ\text{C} - T) * \eta_n$$

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

La influencia de la temperatura de la célula en el rendimiento, depende también de la irradiancia. Para baja irradiancia, la disminución de la potencia debida a la temperatura en células cristalinas no es muy alta, por ejemplo, para 100 W/m^2 se tiene una disminución de $-0,15\%$.

3.3 Tipos de células

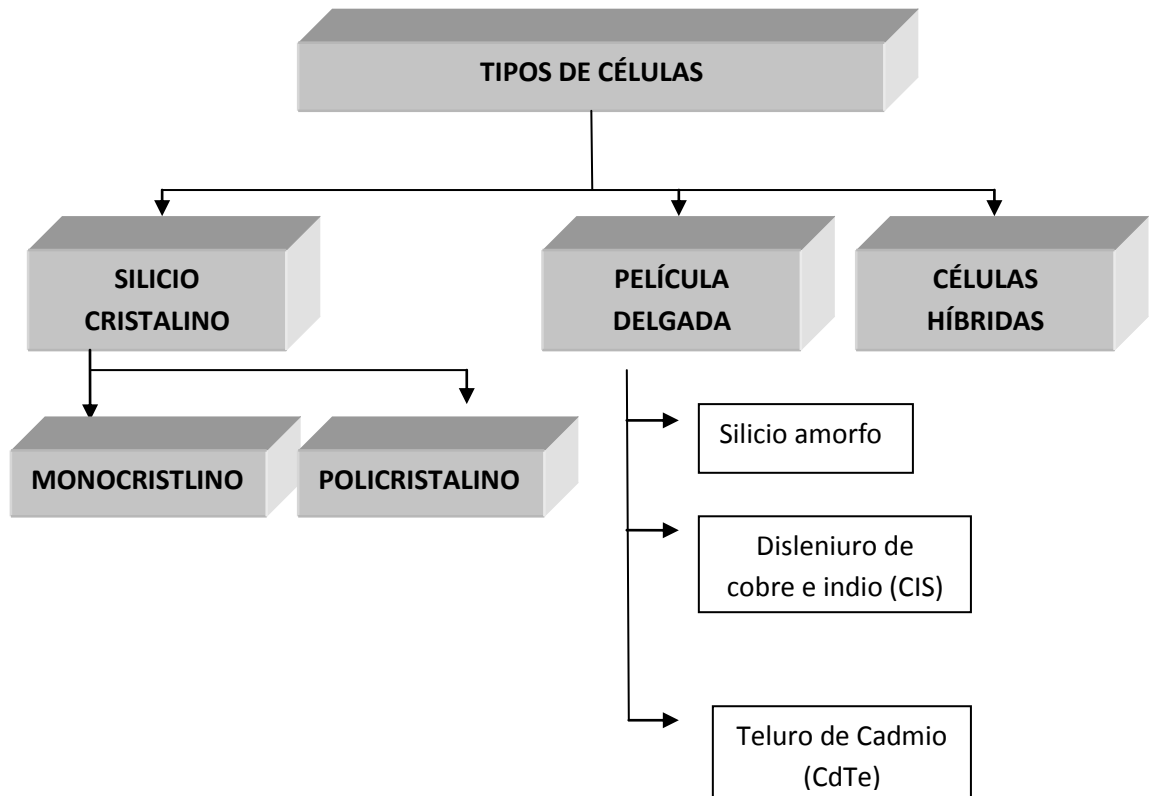


Figura 9. Tipos de células

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

3.3.1 Comparativa entre los distintos tipos de células

Tipo de células	Rendimiento	Uso(FV)
Silicio monocristalina	15-18%	Elevado
Silicio policristalina	13-15%	Elevado
Células amorfas	5-8%	Muy poco(Inestabilidad y pronto envejecimiento)
Células CIS	7,5-9,5%	Muy poco (Solo en estudios experimentales)
Células CdTe	6-9%	Muy poco (Solo en estudios experimentales)
Células Híbridas	17,3%	En un futuro

Tabla 4. Comparativa de tipos de células

Para este proyecto he decidido usar paneles con células de silicio monocristalinas por su elevado rendimiento y su elevado uso en instalaciones fotovoltaicas.

3.3.2 Células de silicio monocristalino

Las células cristalinas están formadas fundamentalmente por silicio, siendo éste el material más abundante en la Tierra después del oxígeno. No se encuentra en estado puro sino unido químicamente al oxígeno en forma de dióxido de silicio. Para obtener silicio puro se debe separar primero del oxígeno no deseado del dióxido y para ello se introduce la “arena de cuarzo” junto con “polvo de carbono” en un crisol donde se funden. De esta manera se obtiene el denominado “silicio metalúrgico” con una pureza del 98%. Este silicio no es de la suficiente pureza como para que pueda ser utilizado con fines electrónicos, ya que para estas aplicaciones se exige un grado de impurezas admisible de una millonésima parte. Con este motivo se purifica el silicio metalúrgico mediante procesos químicos. El silicio se muele y se mete junto con gas de hidruro de cloro en un horno. El producto químico de dicha reacción es hidrógeno y Cl_3Si , un líquido que hierve a 31°C . Mediante destilaciones sucesivas se alcanza el grado de impureza deseado, ya que en cada destilación éste va aumentando. Posteriormente se coloca el Cl_3Si con hidrógeno a 1000°C obteniéndose así silicio. El silicio puede ser manipulado posteriormente de muchas formas diferentes. En función del procedimiento se obtienen células monocristalinas o policristalinas.

Los fabricantes de células solares se proveen, hasta ahora, principalmente del material procedente de los residuos de semiconductores en la industria electrónica.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

Células monocristalinas de silicio

Fabricación: Para la elaboración de silicio monocristalino de aplicación terrestre se establece un proceso denominado “Czochralski” (proceso en crisol). Mediante este procedimiento se toma una semilla de silicio monocristalino con una determinada orientación cristalina y se introduce en el crisol hasta que toca la superficie de la masa fundida de silicio que se encuentra en el crisol (punto de fusión 1429 °C) y se extrae hacia arriba girando muy lentamente sobre el eje de la varilla.

De esta manera se elaboran monocristales cilíndricos de un diámetro de unos 30 cm y una longitud de varios metros. Estos cilindros se cortan después en finas láminas de unos 0,3 mm de espesor denominadas “oblas”. En el biselado y corte de las obleas de los monocristales se desperdicia gran parte del silicio, quedando como residuos.

A partir de las obleas dopadas tipo p se produce una fina capa dopada tipo n mediante difusión de fósforo (a una temperatura de 800 a 1200 °C). Tras la colocación en la capa posterior del contacto (electrodo posterior) se colocan las líneas por donde circula la corriente en la cara anterior de la oblea y se le dota de una capa antirreflectante (AR).

Existen otros procedimientos de fabricación de silicio monocristalino como el de fases líquidas que permite obtener células solares con mayor pureza y con un rendimiento entre un 1-2% mayor. El material de partida utilizado en este caso es una varilla de silicio de gran pureza pero muy caro. Éste es introducido en una bobina y con ayuda de un campo de alta frecuencia se funde desde abajo hacia arriba. A partir de una semilla de silicio monocristalino en la punta de la varilla se convierte en silicio monocristalino enfriado. Las impurezas del material se quedan en la fundición.

Rendimiento: 15-18% (Silicio Czochralski)

Forma: Según la cantidad de material que se bisele se tienen células cuadradas, semicuadradas o redondas. Las células redondas son más baratas que las semicuadradas o que las cuadradas, ya que en su elaboración se desperdicia menos cantidad de material. Sin embargo, no son las más empleadas en los módulos estándar debido al mal aprovechamiento de la superficie. En módulos especiales para la integración en fachadas donde se busca un cierto grado de transparencia, las células redondas son una buena alternativa.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

Células policristalinas de silicio

Fabricación: El proceso de elaboración más usado para la obtención de silicio policristalino es el procedimiento de fusión en bloques. Se toma sílice al vacío y se calienta a 1500 °C que debido a la menor temperatura del fondo del crisol “frío” a 800 °C se enfría de nuevo. Se forman bloques de silicio de 40 x 40 cm y 30 cm de altura. Los bloques se cortan con una sierra en lingotes primero y posteriormente en obleas de 0,3mm de espesor. En el corte de las obleas se pierde parte del silicio. Mediante el proceso de dopaje con fósforo también se ponen los contactos eléctricos por la cara posterior. Por último se dota a la oblea con la red para direccionar la corriente en la cara anterior así como un tratamiento superficial antirreflectante (AR).

Rendimiento: 13-15%

Forma: Cuadrada

Medidas: 10 x 10 cm, 12,5 x 12,5 cm, 15 x 15 cm

Espesor: 0,3 mm

Estructura: Por el procedimiento de fusión en bloques se forma cristales con diferentes orientaciones. Debido a la diferente reflexión de la radiación se reconocen fácilmente los cristales en la superficie (estructura de la flor del hielo)

Color: Azul (con AR), gris plata (sin AR)

Tratamiento superficial antirreflectante (AR) en las células cristalinas de silicio

Con el fin de conseguir que gran parte de la radiación penetre en la célula es necesario tratar la superficie de la célula con un antirreflectante con el cual se persigue que la radiación que se refleja en la superficie de la célula sea la menor posible.

La capa antirreflectante hace que el color gris originario de las obleas cristalinas se torne a azul (células policristalinas) o azul oscuro, casi negro (células monocristalinas). Unido a esta optimización de la ganancia mediante tratamiento superficial antirreflectante existe la posibilidad de obtener distintos tonos de color modificando el espesor de la capa.

El color surge de la reflexión de una determinada región del espectro de radiación. En la actualidad se pueden encontrar células de colores verdes, doradas, marrones o violetas. La adquisición de células por su espectro es de todo modos poco relevante. También existe la posibilidad de no hacer el tratamiento antirreflectante con lo que las obleas mantendrán su color original, gris plata (policristalinas) o gris oscuro (monocristalinas).

Las células sin AR se encuentran frecuentemente en aplicación en fachadas. Su elaboración es fácil (basta con anular el procedimiento Ar del proceso) y los tonos neutrales de las células son los preferidos por los arquitectos. En estos casos no les importa que se refleje hasta un 30% de la radiación incidente en la superficie de la célula.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

3.3.3 Células de silicio amorfas

Fabricación: El silicio amorfo no forma ninguna estructura cristalina regular sino una red desordenada. De este modo da lugar a enlaces abiertos en los que se deposita el hidrógeno. Este silicio amorfo hidrogenado (a-Si:H) se transforma en un reactor de plasma mediante deposición química de fases gaseosas de silano (SiH₄) en forma gaseosa. Para ello, la temperatura necesaria en el proceso debe ser de 200-250°C. La dopación se lleva a cabo a través de una mezcla gaseosa, que contiene el elemento dopador necesario (por ejemplo B₂H₆ para la dopación p y PH₃ para la dopación n).

Debido a la pequeña longitud de difusión de a-Si:H dopados los transportadores libres de carga en una unión p-n directa no duran lo suficiente para poder producir corriente. Por ello se introduce una capa intermedia (no dopada) capa-i, entre las capas dopadas n- y p-, en la que la vida de los portadores de carga es claramente mayor. Aquí tiene lugar la absorción de radiación y la producción de corriente. Las capas p y n producen exclusivamente el campo eléctrico que atraviesan los portadores libres de carga.

Las células, se aíslan con un vidrio por la cara anterior. Como alternativa también existe la secuencia contraria en capas (nip) y aisladas en la cara posterior. Se pueden obtener módulos solares flexibles sobre diferentes materiales como por ejemplo planchas metálicas o de plástico.

Un inconveniente de las células amorfas es su bajo rendimiento al envejecimiento de las células por la inducción de la radiación (efecto Staebler-Wronski) sobre todo durante los primeros 6-12 meses de puesta en funcionamiento ya que después tienden a estabilizarse. Para contrarrestar este problema se desarrollan las células formadas a su vez por varias células (2 ó 3). Las células “tándem” son dos células y las “células triples” son tres células sucesivamente depositadas. Cada parte de la célula se puede optimizar para un determinado rango del espectro y con ello aumentar el rendimiento global de la células. Además el efecto del envejecimiento se ve reducido en estas células, ya que las capas i intermedias son más delgadas y por ello insensibles al envejecimiento por la radiación.

Rendimiento: 5-8%

Forma: de elección libre

Medidas: módulo estándar 0,77 x 2,44 m ; módulo especial max. 2 x 3 m

Espesor: 1-3 mm, sustrato (vidrio no endurecido, plástico, metal) con unos 0,001 mm de capa de silicio amorfo

Estructura: homogénea

Color: marrón rojizo a negro

3.3.4 Células Cobre-Indio-Diselenio (CIS)

Fabricación: El material semiconductor activo en las células solares CIS es diseleniuro de cobre e indio. En ocasiones se encuentra CIS unido al galio y azufre. Para la fabricación de células se toma el sustrato de vidrio en primer lugar y mediante pulverización catódica se coloca una capa delgada de molibdeno que actúa como electrodo posterior. La capa absorbidora CIS tipo p se crea en una cámara de vacío a una temperatura de 500°C al evaporarse simultáneamente el cobre, el indio y el selenio. Otra posibilidad sería colocando los elementos individuales en capas sucesivas.

Como contacto frontal transparente se puede utilizar óxido de zinc dopado con aluminio (ZnO:Al), que sería la capa dopada tipo n y pulverizándose con una capa dopada intermedia de i-ZnO. Se suele utilizar una capa amortiguadora tipo n de sulfuro de cadmio para reducir las pérdidas debidas a la adaptación de los campos a la red de cristal de las capas CIS y ZnO.

Las células CIS, a diferencia de las silicio amorfo, no están sujetas a envejecimiento por la luz inducida. Sin embargo presentan problemas de estabilidad en ambientes calurosos y húmedos. Por ellos hay que tener en cuenta las posibles variaciones de estos parámetros.

De todas las células de película delgada son las CIS las que mayor rendimiento ofrecen hoy en día. Desde el punto de vista económico, hoy en día son tan viables como las células cristalinas de silicio aunque se espera una reducción de costes en su producción. Un desarrollo previsible en este tipo de células es la sustitución de la capa amortiguadora de CdS por enlaces libres de cadmio.

Rendimiento: 7,5-9,5% (rendimiento del módulo)

Forma: de libre elección

Espesor: 3 mm de sustrato (vidrio no endurecido) con una capa de 0,003 mm de recubrimiento.

Estructura: homogénea

Color: negro

3.3.5 Células de Telurio de Cadmio (CdTe)

Fabricación: La elaboración de células solares de telurio de cadmio se consigue a partir de un sustrato con una capa conductora transparente, generalmente de óxido de estaño. Se coloca sobre ésta una capa conductora ventana tipo n de CdS y a continuación una capa conductora tipo p CdTe.

Los procedimientos de elaboración empleados son procedimientos sencillos como serigrafía, separación galvánica o spray. Para módulos de grandes dimensiones se emplean procedimientos de evaporación en los que se mantienen suficientemente alejados la fuente de vapor y el sustrato. La separación de las capas de CdS y de CdTe se lleva a cabo a unas temperaturas de unos 700°C mediante procesos de vacío. La doble capa de CdS/CdTe se activa mediante sobrecalentamiento en una atmósfera con cloro.

El CdS se constituye como capa exterior absorbiendo una pequeña cantidad de radiación de onda corta y deja pasar el resto de la radiación hacia la capa activa CdTe. El contacto metálico posterior se coloca mediante procedimientos de pulverización. La técnica de separación está hoy en día controlada, por lo que no da lugar a ningún tipo de degradación en los módulos CdTe.

Al igual que ocurre en los módulos CIS, esta tecnología es relativamente económica de producir gracias a la posibilidad de fabricación en masa. El principal inconveniente radica en la toxicidad producida por el cadmio. La unión CdTe no es tóxica y sí muy estable. Los riesgos medioambientales y de salud sólo aparecen cuando está en estado gaseoso, pero nunca se dan en el proceso de elaboración en una planta de producción, perfectamente cerrada.

Rendimiento: 6-9% (rendimiento del módulo)

Forma: de libre elección

Espesor: 3 mm de sustrato (vidrio no endurecido) con una capa de 0,008 mm de recubrimiento

Estructura: homogénea

Color: verde oscuro con efecto espejo hasta negro.

3.3.6 Células Híbridas (Células solar HIT)

Las células híbridas constan de silicio cristalino y amorfo unida a una película delgada sin dopar. El núcleo de la célula se compone de una oblea microcristalina cubierta por ambos lados con una delgada capa de silicio amorfo (a-Si). Como capa de unión entre el silicio monocristalino y el amorfo se utiliza una capa muy fina de silicio amorfo sin dopar (intrínseco), capa denominada “capa-i”. En la cara anterior se aísla una capa de silicio tipo p, el cual con la oblea monocristalina dopada tipo n forma una unión p-n. Mientras que las células de silicio hasta ahora presentadas tenían el mismo semiconductor con distinta dopación para la formación de la capa p-n, en la célula HIT se forma a partir de dos semiconductores de distinta estructura.

En estos casos se habla de heterounión. La capa p-i amorfa y la oblea n-dopada constituyen una estructura “pin” como las células amorfas de película delgada. La cara posterior de la oblea se n-dopa fuertemente con una capa de silicio amorfo para evitar la recombinación de los portadores libres de carga en el electrolito posterior. Para evitar las pérdidas por reflexión se coloca una capa antirreflectante en la cara anterior de la célula y se texturiza.

En este tipo de células no se produce ninguna disminución del rendimiento característico de las células de película delgada amorfas causado por el envejecimiento a través de la radiación inducida. Al contrario que las células cristalinas, las células HIT muestran un menor de influencia en su rendimiento a altas temperaturas. El rendimiento empeora con cada grado Celsius un 0,33% en lugar de un 0,45% característico del silicio cristalino. En la fabricación de células HIT se ahorra energía y material. La temperatura de separación es tan solo de 200°C, permitiendo una reducción total de espesor hasta unos 0,2 mm.

Fabricación: La célula HIT es una combinación de una célula cristalina y otra de película delgada. La denominación “Heterojunction with Intrinsic ThinLayer”, abreviado HIT, describe claramente la estructura de esta célula híbrida.

Rendimiento : 17,3%

Forma: Cuadrada

Espesor: 0,2 mm

Medidas: 104 x 104 mm

Estructura: homogénea

Color: azul oscuro casi negro

4) Componentes de una instalación fotovoltaica

4.1 Módulos fotovoltaicos

4.1.1 Funcionamiento

Para conocer el funcionamiento de un módulo fotovoltaico es necesario tener presente que éstos están formados por asociaciones de células. Esta asociación puede ser en serie o en serie-paralelo. Al conectar en serie las células se suman las tensiones de cada célula y se mantiene la corriente, mientras que al conectar en paralelo las células se suman las corrientes de cada una de ellas y se mantiene la tensión. Por tanto, el comportamiento eléctrico del módulo va a depender del comportamiento que tengan cada una de las células que lo forman y de cómo están asociadas.

Parámetros de los módulos

Los parámetros eléctricos de los módulos fotovoltaicos los proporciona el fabricante referidos a unas condiciones climáticas de referencia denominada “condiciones estándar”, STC. El fabricante proporciona los valores del módulo correspondientes a la corriente de cortocircuito (I_{cc}), la tensión a circuito abierto (U_{ca}), así como la potencia pico, (P_{pmp}), con una cierta tolerancia. Además suele suministrar la curva característica completa para distintos niveles de irradiancia incidente y de temperatura de módulo.

También existen otros parámetros que informan sobre la influencia de la temperatura del módulo en el funcionamiento del mismo. Para conocer cómo influye la temperatura del módulo, el fabricante suministra un coeficiente denominado “temperatura nominal de funcionamiento de las células, TONC, (Nominal Operating Cell Temperature). Este valor es la temperatura que alcanza el módulo (ó la célula) cuando incide una irradiancia de 800 W/m^2 con una temperatura de 20°C y una velocidad del viento de 1 m/s . En los módulos estándar es del orden de 47°C . El fabricante suele dar los coeficientes de variación de la corriente y de la tensión del módulo con la temperatura.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

Características eléctricas de los módulos cristalinos

Las instalaciones fotovoltaicas no trabajan casi nunca en condiciones estándar debido a que en muy pocas circunstancias existe una irradiancia de 100 W/m^2 y una temperatura del generador FV igual o inferior a 25°C . La curva característica del módulo depende de su temperatura y del nivel de irradiancia incidente.

El nivel de irradiancia varía constantemente a lo largo del día, afectando proporcionalmente a la curva característica del módulo. Así, la tensión en el punto de máxima potencia, varía muy poco al variar la irradiancia, excepto para muy bajos niveles de irradiancia donde esta tensión sí se reduce considerablemente.

La temperatura del módulo varía a lo largo del día ya que está influenciada principalmente por la irradiancia incidente, la temperatura ambiente, la velocidad y dirección del viento, las propiedades térmicas del módulo y las condiciones del entorno donde se sitúe.

Al aumentar la temperatura del módulo se reduce la tensión de circuito abierto y la tensión de máxima potencia, mientras que la corriente permanece prácticamente constante.

En el dimensionado de instalaciones fotovoltaicas se tienen que tener muy en cuenta las tensiones máximas y mínimas que se producen a la salida del generador FV cuando su temperatura es la mínima y la máxima alcanzable respectivamente para que los equipos que estén conectados al generador funcionen correctamente. La disminución de potencia en un módulo estándar con la temperatura es del orden de $0,45\% \text{ W/}^\circ\text{C}$. Para minimizar esta reducción de potencia, los módulos FV deben ceder el calor al ambiente. Esto se consigue situando los módulos en lugares donde puedan tener una buena ventilación natural por la parte posterior y frontal.

En realidad, lo que suele suceder es que cuando existen elevados niveles de irradiancia (días despejados a mediodía solar), es más frecuente que la temperatura ambiente sea mayor que cuando existen bajos niveles de irradiancia (días nublados y por la mañana y por la tarde en días despejados).

En un instante con una irradiancia de 800 W/m^2 y una temperatura ambiente de 20°C , se alcanza una temperatura del módulo que está alrededor de su TONC, es decir, entre 42°C y 47°C . Esta temperatura puede variar mucho en función de la forma, ubicación y entorno del generador FV. Así, un generador FV integrado en el tejado, alcanza mayores temperaturas en el caso de tratarse de un generador bien ventilado.

En conclusión, como las condiciones climáticas son muy variables (irradiancia, la temperatura ambiente, la velocidad y dirección del viento, etc.), el funcionamiento del módulo FV va a ser muy variable, teniendo en cuenta que se debe procurar que sobre el módulo incida la mayor irradiancia posible y que su temperatura, en cada instante, sea mínima. Esto se consigue con una buena selección de la inclinación, orientación y tipo de montaje.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

Punto caliente y sombreado

Otra circunstancia que se puede dar sobre un generador FV es que las células de un módulo absorban corrientes procedentes de otros módulos provocando un calentamiento excesivo en las mismas, que incluso puede llegar a dañarlas. A este fenómeno se le denomina “efecto del punto caliente”.

Para explicar cómo se produce el efecto del punto caliente, supongamos un módulo estándar de 36 células funcionando correctamente, donde la corriente generada por el módulo es consumida por una resistencia R.

Supongamos que se produce un sombreado parcial sobre una célula del módulo debido a que cae una hoja, una suciedad excesiva en ese punto, etc , y se tapa parcialmente, la célula solar C36, en consecuencia, la célula C36 tendrá una curva característica diferente a las demás ya que la irradiancia incidente es menor. La célula C36 no producirá corriente alguna sino que consumirá la corriente que producen el resto de células. La corriente generada por las células iluminadas es impulsada a través de la célula tapada. Dicho flujo de corriente se transforma en calor. Cuando dicha corriente es lo suficientemente alta, deteriora la célula y se origina el efecto de punto caliente. La máxima corriente que puede circular es la corriente de cortocircuito. Para evitar la formación de un punto caliente, se hace pasar la corriente a través de un diodo bypass.

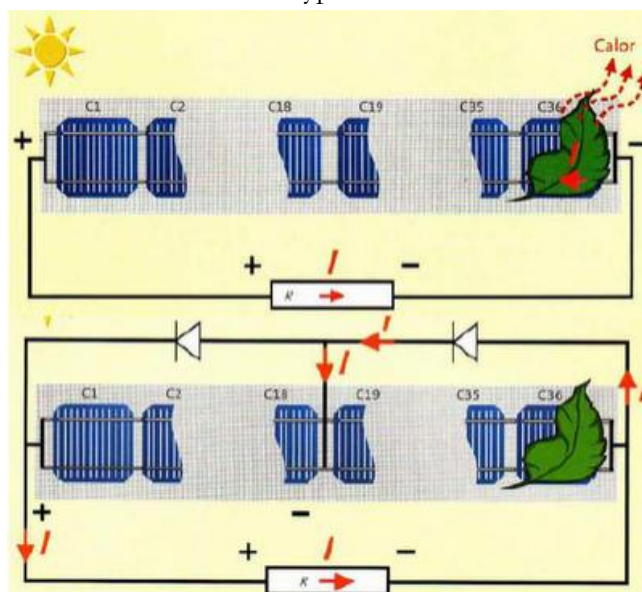


Figura 10. Diodo Bypass

4.1.2 Ensayos de módulos

La calidad de un módulo no es fácil de conocer a simple vista. Para asegurar la calidad de un módulo se debe exigir que esté homologado por un organismo reconocido. Si está homologado significa que ha superado las pruebas de ensayo, según IEC, requeridas por la legislación. Otra referencia sobre la calidad que puede tener el usuario es la garantía ofrecida por el propio fabricante.

Certificación y test de calidad

En el centro de investigación de la Comisión Europea en Ispra (Italia) se han desarrollado unos nuevos procedimientos de ensayo para los módulos. De los cuales, el procedimiento de prueba NQ 503 “Módulos fotovoltaicos terrestres de células cristalinas – calificación del modo de fabricación y homologación de los modos de fabricación”, se aceptó en el año 1993, como norma IEC 61215 de la comisión internacional electrotécnica (IEC). Los procedimientos de pruebas se ampliaron para módulos amorfos para aprobar también la degradación del material de las células. De esta manera en 1996 surgió una nueva norma, la IEC 61646 “Módulos fotovoltaicos de película delgada terrestres – calificación del modo de fabricación y homologación de los modos de fabricación”. Los módulos que pasan esta prueba se consideran módulos de alta fiabilidad y larga duración, es decir, homologados. Para la certificación de módulos se seleccionan al azar ocho módulos del proceso de fabricación. Uno de ellos se guarda como referencia, mientras que los otros siete son sometidos a los siguientes ensayos:

- Prueba de visibilidad
- Potencia bajo diferentes condiciones (STC, NOCT ya $T=25^{\circ}\text{C}$ y $E=200\text{ W/m}^2$)
- Estabilidad del aislamiento
- Medidas de los coeficientes de temperatura
- Test de durabilidad en condiciones de intemperie
- Prueba de duración de punto caliente
- Prueba a cambios de temperatura y test UV
- Prueba de humedad ambiental y heladas
- Prueba de humedad/calor
- Prueba de estabilidad de las conexiones
- Prueba de carga mecánica máxima posible y test de torsión
- Test de granizo

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

Estas pruebas están definidas parcialmente en otras Normas. Los fundamentos para la medida de la potencia están fijados en los diferentes apartados de la norma IEC 60904. En dicha norma se especifican los requisitos para los procedimientos de test y de medida y fuentes luminosas artificiales, que se emplean en los test. En ella se fija por ejemplo como debe ser la distribución espectral de lámparas artificiales para que se parezcan al espectro solar. De la misma manera se consideran en la norma IEC 60891, los procedimientos para extrapolar las curvas corriente-tensión de células cristalinas y de módulos bajo otras condiciones de temperatura e irradiancia. El test UV se realiza según la norma IEC 61345. La prueba de la carga mecánica máxima admisible se realiza según la norma IEC 61345. La prueba de la carga mecánica máxima admisible en relación a los daños ocasionados por impactos se describe en la norma IEC 61724.

Los test de calidad de acuerdo a la norma IEC 61215 e IEC 61646 se consideran como distintivos de calidad de los módulos. En los últimos años se han potenciado desde la mayoría de los organismos nacionales e internacionales como criterios de homologación y como ventaja para su promoción. Hoy día, es habitual que los módulos estándar tengan la certificación según IEC 61215 e IEC 61646. Sin embargo, los módulos especiales y específicos no suelen estar certificados debido a los altos costes de los ensayos y al escaso número de unidades que se venden de estos tipos de módulos. Desgraciadamente las medidas obtenidas bajo condiciones STC dicen poco sobre la potencia que realmente se obtiene. Lo útil sería una potencia media o producción en condiciones reales de funcionamiento, es decir, a la intemperie. De esta forma se obtendría una medida del funcionamiento y del rendimiento para diferentes irradiancias y temperaturas. Mientras tanto los diferentes institutos a nivel mundial, trabajan en la estandarización de procedimientos para la obtención de la cantidad de energía que se obtiene de un módulo en condiciones de intemperie. Los avances en los procedimientos son el resultado de los esfuerzos realizados en el centro de investigaciones de la comisión europea en Ispra, recogidos en el proyecto de norma IEC 61853 “Performance testing and energy rating of terrestrial photovoltaic modules” (Test de comportamiento y producción de energía de módulos fotovoltaicos). Este proyecto define seis días de referencia con variaciones típicas de irradiancia y temperatura, en los que se determina la cantidad de energía obtenida.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

- I. Día caluroso en regiones desérticas: Altos niveles de irradiancia y de temperatura (con valores máximos de 1100 W/m^2 y 45°C)
- II. Día primaveral en regiones de montaña: Altos niveles de irradiancia y bajas temperaturas (Con valores máximos de 1000 W/m^2 y 6°C)
- III. Día otoñal con cielo cubierto: Nivel medio de irradiancia y temperatura (Con valores máximos de 350 W/m^2 y 15°C)
- IV. Día húmedo y caluroso en verano con poca nubosidad: Nivel de irradiancia medio y altas temperaturas (Con valores máximos de 600 W/m^2 y 30°C)
- V. Día invernal en países nórdicos. Bajos niveles de irradiancia y bajas temperaturas (Con valores máximos de 200 W/m^2 y 0°C)
- VI. Día de verano en regiones costeras frescas (Con valores máximos de 1000 W/m^2 y 18°C)

Como actualmente los fabricantes suministran los datos según IEC 61215, es posible que un módulo con un rendimiento mayor en condiciones estándar obtenga una cantidad menor de energía en la realidad que otro módulo de menor rendimiento en condiciones estándar.

Verificación de protección de clase II

Una forma de proteger a las personas contra contactos eléctricos es lo que se define en la norma UNE 20460 como aislamientos clase II. Éste consiste en un aislamiento doble o reforzado de las partes en tensión. Para asegurar que este doble aislamiento se mantenga estable durante la totalidad de la vida útil del módulo y que el aislamiento cumpla la normativa vigente, se realizan unos ensayos descritos en la IEC 61215.

Período de garantía del fabricante

Una forma muy sencilla de estimar la calidad de un módulo, es conocer el período de garantía que da el fabricante. Las garantías de producción proporcionadas por los fabricantes se sitúan entre los 10 y 26 años. En este sentido es muy importante aclarar si la garantía se refiere a la potencia mínima o a la potencia nominal, además de otros conceptos de aislamientos, cajas de conexiones, etc.

Por ejemplo, una garantía del 90% sobre la potencia mínima es diferente que una garantía del 90% sobre la potencia nominal ya que los módulos tienen una tolerancia del 10%.

4.1.3 Conexionado de módulos fotovoltaicos

Los módulos fotovoltaicos se asocian en serie o en paralelo formando un generador fotovoltaico. Para conocer las características eléctricas debidas a la asociación de módulos se deben tener en cuenta los mismos criterios que se han indicado cuando se asocian las células. La asociación en serie de los módulos se simboliza por un ramal. Hay que recordar que la tensión de circuito abierto de los módulos es superior a las tensiones de funcionamiento correspondiente al punto de máxima potencia.

Los distintos ramales de módulos en serie se suelen conectar en paralelo para configurar un generador fotovoltaico.

Para reducir las pérdidas debidas a la dispersión de los parámetros eléctricos de los diferentes módulos se deben utilizar módulos de curvas características iguales, es decir, de la misma marca y modelo.

En instalaciones aisladas, es frecuente que se asocien en paralelo varios módulos u a que con un solo módulo se obtiene la tensión suficiente para cargar la batería y con el resto de módulos se obtiene la energía requerida por el usuario.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

4.1.4 Fabricación

Conexionado

Módulos cristalinos

Un módulo fotovoltaico está formado por la conexión en serie o serie-paralelo de varias células solares. Para ello se suelda la cara del contacto delantero de una célula con el contacto trasero de la célula siguiente, de esta forma quedan las células conectadas en serie al quedar el polo negativo (cara delantera) conectado al polo positivo (cara posterior) de la célula siguiente. Los extremos iniciales y finales de la cadena serán utilizados como las conexiones eléctricas del módulo.

Módulos de película delgada

En los módulos de silicio cristalino, las células se conectan entre sí, mientras que los módulos de película delgada la interconexión de las células se realiza en el propio proceso de elaboración de las células y se consigue mediante separación de las diferentes capas de la célula. Para ello se cortan los materiales en tiras de células de cerca de 1 cm de anchura con un láser o mediante surcos mecanizados.

Encapsulado de las células

Las células, una vez conectadas en serie o serie-paralelo, se encapsulan para protegerlas de las condiciones climáticas como lluvia, humedad, polvo, etc. Por la parte frontal de las células, donde se debe incidir la radiación solar, se emplea normalmente vidrio aunque en ocasiones muy particulares es posible emplear vidrios acrílicos (metacrilato), lacas o láminas de plástico, con algún material intermedio, normalmente EVA (Etilen – Vinil – Acetato), teflón o resina. Estos materiales deben ser muy transparentes para que permitan el paso de la mayor cantidad de la radiación solar incidente. Por estas razones, los materiales empleados en las caras frontales son vidrios con bajo contenido en óxido de hierro, los cuales dejan pasar del orden del 91% de la radiación solar. Para soportar las altas tensiones térmicas que se producen por las grandes diferencias de temperatura, a las que se exponen, los vidrios se templan. Existen vidrios de reciente desarrollo, los cuales alcanzan, tras un tratamiento adicional antirreflectante mediante técnicas de cauterización o mediante una capa de inmersión, una transparencia del orden del 96%. Con vidrios estándares, la energía producida por un módulo disminuiría en más de un 4% que con los vidrios específicos, llamados “vidrios solares”, que se suelen utilizar en los módulos fotovoltaicos.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

En la parte posterior, se suelen utilizar un polímero opaco denominado “tediar”, aunque en ocasiones se utilizan vidrios templados, láminas de plástico o metálicas, etc.

Existen tres encapsulados diferentes: Encapsulado EVA, encapsulado con teflón y encapsulado con resina.

Encapsulado con Etilen-Vinil-Acetato (EVA)

Para el encapsulado con EVA se colocan las células solares en una cámara de vacío de manera que quedan unidos el vidrio, las células, el EVA y el soporte posterior formando láminas (procedimientos de laminado en vacío). El EVA se funde y cubre totalmente a las células. El EVA se protege de la radiación ultravioleta mediante un vidrio templado y se emplea en la fabricación de prácticamente todos los módulos comerciales y especiales. Mediante este procedimiento se pueden alcanzar unas dimensiones de hasta 2 x 3 m, aunque en los tamaños más grandes es difícil mantener homogeneidad en la distribución de las células dentro del módulo.

Encapsulado en teflón

Mediante el encapsulado con teflón, se meten las células solares de manera análoga al procedimiento descrito anteriormente en un polímetro especial de fluor y teflón. Como diferencia con el encapsulado en EVA, las células a encapsular se colocan sobre una bandeja portadora, no necesitando ningún recubrimiento frontal. El teflón es estable frente a la radiación ultravioleta, muy transparente, repele la suciedad, no amarillea y tiene una superficie con muy baja reflexión. Los módulos de teflón tiene una capa de teflón de un espesor de tan solo 0,5 mm sobre las células solares. El teflón es un buen conductor del calor y favorece su refrigeración. Como material soporte se utilizan algunos de los vidrios convencionales templados adecuadamente aunque también se pueden emplear otros materiales opacos como metales, pizarras, hormigón o cerámica. El encapsulado con teflón se emplea para la construcción de módulos especiales de pequeño tamaño.

Encapsulado en resina

Para el encapsulado con resina, el procedimiento de fabricación empleado es mediante chorro. Las células, con ayuda de bandas adhesivas, se fijan a dos planchas de vidrio y éstas se enmarcan fijándolas a un marco con una cinta adhesiva transparente por los dos lados que las mantiene separadas. La cara delantera es de vidrio templado con un alto grado de transparencia, para la cara posterior se emplea un vidrio templado convencional. El espacio entre ambas se rellena con la resina de alta transparencia, la cual se endurece. Mediante el encapsulado con resina se pueden fabricar módulos de medidas de hasta 2,5 m de ancho por 3,8 m de largo.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

La ventaja de este tipo de encapsulado es que se consiguen, para módulos de gran tamaño, una buena distribución de las células en el interior del módulo.

El encapsulado con resina se emplea cuando se necesitan módulos especiales para la integración en edificios (fachadas, construcciones con techos que permiten el paso de la radiación solar – claraboyas – instalaciones de protección solar – marquesinas).

Las resinas que se utilizan en la producción de módulos proceden de la elaboración del vidrio destinado a la insonorización. Es por ello que los módulos encapsulados tienen buenas propiedades de aislamiento acústico.

Diferencias entre encapsulado de células cristalinas y células de película delgada

Frente al encapsulado de células cristalinas, hay que citar en este caso dos diferencias. Los módulos de película delgada consisten en una placa de vidrio (placa soporte) que está cubierta de un material semiconductor. Como placa soporte no se puede emplear ningún cristal endurecido, ya que debido a las altas temperaturas en el recubrimiento con semiconductor del cristal, la pretensión del cristal se puede destruir. En el caso de que los módulos terminados precisen de requisitos específicos relacionados con la estabilidad y resistencia (por ejemplo para la colocación en una fachada), se tiene que dotar al módulo en bruto de un vidrio adicional de seguridad. Un módulo de película delgada se compone siempre de dos vidrios.

Mediante diferentes técnicas de recubrimiento en la elaboración de células de película delgada se asienta el material semiconductor sobre o debajo de la placa portadora dependiendo si la placa portadora está en la parte posterior o delantera. La situación del material semiconductor influye en las posibilidades de construcción de los módulos, que puede ser muy diferente de los objetivos de aislamiento que se quieran obtener.

Salida de cables

Para la salida de las conexiones de la cadena de células, se suele realizar mediante un conector eléctrico que sale por la parte posterior del módulo. Estas conexiones de los módulos deben tener un grado de aislamiento de IP 64 y tener protección de clase II. Durante el montaje hay que tener en cuenta de no romper el aislamiento. Otra posibilidad de sacar los cables es a través de la cara frontal o lateral del marco del cristal. En función de la salida de cables elegida se tiene una forma de montaje u otra.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

Tipos de módulos

a) Tipos de células

Módulo monocristalino

Módulo policristalino

Módulo de película delgada (módulos amorfos, CdTe..)

b) Material de encapsulado

Módulo de teflón

Módulo de resina (la denominación de módulo EVA no se usa)

c) Técnica de encapsulado

Laminado (laminado con EVA o teflón)

d) Material de soporte

Módulo en capas

Módulo de capas de cristal (o módulos de Cristal-Tediar)

Módulo en capas metálicas

Módulo acrílico

Módulo de cristal doble

e) Forma del marco

Módulo enmarcado

Módulo sin marco

f) Funciones adicionales de fabricación específicas

Módulo con capas de cristal de seguridad

Módulo con cristal de unión de seguridad

Módulo de cristal aislante

Módulo con cristal aislante autoresistente

Módulo con cristal aislante en niveles

Módulos de cristal de unión multicapa

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

En general, la clasificación más conocida es:

- Módulo estándar
- Módulos especiales
- Módulos específicos

Módulos estándar o comercial

Los módulos estándar son fabricados con la finalidad de alcanzar los mínimos costes con un máximo de energía captada por unidad de superficie. La mayoría están formados por células encapsuladas con EVA, vidrio en la parte frontal y con tediar por la parte posterior, con unas medidas fijas. Existen módulos estándar con o sin marco de aluminio. Estos módulos se usan cuando no se necesitan módulos con formas ni medidas especiales como son las aplicaciones de bombeo, electrificación rural, plantas fotovoltaicas, etc ; o juntos con superficies especiales para la integración en edificios.

Un módulo típico estándar se compone de 36 a 108 células y tiene una potencia de 50 a 160 W_p (células cristalinas). Las células se disponen en filas consecutivas, formando un módulo rectangular de medidas, por ejemplo, de 10 x 0,5 m.

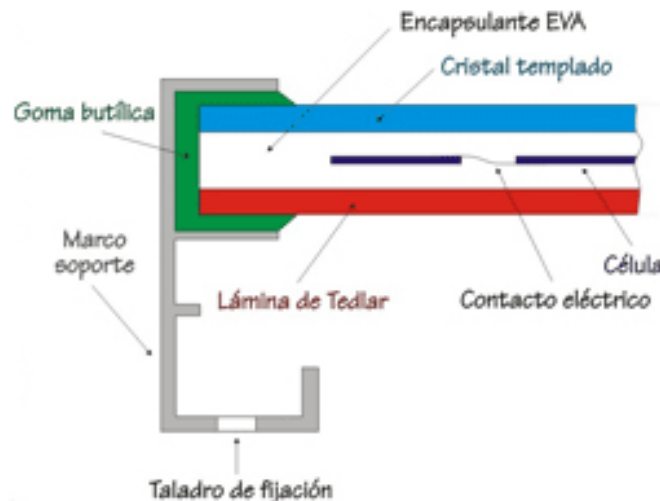


Figura 11. Composición de un módulo estándar

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

Módulos especiales

Los módulos especiales son los módulos que se fabrican en serie con una finalidad específica. Para ello se suelen emplear materiales especiales o con un marco muy particular. Ejemplos de módulos especiales son todas las pequeñas aplicaciones, módulos de iluminación para el uso de automatización solar, en náutica o para el camping o incluso en cubiertas y fachadas de edificios.

Módulos específicos

Los módulos específicos son los módulos que se fabrican de manera individual para satisfacer una determinada necesidad. Aquí se pueden englobar los módulos para integración en una fachada caliente o fría, en una claraboya o en una marquesina para proporcionar sombra o con una forma muy específica. El elemento de construcción determina la elaboración del módulo, las medidas y las formas.

4.1.5 Diseño de los módulos

Los módulos se emplean en instalaciones aisladas, pero se está incrementando su uso en instalaciones de conexión a red integrados en edificios. Por este motivo no siempre se debe contemplar los módulos solares como elementos que sólo producen electricidad sino que se debe concebir como un conjunto de materiales que deben estar en consonancia con el edificio y que debe integrarse en su exterior. Esto hace necesario módulos con diferentes propiedades ópticas y diferentes características de funcionamiento, ofrece un amplio repertorio de posibilidades, para poder utilizarlo como elemento de construcción.

Los módulos estándar y especiales cubren, en general, las necesidades del mercado. En el caso de los módulos estándar, el proyectista tiene la posibilidad de elección en un gran abanico de posibilidades con distintos tipos de células, dimensiones y marcos. Los módulos especiales tienen una oferta en función de la finalidad a la que se van a destinar para lo cual se oferta una menor variedad de posibilidades. Ambos tipos de módulos tienen en común que se oferta al mercado como productos finales y que el proyectista elige, pero no puede influir en el aspecto de los mismos. Si al proyectista no le satisface ni los módulos estándar ni los especiales, puede encargar uno específico. Junto con la elección de las células y de su disposición se pueden combinar entre sí, cristales con diferentes características de manera que se tengan módulos multifuncionales, los cuales posibiliten la adaptación a la arquitectura de los edificios.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

Las posibilidades de diseño para los módulos específicos abarcan:

- Tipo de células
- Recubrimiento de las células
- Forma de las células
- Contactos de las células
- Fondo de la célula
- Medidas del cristal
- Formato del cristal
- Tipo de cristal

Con la combinación de estos parámetros se obtiene la imagen final del módulo. De esta forma el proyectista puede, con la aprobación del fabricante, diseñar módulos individuales con diferentes:

- Colores (dependiendo del tipo de célula , del fondo de la célula, de los contactos y del tipo de cristal)
- Transparencia
- Flexibilidad: los módulos de células cristalinas se pueden fabricar curvos con hasta un radio mínimo de hasta 0,9 m, en los que las células se colocan sobre carcasas curvas o se curvan los módulos una vez montados. Los módulos de película delgada tienen una flexibilidad estable y son enrollables, cuando se separan en un material portador flexible.
- Reticulado

Tipos de células

La gama de células disponibles en el mercado es amplia. Aunque a primera vista parecen todas similares, si se analizan, se pueden observar diferencias importantes. Las células cristalinas se diferencian según el proceso de fabricación en:

- Estructura (homogéneo, cristalino)
- Forma (rectangular, cuadrada, semicuadrada, redonda)
- Medidas (10 x 10 cm, 12,5 x 12,5 cm, 15 x 15 cm)
- Color (azul, negro). Mediante tratamientos antirreflectantes especiales se tienen además los colores magenta, dorado, marrón y verde y si se omite la capa antirreflectante se obtiene el color gris plateado.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

Las células de película delgada no están sujetas a medidas de las obleas estándar, sino a la medida del cristal sustrato. Éstas son de libre elección. Debido a que el material sustrato se cubre por completo con las células, se desarrollan las retículas típicas de los módulos cristalinos sobre las células y las pistas de corriente. La superficie solar es homogénea y de un color. Únicamente las líneas divisorias entre las filas de células se pueden distinguir si se observa detalladamente. La coloración se consigue en función del material de las células (Si amorfo, CIS o CdTe). Los formatos dependen del fabricante. Los módulos mayores son de 2 x 3 m y se consiguen agrupando las células de película delgada en varios grupos independientes que después se unen para formar el módulo. Una particularidad adicional de la técnica de película delgada es la posibilidad de montar las células solares sobre un material sustrato flexible curvo.

Disposición de las células

En los módulos de cristal doble, la colocación de las células puede ser muy variada. En los módulos mono y policristalino se pueden seleccionar libremente tanto la distancia entre las células como la de éstas al marco de cristal. De esta manera se pueden obtener diferentes niveles de transparencia así como formas de la proyección de las sombras.

En el acristalamiento de algunas zonas, las células se disponen muy juntas para conseguir el sombreado suficiente. En otras aplicaciones, la distancia entre células es de entre 3-4 cm con el fin de no influir demasiado en la iluminación del edificio. Los módulos de película delgada se pueden hacer semitransparentes mediante cortes de separación adicionales perpendiculares a las líneas de células. El material de las células se separa igualmente en bandas, de manera que la radiación solar puede penetrar a través de los módulos por dichas zonas. De esta forma se origina un patrón cuadrículado finamente, que le confiere al módulo de película delgada una transparencia uniforme y de color neutral

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

Formas de las células

Las células cristalinas son cuadradas, semicuadradas o rectangulares, los módulos suelen ser rectangulares. Cuando se necesita modificar algún lado de estos módulos para adaptarse a la fachada de un edificio, existen dos posibilidades. Las células se pueden o colocar en escalera a lo largo de los cantos oblicuos del módulo o de manera paralela al corte. Las células cortadas no se conectan a las demás por motivo de la reducción del flujo de corriente. Éstas permanecen eléctricamente inactivas y el aspecto del módulo es homogéneo aunque los cantos oblicuos es más costoso que la forma escalonada.

Las células de película delgada, se comportan de forma similar en este caso. Mediante el corte de los cristales de manera oblicua o redonda, se obtienen las células de distinta formas. La superficie activa del material semiconductor es de forma rectangular, lo cual quiere decir que dentro de las superficies asimétricas, la producción energética se determina en función de la máxima superficie rectangular inscrita. La zona exterior a la superficie rectangular no es activa eléctricamente pero no se distingue de la superficie total.

Fondo de las células

Cuando existen grandes distancias entre células, el color del fondo del recubrimiento posterior entre células es muy interesante como elemento de diseño. En el caso de laminados de hojas de cristal o laminados puros, existe la posibilidad de que la capa posterior (de tediar) sea de color o transparente.

Contactos frontales

La modificación de los colores y los patrones de las líneas de contacto no tienen un coste elevado. En lugar de los contactos estándar de colores plateados se pueden utilizar bandas conductoras coloreadas que se adapten a los colores de las células. Junto con un adecuado color de fondo adquieren igualmente una forma óptica bastante homogénea.

Medidas de los cristales

Los módulos estándar ofrecen gran variedad de formatos y medidas. Las medidas más frecuentes oscilan entre 0,5 y 2,5 m², ya que dichas medidas son las más manejables tanto en montaje como eléctricamente. Para módulos específicos se pueden fabricar módulos de medidas de hasta 2,5 x 3,8 m². Por tanto es posible equipar con módulos específicos fachadas con geometría difícil. Las medidas de los cristales delanteros y traseros pueden presentar diferentes dimensiones, de forma que se tienen cristales en uno o varias capas.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

Formatos de los cristales

En un principio se pueden fabricar células con cualquier formato (triangular, trapezoidal, redondas); sin embargo, hay que tener en cuenta en estos casos, que estas formas conllevan un aumento considerable de los costes frente a los módulos rectangulares.

Tipos de cristal

El recubrimiento delantero de las distintas disposiciones debe ser de un material altamente transparente. Debido a esto, las posibles combinaciones de materiales son más reducidas que con el recubrimiento posterior.

Por el contrario, el recubrimiento de la cara posterior se suele utilizar como elemento de diseño. En los módulos de cristal doble, se pueden usar prácticamente todos los cristales disponibles en la industria. De esta manera se puede obtener por un lado módulos fotovoltaicos con diferentes ópticas y por otro lado adaptarlos según las funciones adicionales específicas de construcción, como parasoles, muros antisonoros o protecciones térmicas además de estar supeditados a las exigencias de los componentes constructivos y a la fachada de los edificios. Posibles tipos de cristal:

- Cristales coloreados en masa
- Cristales pintados por capas, en los cuales el color cerámico de la cara posterior es horneado
- Cristales serigrafiados, en ellos se puede elegir tanto el patrón como el color
- Cristales azogados, en ellos se fuerzan las capas de óxido metálico reflectante de la cara posterior
- Cristales parasol, con un tratamiento superficial con óxido metálico con reflexión selectiva sobre la cara posterior por lo que reflejan únicamente la porción de radiación solar correspondiente a la onda larga. Por el contrario la radiación solar visible para por el cristal casi sin ser modificada, de esta forma, el interior del edificio está iluminado en verano y no se calienta.
- Cristales de bandas antisonoras, el fundamento de la construcción del cristal es que tenga unas propiedades de insonorización altas.
- Cristal de seguridad de unión de dos capas, que se unen con unas láminas de PVC. Mediante rotura la capa de unión sostiene el casco de cristal unido y la lámina se mantiene en el soporte. Como cristal de seguridad permite el empleo en techumbre.
- Vidrios aislante consistente en, por lo menos, dos cristales entre los que existe un espacio que se rellena con gas y sirve como aislante térmico del edificio. Los cristales laterales se pueden elegir libremente en este caso.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

- Vidrios aislante en techumbres (techos calientes) con cristal de seguridad como cristal interior

Módulos específicos de cristal acrílico

El empleo de cristales acrílico transparentes, ofrece una amplia selección de posibilidades de diseño. El cristal acrílico permite, con herramientas específicas, ser serrado, taladrado, rectificado, pulido, pudiendo darle cualquier forma. Se puede doblar en frío y en caliente tiene comportamiento plástico. El mínimo radio en curvatura en frío con campos de células de 10 x 10 cm es de 350 veces la densidad máxima de la plancha de cristal acrílico. El modelado térmico se realiza en la zona donde no hay células. La cara posterior de la plancha de cristal acrílico se puede poner de color, serigrafiado o lacado

Módulos específicos con lamas fotovoltaicas en cristales aislantes (climalit)

Un doble uso interesante es el de cristales aislantes con lamas fotovoltaicas en el espacio entre planchas. Las “persianas fotovoltaicas” utilizan el efecto de sinergia, de manera que se obtiene simultáneamente electricidad y se protege a la habitación interior de un exceso de radiación solar, mientras que el acristalamiento aislante protege térmicamente. Las lamas de vidrio protegen las células solares de los efectos atmosféricos y de la suciedad, aunque parte de la radiación se pierde, ya que ésta debe atravesar dos superficies de cristal antes de incidir sobre la célula solar. La potencia por unidad de superficie de los módulos es de unos 50 W. Para el uso en fachadas y techos de cristal (vidrieras) se tienen otros modelos de módulos, las dimensiones oscilan entre 1 m de ancho y 3 m de alto. Con un espacio entre cristales de 29 mm de ancho y un espesor mínimo de ambos cristales de 6 mm teniéndose un espesor total mínimo de 41 mm.

4.2 Inversores

4.2.1 Introducción

El inversor es uno de los componentes más importantes en los sistemas conectados a red, ya que maximiza la producción de corriente del dispositivo fotovoltaico y optimiza el paso de energía entre el módulo y la carga. El inversor es un dispositivo que transforma la energía continua producida por los módulos en energía alterna, para introducirla a la red.

Los inversores para la conexión a la red eléctrica están equipados generalmente con un dispositivo electrónico que permite extraer la máxima potencia, paso por paso, del generador fotovoltaico. Este dispositivo sigue el punto de máxima potencia (PMP) y tiene justamente la función de adaptar las características de producción del campo fotovoltaico.

En un sistema fotovoltaico con conexión a la red eléctrica, la potencia en corriente continua (DC) generada por el equipo fotovoltaico debe convertirse a corriente alterna (AC) para poder ser inyectada en la red eléctrica. Este requisito hace imprescindible la utilización de un inversor que convierta corriente continua en corriente alterna, para conseguir un flujo de energía.

Los inversores utilizados en sistemas fotovoltaicos serán del tipo conexión a la red eléctrica con una potencia de entrada variable para que sea capaz de extraer en todo momento la máxima potencia que el generador fotovoltaico puede proporcionar a lo largo de cada día.

En las instalaciones fotovoltaicas existen dos grandes grupos de inversores, los que se utilizan para instalaciones conectadas a la red y los que se utilizan para instalaciones fotovoltaicas aisladas.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

4.2.2 Inversores de conexión a red

En las instalaciones de conexión a red, la salida del inversor está conectada directamente a la red de distribución de la compañía, sin pasar por los equipos de consumo de la vivienda, estando prohibido por la legislación vigente la instalación de baterías.

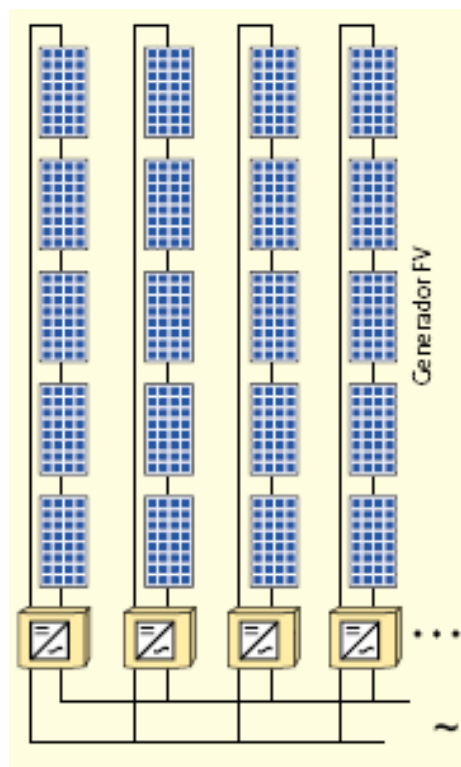


Figura 12. Esquema de inversor conectado a red

En esta figura se muestra el esquema unifilar de una instalación fotovoltaica de conexión a red.

En España, el R.D. 1663/00, indica que si la potencia nominal del inversor o suma de inversores es menor o igual de 5 kW, la conexión con la red de distribución debe ser monofásica, cuando es mayor, es obligatorio hacerla en forma trifásica.

La conexión trifásica se puede realizar con un solo inversor con salida trifásica o con tres inversores monofásicos conectados en paralelo.

Con el fin de suministrar el máximo de potencia inyectada a la red de distribución de la compañía, el inversor debe hacer trabajar al generador fotovoltaico en el punto de máxima potencia, el punto de máxima potencia varía en función de las condiciones meteorológicas. El inversor consigue que el generador funcione en el punto de máxima potencia porque lleva incorporado un seguidor del punto de máxima potencia que consiste básicamente en un convertidor de corriente continua en corriente continua. Éste se conecta delante del propio inversor y ajusta la tensión

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

de entrada del inversor a la tensión del punto de máxima potencia del generador.

Los inversores modernos suelen desempeñar las siguientes funciones:

- Transformación de la corriente y tensión continua producida en el generador fotovoltaico en una corriente y tensión alterna de acuerdo a las condiciones de la red.
- Ajuste del punto de trabajo del inversor al punto de máxima potencia del generador fotovoltaico.
- Recogida de datos y señalización.
- Elementos de seguridad en la parte de corriente continua y alterna (protección de la polaridad, protección contra una sobretensión, protección contra una sobrecarga, elementos de mantenimiento y otras protecciones).

Según el principio de funcionamiento, los inversores de conexión a red, se clasifican en guiados por la red o autoguiados

Inversores guiados por la red

Los inversores guiados por la red tienen como principio básico un puente entre tiristores. Estos inversores se utilizan convencionalmente en automatización (técnicas de impulsión, movimiento de motores..). Actualmente los inversores que se utilizan en grandes plantas fotovoltaicas se basan en esta tecnología. Para inversores monofásicos de poca potencia ($< 5 \text{ kW}$) todavía existen pocos fabricantes que oferten inversores para instalaciones fotovoltaicas basados en esta tecnología.

Los valores límite de los armónicos superiores están fijados en la norma IEC 100-3-2 y 100-3-3. Para delimitar los armónicos superiores, son necesarios mecanismos de compensación y un filtro de salida. La separación galvánica de la red se lleva a cabo por un transformador de red de 50 Hz.

Inversores autoguiados

En los inversores autoguiados se utiliza como principio básico un puente de materiales semiconductores que se pueden conectar y desconectar. En función de la potencia del inversor y del nivel de tensión de funcionamiento, se emplean los siguientes materiales semiconductores:

- MOSFET (transistores de efecto de potencia)
- Transistores bipolares
- GTO (tiristores desconectables de hasta 1 kHz)
- IGBT (transistores bipolares de puerta aislada)

Con estos disyuntores se permite la reproducción de la onda senoidal mediante el principio de modulación del ancho de pulso.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

A través de conexiones y desconexiones rápidas del disyuntor a una frecuencia de unos 10-100 kHz se forman los impulsos, cuya duración de impulso y distancia de pulso se modelan en función de una curva seno. De esta forma tras una rectificación a través de un filtro de paso bajo conectado a continuación se consigue con muy buena aproximación de la corriente inyectada con la forma senoidal de la corriente de la red. Por ello la corriente inyectada posee únicamente unas pocas perturbaciones de baja frecuencia. La necesidad de potencia reactiva de los inversores autoguiados es baja.

Debido a la alta frecuencia de conexión para la formación del impulso en este tipo de dispositivos se generan perturbaciones de alta frecuencia, por ese motivo hay que tener en cuenta la problemática de la tolerancia electromagnética en la elección del dispositivo. Esto se consigue mediante conexiones de seguridad y el apantallamiento del dispositivo. Los inversores autoguiados con el marcado CE y la declaración de conformidad, cumplen las leyes sobre tolerancia electromagnéticas de dispositivos.

Los inversores autoguiados se utilizan en instalaciones fotovoltaicas aisladas. Para conexión a red, el inversor debe sincronizar la frecuencia de la corriente inyectada con la frecuencia de la red. El intervalo de conexión del puente se realiza a la frecuencia de la red.

Inversores autoguiados con transformador de baja frecuencia

Los inversores autoguiados de conexión a red utilizan un transformador de baja frecuencia a 50 Hz para adaptarse a la tensión de la red. A través del campo magnético del transformador, el circuito de corriente continua se separa eléctricamente del circuito de salida del inversor.

Un inversor típico autoguiado con un transformador de baja frecuencia se compone de los siguientes elementos básicos de conexión:

- Regulador de conexión
- Puente completo
- Transformador de la red
- Seguidor PMP
- Controlador lógico y controlador de red

La separación galvánica permite que a través del transformador se proteja el generador fotovoltaico de pequeñas sobretensiones. El transformador evita en todo momento las influencias electromagnéticas.

En el transformador se originan pérdidas de potencia y también incrementa el tamaño y peso, además del coste. Por estas razones, algunos fabricantes pretenden disminuir el transformador o incluso anularlo.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

Inversores autoguiados con transformador de alta frecuencia

La reducción del tamaño y peso del transformador se logra con un transformador de alta frecuencia que varía entre 10 a 50 kHz. Estos transformadores tienen la ventaja frente a los transformadores de baja frecuencia en que tienen pocas pérdidas, menores tamaños, peso y coste. Tiene el inconveniente de que los inversores con transformador de alta frecuencia son más complejos de interconectar por lo que tienen mayores costes por este concepto, por lo que la diferencia de precio con los inversores con transformadores de baja frecuencia no es muy significativa.

Inversores sin transformador

En aplicaciones de baja potencia, se emplean los inversores sin transformadores. En este caso, disminuyen las pérdidas en el inversor, el tamaño, el peso y el coste. Para que tenga un correcto funcionamiento la tensión del generador fotovoltaico debe ser superior al valor de tensión de la red o utilizar una elevada conversión CC/CC delante del inversor. Los convertidores CC/CC tienen pérdidas adicionales, por lo que en este caso no se reducen tanto las pérdidas al eliminar el transformador.

Al no existir separación galvánica entre el circuito de corriente continua y el circuito de salida del inversor se deben tomar mayores medidas externas de seguridad y protección eléctrica.

En instalaciones fotovoltaicas con inversores sin transformadores puede que, en condiciones normales de funcionamiento, circulen corrientes derivadas capacitivas de más de 30 mA desde los módulos fotovoltaicos a tierra. Por ello no se pueden emplear interruptores de seguridad convencionales que se disparan a 30 mA. Como no existe separación galvánica se reduce el acoplamiento de impulsos electromagnéticos perturbados (niebla eléctrica). Esto significa, que los inversores sin transformador inciden electromagnéticamente más sobre el ambiente.

4.2.3 Características de los inversores

Rendimiento de un transformador (η_{tr})

El rendimiento de transformación representa las pérdidas que tienen lugar durante la transformación de corriente continua a alterna. Estas pérdidas se producen en el transformador (en dispositivos con transformador), en los conductores y las debidas al propio consumo para el control y regulación

Rendimiento del seguimiento (η_{seg})

Los primeros inversores utilizados en instalaciones de conexión a red y de bombeo funcionaban a una tensión de entrada fija y sólo en casos muy esporádicos se podía variar esta tensión de entrada. Sin embargo, los inversores de hoy en día se ajustan de forma óptima a la curva del generador fotovoltaico. A lo largo del día modifican la tensión de entrada al inversor de forma prácticamente constante. El punto de máxima potencia (PMP) del generador fotovoltaico varía para diferentes niveles de irradiancia y temperaturas. Para convertir siempre la máxima potencia solar en el inversor, éste debe trabajar en el punto óptimo de trabajo y seguirlo de forma automática (seguidor PMP). El rendimiento de ajuste es el que indica lo que se ajusta el inversor al punto de máxima potencia en cada situación.

Eurorendimiento η_{EURO}

Para comparar los diferentes inversores en relación a su rendimiento de manera sencilla, se introduce el concepto del “eurorendimiento”. Éste es un rendimiento dinámico referente a una climatología europea ponderada.

Hay que destacar que en general, es difícil alcanzar niveles de irradiancia por encima de 800 W/m². A esto se añade que en muchas latitudes normalmente los inversores trabajan a media carga. Para determinar los diferentes estados de carga, se emplean determinados valores característicos (potencia nominal y cinco potencias intermedias). Para la determinación del eurorendimiento se utilizan por tanto los siguientes seis rendimientos estáticos para diferentes potencias:

$$\eta_{EURO} = 0.03\eta_{5\%} + 0.06\eta_{10\%} + 0.13\eta_{20\%} + 0.1\eta_{30\%} + 0.48\eta_{50\%} + 0.2\eta_{100\%}$$

El valor $\eta_{100\%}$ proporciona el rendimiento en el caso de condiciones nominales, la potencia del generador fotovoltaico coincide con la potencia nominal del inversor ($P_{FV} = P_{n.INV}$). Como media se supone que el inversor trabajará al 100% de carga, el 20% del tiempo de funcionamiento a lo largo del año.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

El valor $\eta_{50\%}$ da el rendimiento para una potencia a la salida del generador fotovoltaico del 50% de la potencia nominal del inversor ($P_{FV} = 0,5 * P_{n.INV}$). La carga al 50% del inversor se supone que se da en un 48% del tiempo de funcionamiento a lo largo de un año. Los cuatro casos restantes de cargas se interpretan de forma análoga.

Con el eurorendimiento se pueden comparar diferentes inversores. El eurorendimiento representa más o menos el rendimiento efectivo del inversor. Se puede realizar una comparación más laboriosa de las curvas de rendimiento si se conocen con detalle las condiciones climáticas del lugar. El eurorendimiento en los inversores comerciales está comprendido entre el 86% y el 95%.

El eurorendimiento se suele dar únicamente para la tensión nominal, mientras que en general, el rango de tensiones del punto de máxima potencia, suele ser amplio. En la norma IEC 61683, se fijan tres tensiones a las que se debe proporcionar el rendimiento: la tensión mínima de entrada, la tensión nominal, y 90% de la máxima tensión de entrada. Un procedimiento estandarizado para la determinación de un eurorendimiento ponderado a diferentes tensiones sería muy útil para la mejor evaluación de los rendimientos efectivos y para la comparación de dispositivos.

Comportamiento ante sobrecargas

A la hora de elegir un inversor de conexión a red, se debe conocer con detalle su comportamiento ante una sobrecarga, sobre todo en aquellas instalaciones donde no se recibe elevada irradiancia en el generador fotovoltaico debido a su latitud, orientación o inclinación o por la existencia de sombreados parciales, donde tiene bastante sentido, tanto desde el punto de vista técnico como económico, seleccionar un inversor de potencia nominal menor que la potencia pico del generador fotovoltaico. En general, existen tres métodos de protección contra sobrecargas en el inversor:

1. Desviando el punto de trabajo de entrada al inversor para disminuir la potencia de entrada.
2. Limitando la potencia de entrada al inversor.
3. Desconectando el inversor

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

Recogida de datos de funcionamiento

Casi todos los fabricantes de inversores de conexión a red ofrecen funciones de recogida de datos directamente integradas en el aparato o como una ampliación opcional. Los datos se leen mediante display o mediante señalizaciones a través de LEDs y/o son analizados por medio de un pc. Con ello la instalación fotovoltaica es supervisada y analizada incluso en tiempo real.

Los datos necesarios suele ser los siguientes:

- A la entrada : Tensión U_{CC} , corriente I_{CC} y potencia P_{CC} .
- A la salida: Tensión U_{CA} , corriente I_{CA} , potencia P_{CA} y frecuencia f .
- Tiempo de funcionamiento del inversor.
- Cantidad de energía producida.
- Estado del aparato y perturbaciones.

La frecuencia de almacenamiento de los datos es variable, varía desde un valor por minuto a cinco valores por día. El tiempo de funcionamiento y la cantidad de energía se calcula como valores diarios, mensuales y/o anuales.

Los datos se almacenan directamente y se analizan mediante un ordenador. El análisis de los datos se consigue mediante un software adecuado que el fabricante proporciona con el aparato. La capacidad de almacenamiento de los aparatos disponibles en el mercado se sitúa entre 28 y 450 días. Algunos inversores necesitan de datalogger exteriores. La mayoría de los inversores tienen la posibilidad de conexión de un ordenador, mediante RS 232 o RS 485.

Con la creciente modularidad de los inversores muchos fabricantes ofrecen datalogger externos con más de una conexión de comunicación. Con ellos se pueden recoger los datos de varios inversores y evaluarlos de manera centralizada. Esto va acompañado con el creciente control automatizado del funcionamiento de las instalaciones fotovoltaicas, sobre todo las conectadas a la red. A través de contactos de aviso de averías se pueden transmitir señales acústicas de alarma o visualizaciones en cuadros indicadores con avisos por fax, ordenador, email, SMS o por vía Web.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

Otras configuraciones

Concepto multicadena

En las instalaciones fotovoltaicas se pueden sombrear parcial o totalmente el generador y por ello se suelen producir elevadas pérdidas. Para reducir estas pérdidas se suele configurar el conjunto generador fotovoltaico-inversor bajo el concepto de “multicadena”. Para ello se diseña el generador fotovoltaico de tal forma que los módulos fotovoltaicos sobre los que incide similar irradiancia se conectan a un convertidor CC/CC que además hace de seguidor del punto de máxima potencia independiente en cada cadena de manera que la instalación suele funcionar la mayor parte del tiempo en el punto de máxima potencia. La salida de todos los convertidores CC/CC se conectan a un único inversor. De esta forma las tensiones de máxima potencia de las diferentes cadenas pueden ser diferentes.

Configuración maestro-esclavo

Otro paso para la optimización energética es el desarrollo de la configuración maestro-esclavo. Varios inversores pequeños trabajan juntos como unidades maestro-esclavo. Cuando la irradiancia es baja, sólo trabaja el dispositivo maestro, tan pronto como el valor límite de la potencia del dispositivo maestro se alcanza debido a un aumento de la irradiancia, se conecta el primer inversor esclavo siguiente. Tan pronto como se vuelva a alcanzar el valor límite de potencia de éste, se conecta el siguiente inversor esclavo y así sucesivamente.

Con esta configuración se mejora significativamente el rendimiento de la conversión de corriente continua a corriente alterna. La curva característica del conjunto de inversores se compone de las curvas características de los inversores individuales y posee la peculiaridad de que en el rango de bajas potencias tiene un rendimiento mayor que un dispositivo independiente con una potencia total igual. Con este concepto también es posible una distribución de los inversores individuales de la unidad maestro-esclavo en diferentes generadores fotovoltaicos parciales o cadenas, de forma que como puntos de funcionamiento se tienen los distintos puntos de máxima potencia de los inversores independientes.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

Configuración de inversor trifásico

Una posibilidad adicional para la optimización de los dispositivos en el rango de pequeñas potencias es el uso de una transformación trifásica. La ventaja con estos inversores radica en que se obtiene un mayor rendimiento, se mejora la calidad de la salida del mismo, la sencillez de conexión así como la robustez y la durabilidad de estos dispositivos. Una ventaja adicional es que en estos aparatos se puede utilizar una instalación de protección con control de tensión trifásico.

Los fabricantes de inversores apuestan fuerte por la modularidad de sus equipos. Varios inversores pequeños se unen por el lado de CA ó CC. De esta forma se pueden conectar varias unidades pequeñas de inversores modulares para suministrar una potencia mayor. De esta forma se pueden controlar el funcionamiento de varios inversores a través de un puesto de comunicación común.

4.2.4 Seguimiento del punto de máxima potencia

Con el fin de suministrar el máximo de potencia inyectada a la red de distribución de la compañía, el inversor debe hacer que el generador fotovoltaico trabaje en el punto de máxima potencia. El punto de máxima potencia esta variando constantemente a lo largo del día y de los días dependiendo de las condiciones climatológicas. El inversor consigue que el generador funcione en el punto de máxima potencia porque lleva incorporado un seguidor de máxima potencia o MPPT. Este dispositivo consiste básicamente en un convertidor DC-DC que se conecta delante del propio inversor y ajusta la tensión de entrada del inversor a la tensión del punto de máxima potencia del generador.

La potencia DC que el inversor puede obtener de un generador fotovoltaico depende del punto de trabajo en la curva I-V. La potencia máxima depende de las condiciones ambientales, irradiancia y temperatura. El inversor debería operar idealmente en todo momento en el punto de máxima potencia del generador fotovoltaico. Debido a que es necesario un algoritmo de búsqueda del punto de máxima potencia, se puede definir un rendimiento de seguimiento del punto de máxima potencia, η_{SPMP} , como el cociente entre la energía DC obtenida realmente y la energía DC que se obtendría en un seguimiento ideal.

$$\eta_{SPMP} = \frac{\int_0^t P_{real} dt}{\int_0^t P_m dt}$$

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

Donde P_{real} es la potencia en un instante determinado y P_m es la potencia máxima del generador fotovoltaico para unas determinadas condiciones de irradiancia y temperatura de operación. Hay un único punto en una curva I-V, el punto de máxima potencia, PMP, en el que el generador produce la máxima potencia. Para que el inversor opere en el PMP es necesario un algoritmo en el que se controla la tensión de operación del generador FV. Existen diferentes algoritmos, pero los más usados en inversores de conexión a red son el de *perturbación y observación* y el de *conductancia incremental*.

Resumidamente, pues no es objeto de este proyecto el estudio de los diferentes métodos y algoritmos para la obtención del PMP, en el método de la perturbación y observación se modifica la tensión de operación, ΔV , y se mide el incremento de potencia, ΔP . En caso de un incremento positivo se continúa con el sentido de incremento de tensión y viceversa. El método de conductancia incremental consiste en la medida del valor de $\Delta P/\Delta V$. Si esta deriva es positiva, entonces es necesario incrementar el valor de la tensión, Si la deriva es negativa, se disminuye el valor de la tensión. Estos algoritmos, tienen algunas dificultades que pueden hacer que el rendimiento de seguimiento disminuya en determinadas condiciones. A muy bajos niveles de irradiancia la curva de potencia se hace muy plana y hace más difícil discernir la localización del PMP.

4.3 Accesorios

4.3.1 Caja de conexiones del generador fotovoltaico, diodo de bloqueo y fusibles

Cuando el generador fotovoltaico tiene un gran número de módulos, las salidas procedentes de cada uno de los subcampos del generador fotovoltaico se conectan a una caja de conexiones general común. A esta caja llega el polo positivo y el polo negativo de cada subcampo en los que se divide el generador fotovoltaico y, si existe, el cable de conexión equipotencial que se conecta con tierra. En esta caja de conexiones están las bornas de conexión, los fusibles o diodos de bloqueo, así como un punto de puesta a tierra. En algunas ocasiones, en esta misma caja de conexiones se instalan los dispositivos de control de defecto de aislamiento y/o los varistores.

También se suele conectar en esta misma un interruptor general que permita desconectar la salida del generador fotovoltaico. Esta caja de conexiones debe ser resistente a las condiciones climáticas donde vaya a estar situada, si está en exterior debe tener un grado de protección mínima IP 64, así como tener aislamiento clase II, con una clara separación y distinción entre el polo positivo y negativo. En el interior deben estar claramente identificados cada uno de los circuitos, fusibles, diodos, etc. El acceso a esta caja debe estar limitado a personal autorizado, sobre todo si existen tensiones elevadas (> 120 V).

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

A la salida del generador fotovoltaico se suele instalar un seccionador en carga para separar el generador fotovoltaico del resto de la instalación en caso de reparación.

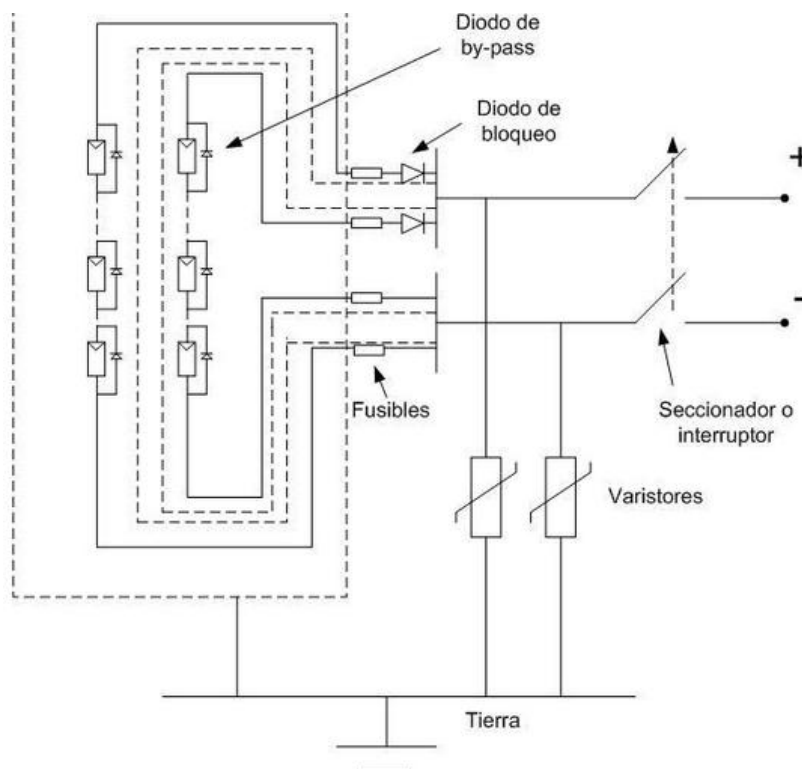


Figura 13. Esquema caja de fusibles

Además, en los ramales de módulos en generadores fotovoltaicos de gran potencia se instalan fusibles o magnetotérmicos con el objeto de evitar el efecto de punto caliente. Para evitar el efecto del punto caliente en la salida de los subcampos del generador fotovoltaico se suelen instalar diodos de bloqueo o fusibles muy bien calibrados y ajustados.

Cuando se usan fusibles, se fija su tensión al doble de la tensión a circuito abierto del ramal en condiciones STC. Los fusibles se conectan en el sentido de circulación de la corriente. De esta forma la totalidad de la corriente del ramal circula a través del fusible. El inconveniente es que el flujo de corriente provoca unas pérdidas de potencia entre el 0,5 y el 2 % debido a la caída de tensión en el fusible que es del orden de 0,5 a 1 V.

Debido a esto, no se deben instalar más fusibles que los estrictamente necesarios y sólo si el efecto de sombreado puede ser muy perjudicial, ya que las pérdidas debido a la corriente inversa por sombreado pueden ser menores que las debidas a la caída de tensión en los fusibles. También hay que destacar que una vez que se rompe el fusible, el usuario debe saber que ha sucedido para reponerlo y solucionar la posible causa. Sucede con frecuencia que se rompe el fusible y no se repone por lo cual se pierde toda la energía que puede producir el ramal durante mucho tiempo.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

Para no instalar fusibles de acuerdo a la IEC 60364-7-712, se requiere que se utilicen módulos iguales, con aislamiento de clase II y una corriente de cortocircuito nominal admisible de la mitad en sentido al consumo así como una variación de la tensión a circuito abierto entre cada una de las ramas independientes del generador fotovoltaico de hasta el 5%.

Si no se instalan fusibles, los cables de los ramales siempre se deben dimensionar para una corriente máxima correspondiente a la de cortocircuito del generador fotovoltaico menos la corriente del ramal.

Todas las protecciones se ven con detalle en el plano n°9.

4.3.2 Cableado y conducciones

Conducciones de los módulos y de los ramales

Para la instalación eléctrica de una planta fotovoltaica se pueden emplear determinadas conducciones y cables, que se adecuan a las exigencias de este tipo de aplicaciones. Normalmente se distinguen entre cables para interconectar los módulos, los cables para interconectar ramales, la salida del generador, la interconexión batería-regulador, inversor-batería o inversor-generador, todos en corriente continua y los cables para la salida del inversor en corriente alterna. Las líneas de conexión eléctrica entre los módulos individuales de un generador solar y la caja de conexiones del generador se denominan “líneas de módulos” o , en su caso, “línea de ramal”.

Estas líneas se suelen colocar en el exterior. Para garantizar una situación de la puesta a tierra segura y evitar un cortocircuito se deben utilizar conductores unipolares, de doble aislamiento, uno para el polo positivo, de color rojo, y otro para el polo negativo, de color negro.

Lo que se usa más frecuentemente son los conductores de doble aislamiento. Este tipo de conducciones solo admiten, en acabados estándares, temperaturas de trabajo de hasta 60°C. Los fabricantes de tejas han medido temperaturas en los tejados de hasta 70°C. Por ello las conducciones denominadas solares que se emplean en el exterior, que se caracterizan por su estabilidad frente a los efectos de los rayos UV y los agentes atmosféricos en un amplio rango de temperaturas por ejemplo de 55 o hasta 125°C.

En los conectores de los módulos se pueden conectar cables con una sección desde 1,5 mm² hasta un máximo de 6 mm².

Los conductores están disponibles en varios colores, rojo, azul, gris, negro y amarillo-verde, con lo que permiten así una visualización de la disposición en el generador. El rojo para el polo positivo, el negro para el polo negativo en la parte de continua y para la fase a la salida del inversor y el azul para el que hace de neutro a la salida del inversor.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

Técnica de conexionado

La conexión de las conducciones de los módulos y de determinados cableados en CC deben de realizarse con mucho cuidado. Una mala conexión puede ser el origen de arcos eléctricos estacionarios y con ello el aumento del riesgo de incendio.

Línea principal de corriente continua

Los tipos de conductores descritos anteriormente se pueden emplear también en la línea principal de corriente continua. La línea principal de corriente continua conecta la caja de conexiones del generador con el inversor en instalaciones de conexión a red y con el regulador, batería e inversor, en instalaciones aisladas. Además de los tipos de conductores indicados anteriormente se emplean en ocasiones, por razones de costes, conducciones con revestimiento de PVC. Cuando la caja de conexiones del generador se sitúa en el exterior en las que las conducciones con revestimiento de PVC no son estables frente a las acciones de los rayos UV se deben introducir éstos bajo un tubo de protección. En las conducciones, así como en el material de la instalación, se utilizan en ocasiones plástico halogeneizado. Por razones medioambientales se deben elegir productos libres de halógenos.

Cuando se utilizan cables formados por varios hilos, siempre el del color verde/amarillo debe estar a tierra o sin tensión. En instalaciones con riesgos de caída de rayos se deben proteger las conducciones empleadas. Además, en tendido de los cables se debe efectuar de forma que se eviten daños mecánicos. La línea principal de corriente continua se debe conectar estando los polos sin tensión alguna. Para ello se utilizan un interruptor general de CC y una unión desmontable que se sitúa en la caja de conexiones del generador.

Cuando se tiene que unir la batería y el regulador, primero se deben conectar los conductores al regulador, y después a la batería, ya que así se garantiza evitar un posible cortocircuito.

Conductores a la salida del inversor

Esta es la línea de conexión va desde la salida del inversor, a través de unas protecciones, hasta la red de distribución de la compañía eléctrica en las instalaciones de conexión a red o hasta el consumo en el caso de instalaciones aisladas. La conexión con la red de baja tensión mediante inversores trifásicos se lleva a cabo con una línea tetrapolar. Si la conexión se realiza con inversores monofásicos se emplean líneas tripolares.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

En las instalaciones aisladas, la salida del inversor debe ir al cuadro general de mando y protección donde están los interruptores magnetotérmicos y diferenciales.

Accesorios de la instalación

Los accesorios que vayan por exterior como por ejemplo los tubos, las fijaciones y empalmes para cables, debe ser naturalmente estables a los agentes meteorológicos y al UV. Las formas más simples de fijación se realizan con empalmes o abrazaderas de unión. Se indica a continuación las diferentes posibilidades de fijación que se pueden emplear:

- Tubos blindados
- Tubos corrugados
- Canaleta de cables
- Empalmes de cables
- Abrazaderas sujetacables
- Abrazadera atornilladas

4.3.3 Interruptor en carga de corriente continua

Para poder llevar a cabo trabajos de reparación y /o mantenimiento, se debe poder separar el inversor del generador fotovoltaico. Para ello se utiliza un interruptor en carga de corriente continua. Según la norma IEC 60364-7-712 “Instalaciones eléctricas de edificios y sistemas fotovoltaicos” se debe realizar una instalación que sea accesible por lo que se debe instalar un interruptor en carga entre el generador fotovoltaico y el inversor.

El interruptor general de CC debe tener las propiedades de una conexión de carga y se debe dimensionar de acuerdo a la máxima tensión de circuito abierto del generador fotovoltaico (a 10°C) así como para la máxima corriente del generador (corriente de cortocircuito según STC).

A la hora de seleccionar el interruptor se debe una cuenta, que se capaz de conmutar adecuadamente la corriente continua máxima que va a pasar por él.

En ocasiones el interruptor general de corriente continua se encuentra situado en la caja de conexiones del generador. Debido a aspectos técnicos de seguridad el mejor lugar es inmediatamente anterior al inversor. Los conectores a prueba de contacto, por ejemplo, los que están en la entrada de los inversores de los ramales, pueden únicamente actuar como interruptor si no existe carga (es decir, no existe irradiancia). Tan pronto como se alcance una irradiancia suficiente, el sistema fotovoltaico suministra corriente y se encuentra por tanto en estado de carga, no debiéndose utilizar como interruptor.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

Si la interrupción se realiza a través de un enchufe bajo carga, se puede originar, a través de la corriente continua, un arco eléctrico quemante, que puede provocar un alto riesgo para la salud y de incendio.

5) Análisis de sombras

5.1 Análisis de sombras

La proyección de sombras sobre una instalación fotovoltaica influye mucho más sobre la producción solar que en las instalaciones solares térmicas. A título orientativo, en una instalación solar térmica un sombreado de un 30% produce una disminución en la producción de energía del orden de 30% mientras que un sombreado del 30% en una instalación fotovoltaica produce una disminución de energía mucho mayor del 30%, alcanzando, si no se ponen las medidas adecuadas, incluso hasta el 80-90%. Por ello, es conveniente conocer que sucede cuando se sombrea un módulo fotovoltaico y qué medidas se pueden tomar para evitar la disminución drástica de la energía producida.

5.1.1 Tipos de sombras

Las sombras se pueden dividir en sombras temporales, sombras debidas a la situación y sombras debidas al edificio.

Sombreados temporales

Los sombreados temporales son los debidos por ejemplo, a la nieve, hojas de árboles, excrementos de pájaros, etc. La nieve aparece en lugares de alta montaña, las partículas de polvo y hollín en zonas industriales o la caída de hojas de los árboles en las zonas de bosques. En cualquier circunstancia, éstas sombras no se pueden dejar de tener en cuenta. La nieve, el hollín y las hojas de los árboles que se depositan en el generador, lo ensucian y producen sombras sobre el mismo. Estos sombreados son menores si se autolimpia con frecuencia el generador. La autolimpieza significa que los elementos que provocan las sombra se disuelven gracias al agua de lluvia y/o inclinación del generador y acción del viento. Cuando la inclinación del generador es menor de unos 20° , la autolimpieza es baja. Para mayores inclinaciones, la autolimpieza por lluvia y autocaída de partículas es mayor. La nieve que se deposita sobre los módulos fotovoltaicos, en los lugares de alta montaña, se derrite más rápido que la nieve de los alrededores con lo que el número de días, en general, ocasionado por las sombras de la nieve es menor. En regiones en las que nieva mucho, con la posición en horizontal de los módulos, se reducen las pérdidas debido a las sombras ocasionadas por la nieve a la mitad

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

aproximadamente de forma que la nieve sólo afecta a dos filas de células por módulo y no a cuatro como ocurriría en la posición vertical.

Las sombras producidas por las hojas de los árboles, excrementos de pájaros, partículas en el aire y demás tipos de manchas afectan más y son más duraderas. En el caso de una instalación donde con mucha frecuencia se den este tipo de sombras, una limpieza regular de los módulos hace aumentar significativamente su producción. En una ubicación normal con un ángulo de inclinación mayor de 25°, las pérdidas por suciedad son del orden del 2-5%.

En el caso de tener una suciedad importante se puede realizar una limpieza con abundante agua y con un buen utensilio (esponja o limpiacristales) sin utilizar ningún producto de limpieza. Para evitar el rayado de la superficie de los módulos se debe evitar limpiarlos en seco.

Sombras debidas a la situación

Como sombras de la situación se entienden las sombras ocasionadas por los alrededores del edificio. Los edificios colindantes, los árboles y también edificios que no necesariamente tienen que estar cerca pero que por su altura arrojan sombras sobre la instalación o por lo menos que se interpone entre el horizonte y la instalación. También influyen negativamente los tendidos o conducciones aéreas que originan una banda de sombra estrecha pero perjudicial. Hay que destacar que las sombras debidas a objetos muy cercanos al generador fotovoltaico son más perjudiciales que las debidas a objetos lejanos.

Sombras del edificio

Las sombras debidas al edificio son las debidas al propio edificio, por ello son sombras cercanas y por ello son muy perjudiciales. Son las ocasionadas por chimeneas, pararrayos, antenas, parabólicas, resaltes en el tejado y en la fachada, desplazamientos de elementos constructivos, estructuras de tejados, etc.

Algunas de las sombras se pueden evitar trasladando el generador fotovoltaico o el elemento causante de la sombra, como es el caso de las antenas. En el caso de no ser posible el evitar las sombras, se puede minimizar su efecto teniéndolo en cuenta a la hora de elegir el modo de conexión de las células y de los módulos o de la configuración de la instalación.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

5.1.2 Cálculo de sombras

Para conocer cuando se produce sombreado temporal es necesario analizar las posibilidades de nieve, polvo, caída de hojas, etc ; en función del entorno de la instalación. Sin embargo, los otros dos tipos de sombras se pueden conocer en detalle, es decir, que días y a qué horas se puede producir la sombra. En este apartado se explica un procedimiento para calcular estos dos tipos de sombras. La sombra se suele determinar en relación a un punto de la instalación, por lo general el punto medio de generador fotovoltaico y en función del contorno de los posibles obstáculos entre el sol y la instalación. En el caso de grandes instalaciones, este análisis se realiza para varios puntos del generador.

El procedimiento consiste en analizar el contorno de los posibles obstáculos entre el sol y la instalación. Esto se puede realizar con:

- Un analizador de sombras (fotográficamente o a través de una cámara digital y un software)
- Un diagrama de trayectorias solares en una lámina.
- Con un plano de la situación y un diagrama de trayectorias solares.

En un plano y con un diagrama de trayectorias solares se obtienen las distancias y medidas de las sombras arrojados por los obstáculos. Con esos datos se determinan, como se indica a continuación, los ángulos azimut y la altura solar.

La altura solar se determina a partir de la diferencia entre la altura de la instalación fotovoltaica, la altura del objeto que hace sombra y su distancia.

La determinación de la altura solar se realiza para todos los obstáculos de los alrededores de la instalación solar, para el cual se deben conocer tanto la altura como la distancia al punto de observación. El cálculo del azimut del obstáculo se puede obtener directamente del plano de situación o de un esquema.

La determinación de la altura solar y del azimut de los objetos también se puede obtener con un analizador de sombras (con una cámara de fotos adecuada, o cámara digital y software).

También es suficiente un diagrama de trayectorias solares. Éste se copia en una transparencia y se coloca de forma semicircular. El observador, colocado en el punto de visión de la instalación, observa a través del diagrama de forma que puede leer directamente en él la altura solar y el azimut y anotarlos. En el caso de querer abarcar un ángulo sólido mayor, puede ser muy útil el empleo de una lente de mayor rango de ángulo, como por ejemplo, del utilizado en la mirilla de una puerta. El uso de este elemento tan básico puede determinar sombras.

Lo intenso que es la sombra, para el caso de árboles se indican unos coeficientes de transmisión de la radiación solar a través del árbol.

Para árboles de hoja de aguja : $\zeta = 0,30$

Para árboles de hoja ancha : $\zeta = 0,64$ (invierno) y $\zeta = 0,23$ (verano).

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

La mayoría de los programas de simulación calculan la disminución de la radiación incidente y a partir de éstas las pérdidas de producción. Para ello se proporciona el contorno de la sombra en un punto del generador fotovoltaico, generalmente el punto medio. La exactitud es en muchos casos suficiente. La geometría del generador y el conexionado de los módulos se tienen en cuenta únicamente en programas de simulación más sofisticados (como por ejemplo “Helios”, “3D Max studio”, etc).

Si no se usa software, se necesitan los valores de radiación para cada uno de los meses en el lugar de la instalación. De aquí se puede estimar para cada uno de los meses, las pérdidas de radiación a partir del porcentaje de sombras obtenido en el diagrama de trayectorias solares.

En el caso de este proyecto, esta sección no tendrá utilidad ya que el edificio se encuentra situado en un terreno donde no le influyen ningún obstáculo.

5.1.3 Influencia de las sombras en función del conexionado y configuración del generador

El efecto de las sombras sobre una instalación fotovoltaica depende de los siguientes factores:

- Número de módulos sombreados.
- El conexionado de las células y del diodo bypass.
- De la distribución en el espacio y el tiempo de la sombra.
- De la interconexión del generador.
- Del tipo y tamaño del inversor.

Para estimar el tamaño de producción energética normalmente se determina una disminución de la radiación recibida sobre la superficie del generador de manera expuesta anteriormente, sin tener en cuenta que las curvas del generador fotovoltaico varían en consecuencia de la presencia de sombras. Como consecuencia de las sombras, el punto de máxima potencia del generador se desvía. En instalaciones de conexión a red o de bombeo directo, al modificarse el punto de máxima potencia, el inversor modifica también la tensión de entrada, disminuyendo la potencia de entrada al mismo debido a las sombras. La tensión de entrada al inversor viene fijada por el tipo de conexionado de los módulos solares. Para inversores en cadena con mayores tensiones de entrada, se conectan todos los módulos en serie. Una tensión de entrada al inversor más baja se suele corresponder con un generador con varios ramales en paralelo.

En la conexión serie los dos máximos de potencia en la curva característica (un máximo en tensiones altas y un máximo en tensiones bajas) en sombra del generador sombreado están bastante pronunciados. En el caso en que el número de

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

módulos en sombra no sea demasiado grande, la tensión se suele encontrar dentro del rango de regulación del inversor.

En la conexión en paralelo, las pérdidas de potencia dependen prácticamente sólo del número de ramales cubiertos por sombras. Cuando son dos los ramales con sombras, se mantiene prácticamente constante las pérdidas de potencia independientemente del número de módulos afectados. En la conexión serie se presentan pérdidas de potencia relativamente elevadas.

La disminución de la producción energética depende de la duración de las sombras a lo largo del año.

Si los generadores no se ven afectados por las sombras, o sus efectos son pequeños, la cantidad de energía producida en una instalación fotovoltaica es independiente del tipo de conexionado entre módulos del generador y de éste con el inversor.

En el caso de que sobre el generador incidan sombras y no se puedan evitar, es aconsejable configurar la instalación fotovoltaica con una conexión del generador a inversor por ramal que con una configuración del generador a un solo inversor centralizado. En las instalaciones aisladas, sería aconsejable que la tensión de la batería fuera la menos posible para que los módulos estuvieran conectados en paralelo en lugar de en serie.

5.1.4 Sombras producidas por la propia instalación

En ocasiones las instalaciones fotovoltaicas se montan sobre superficies planas (por ejemplo en terrazas o sobre el suelo). En principio se podrían montar los módulos de manera horizontal y de esta forma no produciría sombras. Como resulta que en la mayoría de las situaciones interesa disponer los módulos con una cierta inclinación sobre la superficie horizontal hay que procurar que las filas de módulos no se sombreen unas a otras.

En general en España se utilizan para instalaciones de conexión a red, un ángulo de inclinación de unos 38° ya que es el ángulo que maximiza la radiación incidente anual.

En el caso de instalaciones aisladas con demanda constante, o mayor en invierno que en verano, se suele utilizar una inclinación del orden de $55-60^\circ$ ya que favorece la captación en los meses de menor radiación. Si la demanda se produce en verano, la inclinación óptima es del orden $15-20^\circ$.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

Cuando los módulos se colocan en varias filas, es necesario estimar la distancia entre las estructuras. Esta distancia se calcula como dice la norma IDAE en su pliego de condiciones en el Anexo III y dice así:

“ La distancia d , medida sobre la horizontal, entre unas filas de módulos obstáculo, de altura h , que pueda producir sombras sobre la instalación deberá garantizar un mínimo de 4 horas de sol en torno al mediodía del solsticio de invierno. Esta distancia d será superior al valor obtenido por la expresión:

$$d = h / \tan (61^\circ - \text{latitud})$$

donde $1 / \tan (61^\circ - \text{latitud})$ es un coeficiente adimensional denominado k .

Algunos valores significativos de k se pueden ver en la tabla VII en función de la latitud del lugar.

Latitud	29°	37°	39°	41°	43°	45°
k	1,600	2,246	2,475	2,747	3,078	3,487

Tabla 5. Valores de K según latitud

Con el fin de clarificar posibles dudas respecto a la toma de datos relativos a h y d , se muestra la siguiente figura:

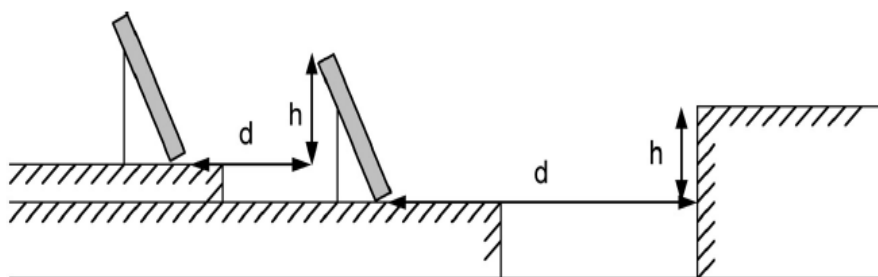


Figura 14. Separación entre filas consecutivas de módulos

La separación entre la parte posterior de una fila y el comienzo de la siguiente no será inferior a la obtenida por la expresión anterior, aplicando h a la diferencia de alturas entre la parte alta de una fila y la parte baja de la siguiente, efectuando todas las medidas de acuerdo con el plano que contiene a las bases de los módulos.”

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

6) Diseño instalaciones conectadas a red

6.1 Procedimiento legal para la conexión a red y puesta en marcha de la instalación fotovoltaica.

Pasos a seguir en la tramitación de esta instalación fotovoltaica:

- Predefinición del proyecto.
- Información sobre Zonas Eléctricas De Evacuación (ZEDE) así como de la conexión a la red en la Distribución Provincial de la Consejería de Innovación Ciencia y Empresa (DP CICE) y en la compañía eléctrica correspondiente.
- Definición del proyecto.
- Aval: efectuar el depósito en la Caja Provincial de Depósitos y presentar el resguardo en la DP CICE.
- Solicitar punto de acceso y condiciones de conexión a la compañía eléctrica. (RD 1663/2000 y Título IV del RD 1955/2000).
- Solicitud de inclusión en el régimen especial en la Delegación Provincial de la Consejería competente en materia de energía (DP CICE). Junto con la solicitud habrá de incluirse:
 - ✓ Resguardo original acreditativo de haber depositado en la Caja Provincial de Depósitos de la DP CICE el aval.
 - ✓ Fotocopias compulsadas de:
 - ❖ Contrato de suministro de los módulos FV.
 - ❖ Documentación que acredite la disponibilidad de los terrenos donde va a realizarse la instalación (contrato de arrendamiento, derecho de superficie, etc.).
- Autorización Ambiental. Según el tamaño, para superficie superior a 2 Has, AUTORIZACIÓN AMBIENTAL UNIFICADA (AAU), a emitir por la Delegación Provincial de la Consejería de Medio Ambiente.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

- Solicitud de informe sobre la compatibilidad urbanística y presentación de proyecto de actuación para el caso de instalaciones en terrenos no urbanizables y que se exige por parte del Ayuntamiento.
- Solicitud de Autorización Administrativa y aprobación de proyecto o memoria técnica de diseño en la DP CICE. Se deberá adjuntar:
 - ✓ El proyecto, que incluirá las instalaciones de conexión.
 - ✓ Punto de conexión otorgado por la empresa distribuidora.
 - ✓ Autorización o informa favorable del órgano ambiental competente, AAU.
 - ✓ Relación de administraciones públicas, organismos, empresas de servicio público o de servicios de interés general con bienes o servicios afectados por la instalación generadora.
 - ✓ Conformidad u oposición a la ejecución de la instalación de las entidades y empresas relacionadas anteriormente, y alegaciones que considere en defensa de sus derechos el propio solicitante.
 - ✓ Informe sobre compatibilidad urbanística emitida por el Ayuntamiento.
- Obtención de la Licencia de obras del proyecto de instalación al órgano competente.
- Solicitud de Inscripción en el Registro de Pre asignación de Retribución, para un proyecto de instalación (ANEXO I del RD 1578/2008)
- Contrato (técnico / tipo) con la compañía distribuidora.
- Solicitud de Puesta en Servicio y Acta de puesta en servicio provisional para pruebas de la instalación ante la DP CICE.
- Solicitud de Inscripción previa y Acta de puesta en servicio de la instalación en la DP CICE.
- Certificado del encargado de lectura.
- Inscripción definitiva en el registro de instalaciones de régimen especial en la DP CICE. La solicitud puede solicitarse simultáneamente con la puesta en servicio de la instalación.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

- Facturación a tarifa FV (desde el primer día del mes siguiente a la fecha del Acta de puesta en servicio, pero debe esperarse a tener la Inscripción definitiva).

6.2 Aspectos técnicos

De acuerdo con la legislación vigente, se adjunta un resumen de los aspectos técnicos que hay que cumplir:

Las instalaciones fotovoltaicas no podrán diseñarse con acumulación y/o equipos de consumo de energía intermedios entre el campo de módulos fotovoltaicos y la red de distribución de la compañía.

Si la suma de la potencia nominal de los inversores es superior a 5 kW, la conexión será trifásica.

La variación de tensión provocada por la conexión y desconexión de la instalación a la red no podrá superar el 5%.

El factor de potencia será lo más próximo a la unidad.

Se dispondrá de un contador de energía de salida y otro de entrada de energía o uno bidireccional. Todos ellos de clase 2 y precintados. La corriente nominal de salida del inversor/es estará comprendida entre el 50% de la corriente nominal y la corriente máxima de precisión del contador.

La instalación debe realizarse de acuerdo al siguiente esquema unifilar:

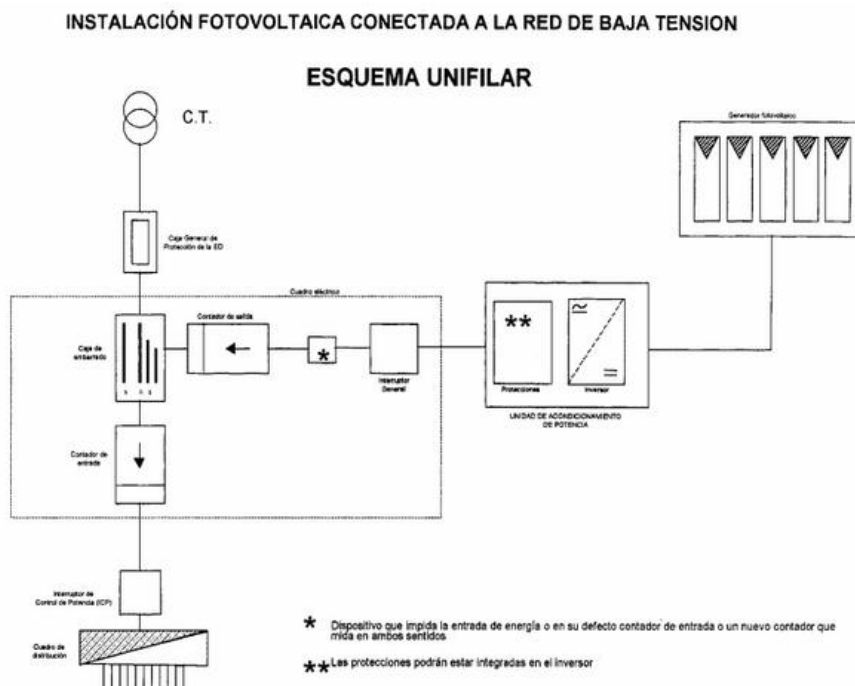


Figura 15. Instalación fotovoltaica conectada a red de BT

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

Las protecciones a instalar entre el inversor y la red de la compañía son las siguientes:

- Interruptor magnetotérmico en el punto de conexión, accesible a la E.D.
- Interruptor automático de la interconexión con relé de enclavamiento accionado por variación de tensión ($0,8S-U_n$) y frecuencia (49-51 Hz).
- El rearme de la conexión instalación fotovoltaica de emisión e inmunidad frente a armónicos y compatibilidad electromagnética de acuerdo a la legislación vigente.
- Las tomas de tierra de la instalación fotovoltaica serán independientes de la del neutro de la E.D. y de las masas de la edificación.
- Debe existir separación galvánica o transformador de aislamiento entre la red de distribución y la instalación fotovoltaica.

También es aconsejable, aunque no obligatorio, disponer de las siguientes medidas:

- Pensar en la posibilidad de retirar el inversor para su reparación, para lo cual deben existir cajas de conexiones, interruptores o terminales clase II que cuando se retire el inversor no mantenga tensión ni en la parte de continua ni en la parte de alterna. Esta misión la puede cumplir el interruptor frontera en la parte de alterna y un interruptor general o seccionador fusible o terminal clase II en la parte de continua.
- Pensar en la posibilidad de reparar o limpiar un módulo fotovoltaico cuando la tensión en la parte de continua es elevada ($> 120V$). En este caso se deben disponer de interruptores intermedios en el campo fotovoltaico o terminales clase II para interconectar los módulos en serie, de manera que cuando se accede a un módulo la tensión máxima alcanzable sea menor de 48V.

Todas las protecciones se pueden ver con detalle en el plano nº10.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

6.3 Datos necesarios para el diseño de la instalación

Los datos que se requieren para el diseño de una instalación fotovoltaica de conexión a red, afectan a varios aspectos, el primero está relacionado con las características de la red de distribución de la energía y con el posible punto de conexión entre la instalación fotovoltaica y la red general de distribución o evacuación, el segundo aspecto está relacionado con la selección de los lugares disponibles para la ubicación de los diferentes componentes de la instalación, como módulos, inversores, contadores y equipos de protección, así como superficie aproximada disponible y tamaño del generador fotovoltaico, el tercero está relacionado con la estimación de la radiación solar incidente en cada una de las superficies a las que se pueden instalar los módulos, así como temperatura ambiente y el cuarto con el tipo de módulo a instalar.

Para conocer las características de la red de distribución, hay que solicitar a la compañía distribuidora propietaria de la línea, las características de ésta, así como proponerle a la compañía un punto de conexión entre la instalación fotovoltaica y la red de distribución .

Para conocer los aspectos relacionados con la ubicación física de los diferentes equipos, hay que visitar el lugar y tomar nota de la orientación e inclinación de las superficies disponibles, zonas para ubicación de equipos , trazado del cableado, zona para contadores, etc.

Para estimar los datos de la radiación y temperatura, hay que tener acceso a las diferentes bases de datos disponibles de acuerdo a lo indicado en el capítulo 2. Para la selección del tipo de módulo fotovoltaico a instalar se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

1. Material de las células: monocristalinas, policristalinas, amorfo, CdTe, CIS u otro.
2. Tipo de módulo: módulo estándar, con o sin marco, módulo vidrio-vidrio, teja fotovoltaica, etc.
3. A nivel comercial, los módulos que más se utilizan son los de silicio monocristalinos, y los de silicio policristalino. De los dos, el monocristalino es más eficiente (del orden de un 5-10% más para la misma superficie de captación) y con una duración mayor en sus características eléctricas mientras que el policristalino suele ser más barato que el monocristalino para la misma potencia pico (del orden del 5-10% menos). A título orientativo, si se utilizan sistemas de seguimiento de la posición del sol, o sistemas de baja concentración de la radiación, se recomienda módulos monocristalinos frente a los policristalinos ya que por la mayor eficiencia de los módulos monocristalinos por unidad de superficie aumenta la captación de energía para un sistema de seguimiento. Si la situación de los módulos va a ser fija, que es lo que ocurre en la mayoría de las instalaciones, hay que analizar el ratio

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

- precio/Wp. Si este ratio, aplicado al módulo de silicio policristalino es igual o inferior a 1,05 veces el valor del ratio aplicado al módulo de silicio policristalino se seleccionarán los módulos monocristalinos frente a los policristalinos, y no se seleccionarán policristalinos.
4. Cumplimiento de la normativa vigente de homologación.
 5. El módulo fotovoltaico deberá superar toda la normativa vigente en Europa aplicable a los mismos y estar homologado.
 6. Relación Precio/Wp lo más bajo posible:
Este precio oscila en la actualidad entre el 5 y 3,8 €/Wp de módulo fotovoltaico en función del tamaño de la instalación.
 7. Características eléctricas adecuadas:
La tensión de máxima potencia, tensión de circuito abierto, corriente de cortocircuito, corriente de máxima potencia y potencia pico serán lo más iguales posibles, teniendo un límite máximo de tolerancia a estos parámetros de un 3% para grandes plantas y un 5% para pequeñas instalaciones.
 8. Grado de aislamiento:
El funcionamiento de la instalación puede verse afectado de forma importante por la actuación de las protecciones. Estas protecciones pueden actuar antes una falsa alarma o por un defecto de aislamiento. El aislamiento será de clase II en todo el módulo y especialmente en las cajas de conexiones.
 9. Características de los diodos de paso:
Los módulos fotovoltaicos tienen incorporado diodos de paso en sus cajas de conexiones. Se debe tener en cuenta las características técnicas en general de estos diodos y sobre todo la caída de tensión que se produce a través de ellos y la tensión máxima que soportan.
 10. TONC lo más baja posible:
Aunque la mayoría de los módulos fotovoltaicos comerciales tienen una TONC en el entorno de 47°C de debe procurar que la TONC sea la menor posible.
 11. El fabricante deberá poder suministrar cada módulo fotovoltaico con sus características eléctricas medidas:
Para evitar al máximo las pérdidas por dispersión de parámetros, se debe solicitar al fabricante que incorpore en cada módulo fotovoltaico su curva característica, medida en condiciones estándar, indicando la corriente de cortocircuito, la corriente de máxima potencia la tensión de máxima potencia, la tensión de circuito abierto y la potencia máxima.
 12. Facilidad en el interconexionado de módulos:
Los módulos fotovoltaicos ya suelen traer incorporados los conductores eléctricos de interconexión entre ellos. Estos conductores deben garantizar el grado de aislamiento requerido a la instalación fotovoltaica, tanto en la propia caja de conexiones del módulo fotovoltaico como en

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

la propia interconexión. Además deberá asegurar una caída de tensión máxima entre cada módulo inferior al 0,1% entre módulos e inferior al 1% en todo el campo fotovoltaico.

13. Facilidad en la fijación del módulo a estructura soporte:

Sobre todo cuando la cantidad de módulos fotovoltaicos a instalar es importante, hay que pensar que el sistema de fijación de los módulos a la estructura soporte sea sencillo, rápido y permita incorporar sistemas que eviten el robo de los mismos.

14. Garantía suministrada por el fabricante:

Un aspecto muy importante a considerar es la garantía suministrada por el fabricante frente a 2 aspectos:

- Garantía frente a cualquier deterioro del módulo:
Con ella se garantizará que el módulo no deje de funcionar, ya sea por rotura del mismo, defectos en las caja, etc.
- Garantía frente al comportamiento eléctrico del módulo en el tiempo:
El fabricante deberá indicar cuánto tiempo y que posible evolución tendrá la curva característica del módulo fotovoltaico en un horizonte de hasta 30 años, diferenciando lo que garantiza y lo que no.

Con estas especificaciones se elige el tipo de módulo. A partir de las características técnicas del módulo seleccionado, se determinará el resto de parámetros para el dimensionado de la instalación fotovoltaica.

Para conocer el número aproximado de módulos que se pueden colocar en la superficie disponible se debe tener en cuenta que aproximadamente 1KWp de módulos cristalinos ocupa una superficie de captación de un generador fotovoltaico en función del tipo de material del que esté fabricada la célula se puede utilizar la tabla siguiente:

Material de la célula	Superficie requerida para 1 KWp
Monocristalino	7-9 m ²
Policristalino	8-11 m ²
Diselenio de Indio-Cobre	11-13 m ²
Teluro de Cadmio	14-18 m ²
Silicio amorfo	16-20 m ²

Tabla 6. Superficie requerida para un módulo dependiendo del material

En el caso particular de aplicaciones donde se emplean módulos que tengan separadas las células unas de otras para conseguir efectos de semitransparencia, las necesidades de superficie aumentan de forma proporcional al factor de transparencia.

6.4 Configuraciones de la instalación

Las primeras instalaciones fotovoltaicas de conexión a red solían utilizar un único inversor para todo el generador fotovoltaico. En la actualidad, no suele ser así, y lo normal es que una instalación de más de 5KWp tenga varios inversores conectados en paralelo. Por ello, se distinguen tres configuraciones diferentes de las instalaciones fotovoltaicas de conexión a red en función de la interconexión del inversor o inversores con el generador fotovoltaico, la primera, configuración de inversor centralizado, la segunda, configuración de inversor por ramal y la tercera configuración de inversor por módulo.

Cada una de estas tres configuraciones presenta, como es lógico, sus ventajas e inconvenientes. En instalaciones donde el generador fotovoltaico tenga módulos con orientación e inclinación diferentes o que estén parcialmente sombreados, la configuración del tipo inversor centralizado no se debe utilizar debido a las pérdidas que se producen en el generador fotovoltaico al asociar en serie módulos en los que inciden diferentes niveles de irradiancia debido a su distinta inclinación, orientación y/o sombra incidente.

6.4.1 Configuración de inversor centralizado

Cuando se conectan pocos módulos en serie en un ramal (de 3 a 5 módulos estándar), la tensión a la salida del generador fotovoltaico está dentro del rango de bajas tensiones ($U_{cc} < 120 \text{ V}$) por lo que además de tener mayor seguridad eléctrica, tiene la ventaja de que a estos ramales de pocos módulos conectados en serie le afectan menos las sombras, ya que como es el módulo que está más afectado por la sombra el que fija la corriente de todo el ramal, es mejor que un ramal en el que pueda estar sombreado un módulo y no tenga muchos módulos conectados en serie. Es decir, el número de módulos sombreados en un ramal disminuye menos la eficiencia de la instalación fotovoltaica que si existen muchos ramales sombreados.

Desde el punto de vista de seguridad eléctrica, si la tensión es menor de 50 V en CA o de 75 en CC es suficiente utilizar material clase III. Como inconveniente en los ramales cortos, las corrientes que circulan son mayores, lo que obliga a utilizar cables de sección relativamente grande.

Un caso particular de ramal corto es cuando todos los módulos se conectan en paralelo. En este caso a la configuración resultante se le denomina “configuración de conexión en paralelo”.

En el caso de ramales largos con muchos módulos en serie, las tensiones son elevadas y el material a emplear deberá ser tipo II.

Dentro de este tipo de configuración, existe un subconjunto que se denomina “configuración con inversores maestro-esclavo” que se suele utilizar en instalaciones grandes.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

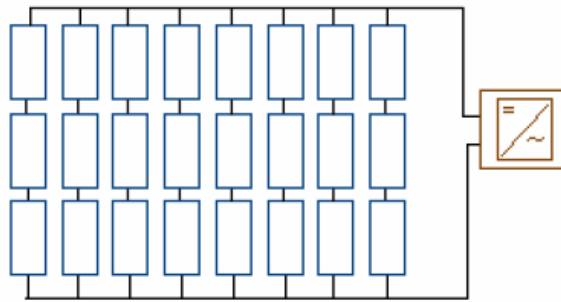


Figura 16. Configuración inversor centralizado

6.4.2 Configuración de inversor por ramal

En una instalación en la que existen partes del generador fotovoltaico con diferentes orientaciones y/o inclinaciones, o en el caso de sombras inevitables, se pueden disminuir considerablemente las pérdidas en la instalación fotovoltaica por estos efectos si cada una de estas partes del generador fotovoltaico, con una misma orientación e inclinación, está conectada directamente a un inversor específico. De esta forma se consigue que todos los módulos que van conectados a un inversor reciban en todo momento el mismo nivel de irradiancia.

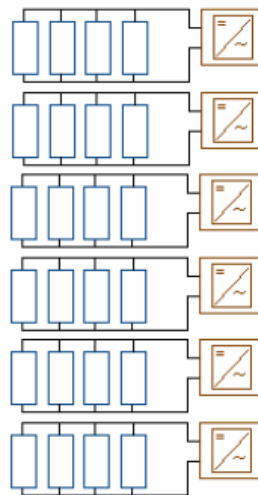


Figura 17. Configuración inversor por ramal

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

Mediante el uso de inversores por ramal, la instalación se simplifica, y por ello los costes de montaje disminuyen considerablemente. Los inversores se colocan normalmente inmediatamente después del generador fotovoltaico, todos ellos conectados en paralelo: con una potencia que varía entre 500 y 3000 W cada uno. En el caso de que se desee instalar el inversor a la intemperie hay que protegerlo de las condiciones climáticas adversas como lluvia, humedad, radiación directa, etc. Por ello el inversor debe tener un grado de aislamiento mínimo del tipo IP 65. Esta configuración de inversor conectado directamente al ramal de módulos, presenta las siguientes ventajas frente a la configuración de inversor centralizado:

- Supresión de la caja de conexiones del generador fotovoltaico.
- Reducción del cableado de los módulos y supresión de la conducción principal de corriente continua.
- Reducción de costes asociado a los dos aspectos anteriores.

6.4.3 Configuración de inversor en módulos

Estas configuraciones consisten en instalar un pequeño inversor independiente a cada uno de los módulos fotovoltaicos que componen la instalación. Con ello se consigue que cada uno de los módulos fotovoltaicos trabaje en su punto de máxima potencia y la instalación se puede ampliar de manera muy sencilla. En este caso, el módulo fotovoltaico y el inversor se concibe como una única unidad. A la unidad módulo-inversor se le suele denominar también como módulo de corriente alterna. Algunos inversores son tan pequeños que se pueden colocar en la propia caja de conexiones de los módulos. Como inconveniente, el coste total es mayor y el rendimiento de los inversores modulares es un poco más bajo que los inversores mayores.

Sin embargo, esta diferencia en el rendimiento se compensa con un mejor ajuste en el punto de máxima potencia de los módulos.

Se debe tener en cuenta, a la hora del montaje del inversor modular, que en el caso de que surja algún defecto en la instalación puede que sea necesario supervisar un gran número de inversores.

En las instalaciones integradas en las fachadas en las que existan muchas zonas sombreadas por los elementos arquitectónicos del edificio, la configuración en módulo es la más adecuada ya que es la configuración donde la influencia de las sombras es menor.

En general, todos los fabricantes ofertan equipos, que permitan la lectura de las variables que representan el funcionamiento del inversor directamente con un ordenador, y que con un software mediante el cual se pueden visualizar y analizar los datos.

6.4.4 Ubicación del inversor, protecciones y contadores

Las distancias entre el generador fotovoltaico, inversor y contadores deben ser lo más cortas posibles con el objeto de minimizar los costes y las pérdidas de energía en el cableado, sobre todo cuando las tensiones de funcionamiento de la instalación son bajas.

En general, es preferible que el inversor esté situado en interior, en un lugar lo más protegido posible de las condiciones ambientales desfavorables como la lluvia, radiación solar directa, temperaturas extremas, humedad, etc; así como evitar el acceso directo de las personas autorizadas. Cuando esto no sea posible, existen en el mercado inversores acondicionados para funcionar a la intemperie, al que se le debe exigir un grado de protección mínimo de IP 65. En cualquier caso, el lugar debe reunir las condiciones requeridas por el fabricante del inversor.

Las protecciones a la salida del inversor así como los contadores, deben estar en un lugar accesible por el personal de la compañía distribuidora, para poder leer los contadores y accionar las protecciones en caso de emergencia. Por ello debe acordarse conjuntamente entre el titular de la instalación y la compañía de la energía la ubicación exacta de las protecciones y contadores. En general, se suelen instalar en la sala general de contadores del edificio o cercanos a la caja general de protección de la vivienda.

6.5 Dimensionado del inversor y generador FV

En las especificaciones técnicas del inversor se recogen importantes advertencias que hay que considerar durante el diseño y montaje de la instalación. El tipo de configuración de la instalación y su interconexión determina el número, rango de tensiones y potencia del inversor/es.

Nuestro generador estará dividido por 4 subgeneradores con sus respectivos número de paneles.

6.5.1 Estudio previo al cálculo de la potencia

Para conocer la potencia que suministra nuestra instalación, deberemos conocer algunos datos previos:

1. Localización del edificio.

Nuestro edificio tiene la siguiente localización:

37° 22' 12,35" N

5° 56' 5,88" O

2. Ángulo óptimo de inclinación de paneles.

Para ello debemos de conocer qué es el ángulo de inclinación y el ángulo de acimut.

Definición de la normativa IDAE.

- **Ángulo de inclinación (β)**

“Definido como el ángulo que forma la superficie de los módulos con el plano horizontal. Su valor es 0° para módulos horizontales y 90° para módulos verticales.”

- **Ángulo acimut (α)**

“Definido como el ángulo entre la proyección sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del módulo solar y el meridiano del lugar. Los valores típicos son 0° para módulos solares orientados al sur, -90° para módulos solares orientados al este y +90° para módulos solares orientados al oeste”

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

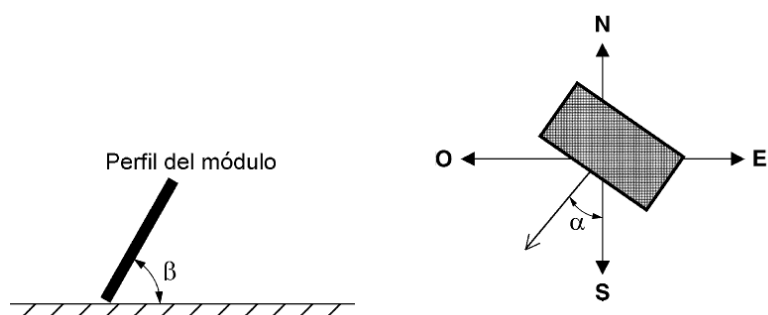


Figura 18. Ángulo de inclinación y ángulo acimut

En nuestro caso el ángulo de inclinación nos lo dará un programa “online” llamado **PVGIS**. Nuestros paneles estarán orientados totalmente al sur, por lo que su ángulo de inclinación es 0° .

Como hemos dicho anteriormente, nuestro ángulo de inclinación nos lo dará un programa vía “online” llamado **PVGIS**, en el cuál introduciendo unos cuantos valores, nos dará toda la información necesaria, entre ellos el ángulo de inclinación. Como nuestro edificio está situado en Sevilla, nos saldrá una tabla de valores de ángulos de inclinación durante todo los meses del año, y después nos dará el valor óptimo del ángulo:

MES	INCLINACIÓN ÓPTIMA (GRADOS)
Enero	62
Febrero	53
Marzo	41
Abril	23
Mayo	12
Junio	2
Julio	7
Agosto	19
Septiembre	35
Octubre	49
Noviembre	59
Diciembre	63
AÑO	33

Tabla 7. Inclinación de módulos dependiendo del mes

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

Una vez obtenido el ángulo óptimo deberemos decantarnos por un modelo de módulo. Para ello haremos una comparación entre distintos paneles.

	Vca (V)	Icc (A)	Peso (Kg)	Dimensión (mm)	€/md	Pt (kW)	€t
Atersa 180W	44	5,30	14'8	1,61 x 0'814	699	112,32	436176
Kyocera 185W	29,5	8,58	16	1,33 x 0,99	710	105,82	417560
Mitsubi. 185W	30,6	8,13	17	1,65 x 0,83	750	115,44	468000
Isofoton 205W	33,2	8,33	17,1	1,51 x 0,99	805	117,26	460317

Tabla 8. Comparación entre módulos

Viendo esta comparación nos decantamos por la elección de los módulos de Isofoton, dándonos una relación Potencia total / Precio bastante buena. Así obtendremos una potencia total del generador de 117,26 kW a un precio de 460.317€



Figura 19. Módulo ISF-205 (fuente: www.isofoton.com)

Para más detalles del módulo fotovoltaico, consultar plano nº4.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

Tipo de célula	Silicio monocristalino, texturada, con capa antirreflexiva, tamaño 156 x 156 mm
Contactos	Redundantes, múltiples, en cada célula
Nº de células por módulo	54 células en configuración 6 x 9
Estructura	1) Vidrio templado y microestructurado de alta transmisividad 2) Células laminadas en EVA 3) Capa posterior de Tedlar
Marco	Aluminio anodizado
Toma de tierra	Si
Taladro antirrobo	Si
Caja de conexión	IP 65 con 3 diodos bypass
Cables	Cable solar de 1 m y sección 4 mm ² . Conector MC4 o compatible

Tabla 9. Características constructivas

Tensión máxima permisible en Sistema	1000 V
Sobrecarga en corriente inversa	2 h de sobrecarga al 135% del valor máximo de protección
Máxima carga física admisible	5400 Pa
Resistencia al impacto	Granizo de 25 mm, desde 1 m de distancia a 23 m/s

Tabla 10. Valores característicos para la integración del sistema

Dimensiones	1515 x 994 x 45 mm
Peso	17,1 kg
Condiciones de embalaje	20 módulos por palet
Tamaño caja embalaje	1573 x 1055 x 1245 (reciclables)

Tabla 11. Características generales

Potencia eléctrica máxima P _{máx}	205 W
Tensión en circuito abierto V _{oc}	33,2 V
Tensión en el punto de máxima potencia V _{pmm}	26,5 V
Corriente de cortocircuito I _{sc}	8,33 A
Corriente en el punto de máxima potencia I _{pmm}	7,73 A
Eficiencia	13,7 %
Tolerancia de potencia (% P _{max})	+ /- 3 %

Tabla 12. Comportamiento bajo condiciones estándares de prueba

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

Potencia eléctrica máxima P _{máx}	147 W
Tensión en circuito abierto V _{oc}	30,1 V
Tensión en el punto de máxima potencia V _{pmm}	23,6 V
Corriente de cortocircuito I _{sc}	6,64 A
Corriente en el punto de máxima potencia I _{pmm}	7,73 A

Tabla 13. Comportamiento a 800 W/m², NOCT, AM 1.5

TONC	45 +/- 2 °C
Coefficiente de T ^a de P _{máx}	-0,464 %/K
Coefficiente de T ^a de V _{oc}	-0,323 %/K
Coefficiente de T ^a de I _{sc}	0,042 %/K

Tabla 14. Parámetros de temperatura.

Caja de conexión:

Las cajas de conexión de los módulos están situadas en la parte posterior de los mismos. Como se ha señalado anteriormente, estas son cajas estancas preparadas para intemperie con un IP-65, siempre y cuando se respete la estanqueidad en los pasacables o prensaestopas al hacer pasar los cables a través de ellos.

En cada módulo existe bien una sola caja de conexiones para ambos terminales o bien una caja para el terminal positivo y otra para el negativo. Deberá respetarse la polaridad en las conexiones para el buen funcionamiento de los módulos.

Las tapas de las cajas de conexión disponen de un dibujo indicativo. Se abren introduciendo un destornillador plano en la pestaña correspondiente, en la dirección que indica la flecha, haciendo ligera presión en la misma para su apertura. Para cerrar la tapa, es suficiente presionar la tapa hasta que se cierre. La tapa dispone de una brida que la sujeta a la base de la caja de conexión mientras se manipula el interior de la misma. Esta brida no debe ser cortada.

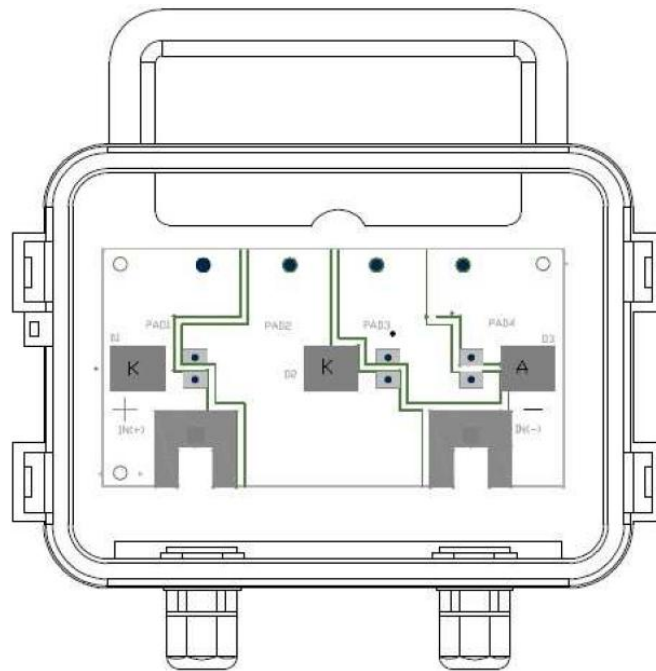


Figura 20. Detalle de la caja de conexión (Fuente: www.isofoton.com)

6.5.2 Distancia mínima entre filas de módulos consecutivos

Hay varias formas de calcular la distancia entre filas de módulos consecutivos, nosotros utilizaremos la que nos propone el Anexo III del IDAE y que dice lo siguiente:

“La distancia d , medida sobre la horizontal, entre unas filas de módulos obstáculo, de altura h , que pueda producir sombras sobre la instalación deberá garantizar un mínimo de 4 horas de sol en torno al mediodía del solsticio de invierno. Esta distancia d será superior al valor obtenido por la expresión:”

$$d = h / \tan (61^\circ - \text{latitud})$$

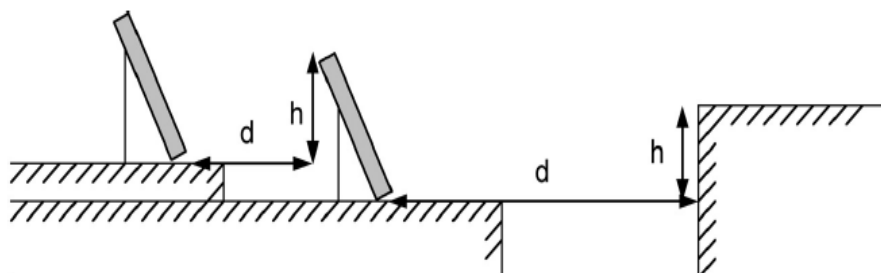


Figura 21. Distancia entre filas consecutivas de módulos

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

“La separación entre la parte posterior de una fila y el comienzo de la siguiente no será inferior a la obtenida por la expresión anterior, aplicando h a la diferencia de alturas entre la parte alta de una fila y la parte baja de la siguiente, efectuando todas las medidas de acuerdo con el plano que contiene a las bases de los módulos”

La distancia de separación entre filas de módulos depende del ángulo de inclinación de éstos, conforme más inclinado esté el panel, más distancia debe haber entre filas.

Teniendo todos los datos necesarios, obtenemos “h” de la siguiente forma:

$$h = \text{sen } \alpha * \text{ancho del módulo}$$

Una vez obtenido “h” se procede a calcular la distancia entre filas consecutivas mediante la fórmula:

$$d = \frac{h}{\text{tg}(61^\circ - \text{latitud})}$$

Por tanto la distancia entre extremos inferiores de dos paneles consecutivos, es la suma de la distancia “d” y la proyección que produce la longitud del panel sobre el plano horizontal (el suelo). Una vez obtenido este cálculo sabremos qué distancia deberá haber entre filas consecutivas de paneles, la cual para este proyecto la distancia que deberá haber entre filas consecutivas es de 2 m.

6.5.3 Cálculo del número de paneles

Para saber cuántos módulos fotovoltaicos vamos a colocar, deberemos conocer el área del edificio donde los vamos a colocar y la separación entre filas y mediante la siguiente ecuación sabremos cuál es el número óptimo de filas de módulos consecutivos que deberemos colocar:

$$\text{número_máx_de_filas_de_paneles} = \frac{\text{ancho_edificio}}{\text{ancho_módulo}}$$

Para este caso, el número de filas que hemos escogido es de 11.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

Una vez tenemos este dato pasaremos a calcular el número de módulos que se podrán colocar como máximo en cada fila mediante la siguiente fórmula:

$$\text{número_máx_de_módulos_por_fila} = \frac{\text{largo_edificio}}{\text{largo_módulo}}$$

Para este caso, el número de paneles escogido es de 52 paneles.

Se ha escogido 11 filas y 52 paneles en serie debido a la superficie de la cubierta, haciendo un total de 572 paneles, teniendo en cuenta que cada panel tiene una potencia nominal de 205 W hace un total de 117,26 kW, que será la potencia que dará nuestro generador.

Como se comentó anteriormente, la cubierta está dividida en 4 zonas iguales en orientación e inclinación, por lo que cada subgenerador estará compuesto por 143 paneles distribuidos en 13 paneles en serie y 11 filas de paneles, dando una potencia de 29,315 kW.

La conexión de los paneles cobra importancia ya que nos dará la información necesaria para poder escoger nuestro inversor.

Todo los cálculos se justifican en la Memoria de Cálculos.

Se puede consultar medidas del edificio en el plano n°3.

Se puede consultar disposición de paneles en el plano n°6.

6.5.4 Elección del inversor

Una vez hemos elegido los módulos para nuestra cubierta, hemos de elegir los inversores adecuados, para los cuáles tenemos los siguientes datos (todos los cálculos están perfectamente detallados en la memoria de cálculo):

	Tensión de máxima potencia	Tensión a circuito abierto	Corriente de cortocircuito
Invierno (-5°C)	$V_{mmp(-1,625^{\circ}C)}$ = 372,58	$V_{OC(-1,625^{\circ}C)}$ = 468,52 V	$I_{SC(-1,625^{\circ}C)}$ = 90,75 A
Verano (45°C)	$V_{mmp(78,75^{\circ}C)}$ = 287,69 V	$V_{OC(78,75^{\circ}C)}$ = 356,85 V	$I_{SC(-78,75^{\circ}C)}$ = 93,83 A

Tabla 15. Valores elegidos para elección del inversor

Teniendo en cuenta los valores anteriores, el inversor elegido (habrá un inversor por cada subgenerador) es el modelo Fronius CL 36.0, cuyos datos técnicos son:

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

Tensión circuito abierto	600 V
Corriente de entrada máxima	167,8 A
Rango de entrada (MPP)	230 – 500 V
Potencia nominal	36000 W
Tensión salida	400 / 230 V
Factor de potencia (cos phi)	0,85 – 1 inductivo/capacitivo
Frecuencia de red	50 Hz
Factor de distorsión	< 3%
Eficiencia máxima	95,9 %
Eficiencia en Europa	95,3 %
Consumo nocturno	11,4 W
Temperatura ambiente	-20 a +50 °C
Disipación del calor	Refrigeración por aire regulada
Modelo protección	IP20
Conmutación	Transformador alta frecuencia, trifásica
Seccionador de potencia CC	Integrado /a
Control de red	ENS según VDE 0126
Visualización	Pantalla de matriz iluminada
Tipo de conexión	Abrazaderas de placa de circuitos impresos
Carcasa	Aluminio
Dimensiones (a/a/p)	1105 mm / 1830 mm / 722 mm
Peso	248 kg
Garantía	5 años ampliable a 10 /20 años
Normas	CE, ISO 9001, EN 50178, EN 61000-6-3, EN 61000-6-2, EN 61000-3-11, EN 61000-3-12, EN 61000-3-2, G59/2

Tabla 16. Valores técnicos del inversor elegido

Como se dice en la memoria de cálculo, debido al peso de los inversores (pondremos 1 por cada subgenerador, en total 4 inversores) los colocaremos en el suelo junto a la fachada del edificio.



Figura 21. Inversor elegido

6.6 Instalación eléctrica de baja tensión en C.C

La instalación eléctrica de baja tensión en corriente continua estará formada por los conductores que unen las filas de los módulos fotovoltaicos con las cajas de conexión, y, por otra parte, el cableado que unen las cajas de conexiones con cada inversor correspondiente. Los conductores elegidos son:

LÍNEA FILA-C.C: PSUN SP (PRYSMIAN) 2 x 6 mm² 0,6/1 kV.

LÍNEA C.C1-INVERSOR1: PSUN SP (PRYSMIAN) 2 X 70 mm² 0,6/1 kV.

LÍNEA C.C2-INVERSOR2: PSUN SP (PRYSMIAN) 2 X 70 mm² 0,6/1 kV.

LÍNEA C.C3-INVERSOR3: PSUN SP (PRYSMIAN) 2 X 35 mm² 0,6/1 kV.

LÍNEA C.C4-INVERSOR14 PSUN SP (PRYSMIAN) 2 X 95 mm² 0,6/1 kV.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

Los cables son del fabricante PRYSMIAN y están diseñados especialmente para instalaciones solares fotovoltaicas.

Todos los cables son unipolares de tensión nominal 0,6/1 kV, flexibles no propagadora de la llama y libre de halógenos (menos el RETANAX FLEX).

Conductor de cobre electrolítico y aislamiento goma tipo E16 que confiere unas elevadas características eléctricas y mecánicas.

Cables resistentes a la absorción de agua, al frío, a los rayos ultravioletas, a los agentes químicos, a las grasas y aceites, a la abrasión y a los golpes Apto para servicios móviles y altas temperaturas. Mínimo 30 años de vida útil.

El color de los conductores será rojo para el polo positivo y negro para el polo negativo.

La justificación de esta elección está realizada detalladamente en la Memoria de Cálculos.

Ver en anexo III la ficha técnica de los cables PRYSMIAN empleados.

Para más detalle, consultar plano n°5.

6.7 Línea subterránea de baja tensión en C.A.

La red de Baja Tensión subterránea estará compuesta por las líneas que unen cada inversor con el Centro de Transformación.

Estas líneas estarán enterradas y aisladas bajo tubo de PVC de 160 mm², en zanja de 0,7 metros aproximadamente de profundidad (desde la generatriz superior del tubo); aumentándose la misma en 0,8 metros en los cruces de calzada, además de proteger el tubo con un recubrimiento de hormigón de 150 kg / m³ de 15 cm de espesor. Se debe prever siempre al menos una reserva para el caso de que en el futuro se produzca una desviación de la realidad con lo previsto. Por cada tubo solo discurrirá una línea de BT, sin que pueda compartirse un mismo tucó con otras líneas, ya sean eléctricas, de telecomunicaciones, etc.

Se evitarán, en lo posible, los cambios de dirección de los tubos. En los puntos donde se produzcan y para facilitar la manipulación de los cables, se dispondrán arquetas con tapa, registrable. Para facilitar el tendido de los cables, en los tramos rectos se instalarán arquetas intermedias, registrables como máximo cada 40m. Esta distancia podrá variarse de forma razonable, en función de derivaciones, cruces u otros condicionantes varios.

Igualmente deberán disponerse en los lugares en donde haya de existir una derivación o una acometida. A la entrada los tubos deberán quedar debidamente sellados en sus extremos para evitar la entrada de roedores.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

El cable a instalar será el modelo RETENAX FLEX IRIS TECH, de PRYSMIAN.

Cables unipolares de tensión nominal 0.6/1kV, flexibles, no propagadores de la llama y reducida emisión de halógenos. Conductor cobre electrolítico y aislamiento XLPE.

Cable resistente a la absorción de agua, al frío, a los rayos ultravioletas, a los agentes químicos y a las grasas y aceites. Termoestable.

Ver en anexo III la ficha técnica del cable Retenax Flex Iris Tech de Prysmian.

Los cables empleados para las líneas subterráneas de BT son:

LÍNEA INVERSOR 1 – C.G.P.: RETENAX FLEX , 3 (1 x 95 mm²) + 1 x 95 mm², RV-K 0.6/1 kV.

Las arquetas serán prefabricadas de hormigón y debe cumplir lo especificado en la Norma ONSE 01.01-16. Se colocarán arquetas tipo A1 o A2 en los cruces de calzada y delante de la Caja de Seccionamiento y serán de clase D400 según norma UNE 41301.

Se colocarán arqueta tipo A-1 cada 40 metros de alineación subterránea, por lo que colocaremos 13 arquetas tipo A-1

Se colocarán arquetas tipo A-2 delante de cada Caja de Seccionamiento, por lo que colocaremos 4 arquetas tipo A-2.

Para más detalle, consultar plano n°6.

Para más detalle de las arquetas, consultar plano n° 7.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

6.7.1 Conexión del neutro

El conductor del neutro irá conectado a tierra al final de la línea, utilizando para ello la C.G.P perteneciente a la red, según se indica ITC-BT 07 y realizándose mediante el conductor de cobre aislado semejante a los conductores de fase.

En todo momento debe quedar asegurada la continuidad del neutro, para la cual se aplicará lo dispuesto a continuación:

El conductor neutro no podrá ser interrumpido, salvo que ésta interrupción se realice mediante uniones amovibles en el neutro, próximas a los interruptores o seccionadores de los conductores de fase, debidamente señaladas y que solo puedan ser maniobradas con herramientas adecuadas. En este caso, el neutro no debe ser seccionado sin que previamente lo estén las fases, ni deben conectarse estas sin haber sido conectado previamente el neutro.

6.7.2 Cruzamientos

Las condiciones a las que deben responder los cruzamientos de los cables subterráneos de BT son las siguientes:

6.7.2.1 Cruzamientos con otros conductores de energía eléctrica

La distancia mínima entre cables de BT será la de 0.10 m. La distancia del punto de cruce a los empalmes, cuando existan, será superior a 1 m. En el caso de que no puedan respetarse algunas de estas distancias, el cable que se tienda en último lugar se dispondrá separado mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales incombustibles de adecuada resistencia mecánica.

6.7.2.2 Cruzamientos con cables de telecomunicación

La separación mínima entre los cables de energía eléctrica de BT y los de telecomunicación será de 0.20 m. La distancia del punto de cruce de los empalmes, tanto del cable de energía como el de telecomunicación, será superior a 1 m. En el caso de que no se puedan respetar algunas de las distancias, el cable que se tienda en último lugar se dispondrá separado mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales incombustibles de adecuada resistencia mecánica.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

6.7.2.3 Cruzamientos con canalizaciones de agua y gas

La separación mínima entre cables de energía y canalizaciones de agua o gas será de 0.20 m. Se evitará el cruce por la vertical de las juntas de las canalizaciones de agua o gas, o de los empalmes de la canalización eléctrica, situando unas y otras a una distancia superior de 1 m del cruce. Cuando no pueda respetarse una de estas distancias, se dispondrá por parte de la canalización que se tienda en último lugar, una separación mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales incombustibles de adecuada resistencia mecánica.

6.7.3 Paralelismos

Se procurará evitar que los cables subterráneos de BT queden en el mismo plano vertical que las demás conducciones.

6.7.3.1 Paralelismos con otros conductores de energía eléctrica

Los cables de BT podrán instalarse paralelamente a otros BT, si mantienen entre ellos una distancia no inferior a 0.10 m. Cuando no pueda respetarse alguna de estas distancias, la conducción que se establezca en el último lugar se dispondrá separada mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales incombustibles de adecuada resistencia mecánica.

6.7.3.2 Paralelismos con canalizaciones de agua y gas

Se deberá mantener una distancia mínima de 0.20 m, excepto para canalizaciones de gas de alta presión (más de 4bar) en que la distancia será 0.40 m. La distancia mínima entre los empalmes de los cables de energía eléctrica y las juntas de las canalizaciones de agua o gas será de 1 m. Cuando alguna de estas distancias no pueda respetarse, la canalización que se establezca en último lugar se dispondrá separada mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales incombustibles de adecuada resistencia mecánica.

Se procurará, también, mantener una distancia de 0.20 m en proyección horizontal.

Por otra parte, las arterias importantes de agua y gas se dispondrán de forma que se aseguren distancias superiores a 1 m respecto a los cables eléctricos de BT.

En el caso de conducciones de agua se procurará que éstas queden por debajo del cable eléctrico.

Cuando se trate de canalizaciones de gas se tomarán, además, medidas para evitar la posible acumulación de gas, como taponar las bocas de los tubos y conductos, y

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

asegurar la ventilación de las cámaras de registro de la canalización eléctrica o rellenarlas con arena.

6.7.4 Caja de seccionamiento

La Caja de Seccionamiento estará empotrada en nicho, siendo este de un tipo normalizado por la compañía suministradora. La Caja de Seccionamiento consta de la entrada, la salida de red y la conexión directa con la C.G.P. que se ubicará encima de la Caja de Seccionamiento. Sus características cumplirán las especificaciones de la Norma ENDESA CNL003, así como la Especificación Técnica de ENDESA Referencia 6700034.

6.7.5 Caja General de Protección

La C.G.P. estará empotrada en nicho, siendo este de un tipo normalizado por la compañía suministradora.

La C.G.P. estará construida en material aislante y dispondrá en su interior de tres porta-fusibles y una borna metálica para la conexión del neutro.

Dicha caja se colocará de forma que la parte inferior de la misma quede por encima de 50 cm del suelo, cumpliendo las normas particulares de la Empresa distribuidora y la ITC-BT-13 y dispondrán de puerta metálica normalizada según indicaciones de la Compañía Suministradora.

6.7.6 Empalmes

Para la confección de empalmes se usarán manguitos de empalme adecuados para la sección de los cables a conectar. Se utilizará la compresión por punzonado profundo.

Se aislarán mediante un recubrimiento que aporte un nivel de aislamiento como mínimo igual al del cable.

En general, la reconstrucción de aislamiento se efectuará mediante manguitos termoretráctiles. Cuando se esté en presencia de canalizaciones de gas se utilizará la tecnología contráctil en frío.

Los manguitos cumplirán lo indicado en la Norma ENDESA NNZ036, así como las Especificaciones técnicas de ENDESA Referencias 6700080 a 6700087, y 6700092 y 6700124, según corresponda.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

6.7.7 Terminales

Se utilizarán terminales de aluminio homogéneo para conexión bimetálica adecuada a la sección de los cables a conectar.

La conexión al cable se hará por punzonado profundo. Luego, se aislará mediante un recubrimiento que aporte un nivel de aislamiento como mínimo igual al del cable.

La conexión del terminal a la instalación fija se efectuará a rpección por tornillería. Cumplirán lo indicado en la Norma ENDESA NNZ014, así como las Especificaciones Técnicas de ENDESA Referencias 6700010 a 6700013, según corresponda en cada caso.

6.7.8 Derivaciones

Las derivaciones se realizarán mediante conectores de derivación por compresión. Estos conectores cumplirán las Especificaciones Técnicas de ENDESA Referencias 6702175 a 6702187, según corresponda en cada caso.

La reconstrucción del aislamiento se realizará con recubrimiento mediante elementos prefabricados termo-retáctiles o retráctiles en frío, que cumplirán las Especificaciones Técnicas de ENDESA Referencias 6700078 y 6702241, según corresponda en cada caso.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

7) Centro de Transformación.

El esquema que usaremos para nuestro Centro de Transformación, según se puede ver en la **sección 2.1 del capítulo IV de las normas particulares de Sevillana Endesa**, es el siguiente:

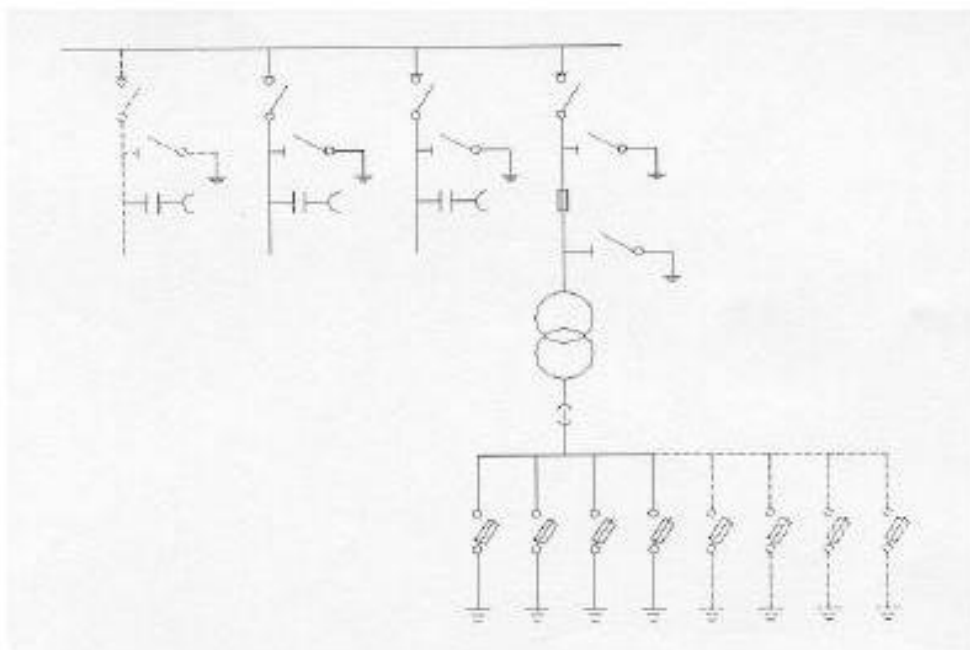


Figura 22. Esquema del Centro de Transformación

7.1. Características generales del Centro de Transformación.

El centro de transformación objeto del presente proyecto será de tipo interior, empleando para su aparellaje celdas prefabricadas bajo envolvente metálica según norma UNE-EN 60298.

La acometida al mismo será subterránea, alimentando al centro mediante una red de Media Tensión, y el suministro de energía se efectuará a una tensión de servicio de 20 kV y una frecuencia de 50 Hz, siendo la Compañía Eléctrica suministradora Endesa Distribución (Compañía Sevillana de Electricidad - C.S.E.).

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

- Características de las celdas RM6

Las celdas a emplear serán de la serie RM6 de Merlin Gerin, un conjunto de celdas compactas equipadas con aparamenta de alta tensión, bajo envolvente única metálica con aislamiento integral, para una tensión admisible hasta 24 kV, acorde a las siguientes normativas:

- ✓ UNE 20-090, 20-135, 21-081.
- ✓ UNE-EN 60129, 60265-1.
- ✓ CEI 60298, 60420, 60265, 60129.
- ✓ UNESA Recomendación 6407 A.

Toda la aparamenta estará agrupada en el interior de una cuba metálica estanca rellena de hexafluoruro de azufre con una presión relativa de 0.1 bar (sobre la presión atmosférica), sellada de por vida y acorde a la norma CEI 56-4-17, clase III.

7.2. Descripción de la instalación.

7.2.1. Obra Civil

7.2.1.1. Local

El Centro estará ubicado en una caseta independiente destinada únicamente a esta finalidad.

La caseta será de construcción prefabricada de hormigón tipo EHC-5T2L con una puerta peatonal de Merlin Gerin, de dimensiones 5.370 x 2.500 y altura útil 2.535 mm., cuyas características se describen en esta memoria.

El acceso al Centro estará restringido al personal de la Compañía Eléctrica suministradora. El Centro dispondrá de una puerta peatonal cuya cerradura estará normalizada por la Cía Eléctrica.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

7.2.1.2. Características del local.

Se tratará de una construcción prefabricada de hormigón COMPACTO modelo EHC de Merlin Gerin.

Las características más destacadas del prefabricado de la serie EHC serán:

- **Compacidad.**

Esta serie de prefabricados se montarán enteramente en fábrica. Realizar el montaje en la propia fábrica supondrá obtener:

- ✓ calidad en origen.
- ✓ reducción del tiempo de instalación.
- ✓ posibilidad de posteriores traslados.

- **Facilidad de instalación.**

La innecesaria cimentación y el montaje en fábrica permitirán asegurar una cómoda y fácil instalación.

- **Material.**

El material empleado en la fabricación de las piezas (bases, paredes y techos) es hormigón armado. Con la justa dosificación y el vibrado adecuado se conseguirán unas características óptimas de resistencia característica (superior a 250 Kg/cm² a los 28 días de su fabricación) y una perfecta impermeabilización.

- **Equipotencialidad.**

La propia armadura de mallazo electrosoldado garantizará la perfecta equipotencialidad de todo el prefabricado. Como se indica en la RU 1303A, las puertas y rejillas de ventilación no estarán conectadas al sistema de equipotencial. Entre la armadura equipotencial, embebida en el hormigón, y las puertas y rejillas existirá una resistencia eléctrica superior a 10.000 ohmios (RU 1303A).

Ningún elemento metálico unido al sistema equipotencial será accesible desde el exterior.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

- **Impermeabilidad.**

Los techos estarán diseñados de tal forma que se impidan las filtraciones y la acumulación de agua sobre éstos, desaguando directamente al exterior desde su perímetro.

- **Grados de protección.**

Serán conformes a la UNE 20324/89 de tal forma que la parte exterior del edificio prefabricado será de IP23, excepto las rejillas de ventilación donde el grado de protección será de IP33.

Los componentes principales que formarán el edificio prefabricado son los que se indican a continuación:

- Envolvente.

La envolvente (base, paredes y techos) de hormigón armado se fabricará de tal manera que se cargará sobre camión como un solo bloque en la fábrica. La envolvente estará diseñada de tal forma que se garantizará una total impermeabilidad y equipotencialidad del conjunto, así como una elevada resistencia mecánica.

En la base de la envolvente irán dispuestos, tanto en el lateral como en la solera, los orificios para la entrada de cables de Alta y Baja Tensión. Estos orificios son partes debilitadas del hormigón que se deberán romper (desde el interior del prefabricado) para realizar la acometida de cables.

- Suelos.

Estarán constituidos por elementos planos prefabricados de hormigón armado apoyados en un extremo sobre unos soportes metálicos en forma de U, los cuales constituirán los huecos que permitirán la conexión de cables en las celdas. Los huecos que no queden cubiertos por las celdas o cuadros eléctricos se taparán con unas placas fabricadas para tal efecto. En la parte frontal se dispondrán unas placas de peso reducido que permitirán el acceso de personas a la parte inferior del prefabricado a fin de facilitar las operaciones de conexión de los cables.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

➤ Cuba de recogida de aceite.

La cuba de recogida de aceite se integrará en el propio diseño del hormigón. Estará diseñada para recoger en su interior todo el aceite del transformador sin que éste se derrame por la base.

En la parte superior irá dispuesta una bandeja apagafuegos de acero galvanizado perforada y cubierta por grava.

➤ Puertas y rejillas de ventilación.

Estarán construidas en chapa de acero galvanizado recubierta con pintura epoxy. Esta doble protección, galvanizado más pintura, las hará muy resistentes a la corrosión causada por los agentes atmosféricos.

Las puertas estarán abisagradas para que se puedan abatir 180° hacia el exterior, y se podrán mantener en la posición de 90° con un retenedor metálico.

7.2.2. Instalación eléctrica.

7.2.2.1. Características de la Red de Alimentación.

La red de alimentación al centro de transformación será de tipo subterráneo a una tensión de 20 kV y 50 Hz de frecuencia.

La potencia de cortocircuito máxima de la red de alimentación será de 500 MVA, según datos proporcionados por la Compañía suministradora.

7.2.2.2. Características de la aparamenta de Alta Tensión.

- **Características generales celdas RM6.**

- ✓ Tensión asignada: **24 kV**.
- ✓ Tensión soportada entre fases, y entre fases y tierra.
a frecuencia industrial (50 Hz), 1 minuto: **50 kV ef**.
a impulso tipo rayo: **125 kV cresta**.
- ✓ Intensidad asignada en funciones de línea: **400 A**.
- ✓ Intensidad asignada en funciones de protección: **200 A**.
- ✓ Intensidad nominal admisible durante un segundo: **16 kA ef**.
- ✓ Valor de cresta de la intensidad nominal admisible: **40 kA cresta**.
es decir 2,5 veces la intensidad nominal admisible de corta duración.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

El poder de corte de la aparamenta será de **400 A** eficaces en las funciones de línea y de 16 kA en las funciones de protección (ya se consiga por fusible o por interruptor automático).

El poder de cierre de todos los interruptores será de **40 kA cresta**.

Todas las funciones (tanto las de línea como las de protección) incorporarán un seccionador de puesta a tierra de **40 kA** cresta de poder de cierre.

Deberá existir una señalización positiva de la posición de los interruptores y seccionadores de puesta a tierra. Además, el seccionador de puesta a tierra deberá ser directamente visible a través de visores transparentes.

El embarrado estará sobredimensionado para soportar sin deformaciones permanentes los esfuerzos dinámicos que en un cortocircuito se puedan presentar y que se detallan en el apartado de cálculos.

- **Celda de entrada, salida y de protección.**

Conjunto Compacto Merlin Gerin gama RM6 extensible, modelo RM6 2IQ(DE) (2L+1P), equipado con DOS funciones de línea y UNA función de protección con fusibles, de dimensiones: 1.142 mm de alto (siendo necesarios otros 280 mm adicionales para extracción de fusibles), 1.216 mm de ancho, 710 mm de profundidad.

Conjunto compacto estanco RM6 en atmósfera de hexafluoruro de azufre, 24 kV tensión nominal, para una intensidad nominal de 400 A y poder de corte en cortocircuito de 16 kA eficaces en las funciones de línea y de 200 A en las de protección.

El interruptor de la función de protección se equipará con fusibles de baja disipación térmica tipo MESA CF (DIN 43625), de 24kV, de 50 A de intensidad nominal, que provocará la apertura del mismo por fusión de cualquiera de ellos.

- ✓ Extensible a derechas.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

El conjunto compacto incorporará:

- ✓ Seccionador de puesta a tierra en SF6.
- ✓ Palanca de maniobra.
- ✓ Dispositivos de detección de presencia de tensión en todas las funciones, tanto en las de línea como en las de protección.
- ✓ 3 lámparas individuales (una por fase) para conectar a dichos dispositivos.
- ✓ Pasatapas de tipo roscados de 400 A en las funciones de línea.
- ✓ Pasatapas de tipo liso de 200 A en las funciones de protección.
- ✓ Panel cubrebornas con enclavamiento s.p.a.t. + interruptor.
- ✓ Cubrebornas metálicos en todas las funciones,
- ✓ Manómetro para el control de la presión del gas.

La conexión de los cables se realizará mediante conectores de tipo roscados de 400 A para las funciones de línea y de tipo liso de 200 A para las funciones de protección, asegurando así la estanqueidad del conjunto y, por tanto, la total insensibilidad al entorno en ambientes extraordinariamente polucionados, e incluso soportando una eventual sumersión.

- ✓ 2 Equipamientos de 3 conectores apantallados en "T" roscados M16 400A cada uno.
- ✓ Equipamiento de 3 conectores apantallados enchufables rectos lisos 200A.

- **Transformador.**

Será una máquina trifásica reductora de tensión, referencia JLJ1EN1000GZ, siendo la tensión entre fases a la entrada de 20 kV y la tensión a la salida en vacío de 420V entre fases y 242V entre fases y neutro(*).

El transformador a instalar tendrá el neutro accesible en baja tensión y refrigeración natural (ONAN), marca Merlin Gerin, en baño de aceite mineral.

La tecnología empleada será la de llenado integral a fin de conseguir una mínima degradación del aceite por oxidación y absorción de humedad, así como unas dimensiones reducidas de la máquina y un mantenimiento mínimo.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

Sus características mecánicas y eléctricas se ajustarán a la Norma GE FND001 y a las normas particulares de la compañía suministradora, siendo las siguientes:

- ✓ Potencia nominal: **1000 kVA**.
- ✓ Tensión nominal primaria: **20.000 V**.
- ✓ Regulación en el primario: **0, +/- 2,5%, +/- 5%, +10%**.
- ✓ Tensión nominal secundaria en vacío: **420 V**.
- ✓ Tensión de cortocircuito: **6%**.
- ✓ Grupo de conexión: **Dyn11**.
- ✓ Nivel de aislamiento:
 - Tensión de ensayo a onda de choque 1,2/50 s 125 kV.
 - Tensión de ensayo a 50 Hz, 1 min, 50 kV.

(*)Tensiones según:

- ✓ UNE 21301:1991 (CEI 38:1983 modificada)(HD 472:1989)
- ✓ UNE 21428 (96)(HD 428.1 S1)
- ✓ 3 pasatapas para conexión a bornas enchufables en MT en la tapa del transformador.

➤ Conexión en el lado de Alta Tensión.

- ✓ Juego de puentes III de cables AT unipolares de aislamiento seco RHZ1, aislamiento 12/20 kV, de 95 mm² en Al con sus correspondientes elementos de conexión.
- ✓ Equipamiento de 3 conectores apantallados enchufables rectos lisos 200 A.

➤ Conexión en el lado de Baja Tensión.

- ✓ Juego de puentes III de cables BT unipolares de aislamiento seco tipo RV, aislamiento 0.6/1 kV, de 4x240 mm² Al para las fases y de 2x240 mm² Al para el neutro.

➤ Dispositivo térmico de protección.

- ✓ Termómetro para protección térmica de transformador, incorporado en el mismo, y sus conexiones a la alimentación y al elemento disparador de la protección correspondiente, debidamente protegidas contra sobreintensidades, instalados.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

7.2.2.3. Características de la aparamenta de Alta Tensión.

- **Embarrado general celdas RM6.**

El embarrado general de los conjuntos compactos RM6 se construye con barras cilíndricas de cobre semiduro (F20) de 16 mm de diámetro.

- **Aisladores de paso celdas RM6.**

Son los pasatapas para la conexión de los cables aislados de alta tensión procedentes del exterior. Cumplen la norma UNESA 5205A y serán de tipo roscado para las funciones de línea y enchufables para las de protección.

7.2.2.4. Características de la aparamenta de Baja Tensión.

Las salidas de Baja Tensión del Centro de Transformación irán protegidas con Cuadros Modulares de Distribución en Baja Tensión de Merlin Gerin y características según se definen en la Recomendación UNESA 6302B.

Dichos cuadros deberán estar homologados por la Compañía Eléctrica suministradora y sus elementos principales se describen a continuación:

- Unidad funcional de embarrado: constituida por dos tipos de barras: barras verticales de llegada, que tendrán como misión la conexión eléctrica entre los conductores procedentes del transformador y el embarrado horizontal; y barras horizontales o repartidoras que tendrán como misión el paso de la energía procedente de las barras verticales para ser distribuida en las diferentes salidas. La intensidad nominal de cada una de las salidas será de 400 Amperios.
- Unidad funcional de seccionamiento: constituida por cuatro conexiones de pletinas deslizantes que podrán maniobradas fácil e independientemente con una sola herramienta aislada.

Transformador:

- ✓ Unidad funcional de protección: constituida por un sistema de protección formado por 4 bases tripolares verticales con cortacircuitos fusibles 400 A.
- ✓ 2 Base portafusible 125A.
- ✓ 1 Fusible 22 x 58 16A.
- ✓ 2 Lámpara roja de señalización neón.
- ✓ Panel puerta y resote de compresión de cierre.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

- ✓ Base Enchufable 2P blanco 10A, 250V.
- ✓ Perfil simétrico liso DIN 46227.
- ✓ 1 Amperímetro.
- ✓ 1 Interruptor diferencial.
- ✓ 2 Magnetotérmicos.
- ✓ 2 Contactos auxiliares.
- ✓ Extensionamiento del cuadro de distribución: 4 Bases tripolares verticales con cortacircuitos fusibles 400 A.

7.2.3. Puesta a tierra.

7.2.3.1. Tierra de protección.

Se conectarán a tierra los elementos metálicos de la instalación que no estén en tensión normalmente, pero que puedan estarlo a causa de averías o circunstancias externas.

Las celdas dispondrán de una pletina de tierra que las interconectará, constituyendo el colector de tierras de protección.

7.2.3.2. Tierra de servicio.

Se conectarán a tierra el neutro del transformador y los circuitos de baja tensión de los transformadores del equipo de medida, según se indica en el apartado de "Cálculo de la instalación de puesta a tierra" del capítulo 2 de este proyecto.

7.2.3.3. Tierras interiores.

Las tierras interiores del centro de transformación tendrán la misión de poner en continuidad eléctrica todos los elementos que deban estar conectados a tierra con sus correspondientes tierras exteriores.

La tierra interior de protección se realizará con cable de 50 mm² de cobre desnudo formando un anillo. Este cable conectará a tierra los elementos indicados en el apartado anterior e irá sujeto a las paredes mediante bridas de sujeción y conexión, conectando el anillo al final a una caja de seccionamiento con un grado de protección IP54.

La tierra interior de servicio se realizará con cable de 50 mm² de cobre aislado formando un anillo. Este cable conectará a tierra los elementos indicados en el

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

apartado anterior e irá sujeto a las paredes mediante bridas de sujección y conexión, conectando el anillo al final a una caja de seccionamiento con un grado de protección IP54.

Las cajas de seccionamiento de la tierra de servicio y protección estarán separadas por una distancia mínima de 1m.

7.2.4. Instalaciones secundarias.

7.2.4.1. Alumbrado.

En el interior del centro de transformación se instalará un mínimo de dos puntos de luz capaces de proporcionar un nivel de iluminación suficiente para la comprobación y maniobra de los elementos del mismo. El nivel medio será como mínimo de 150 lux .

Los focos luminosos estarán colocados sobre soportes rígidos y dispuestos de tal forma que se mantenga la máxima uniformidad posible en la iluminación. Además, se deberá poder efectuar la sustitución de lámparas sin peligro de contacto con otros elementos en tensión.

7.2.4.2. Protección contra incendios.

Al disponer la Compañía Eléctrica suministradora de personal de mantenimiento equipado en sus vehículos con el material adecuado de extinción de incendios, no es preciso, en este caso, instalar extintores en este centro de transformación.

7.2.4.3. Ventilación.

La ventilación del centro de transformación se realizará mediante las rejas de entrada y salida de aire dispuestas para tal efecto.

Estas rejas se construirán de modo que impidan el paso de pequeños animales, la entrada de agua de lluvia y los contactos accidentales con partes en tensión si se introdujeran elementos metálicos por las mismas.

7.2.4.4. Medidas de seguridad.

- **Seguridad en celdas RM6**

Los conjuntos compactos RM6 estarán provistos de enclavamientos de tipo MECÁNICO que relacionan entre sí los elementos que la componen.

El sistema de funcionamiento del interruptor con tres posiciones, impedirá el cierre simultáneo del mismo y su puesta a tierra, así como su apertura y puesta inmediata a tierra.

En su posición cerrado se bloqueará la introducción de la palanca de accionamiento en el eje de la maniobra para la puesta a tierra, siendo asimismo bloqueables por candado todos los ejes de accionamiento.

Un dispositivo anti-reflex impedirá toda tentativa de reapertura inmediata de un interruptor.

Asimismo es de destacar que la posición de puesta a tierra será visible, así como la instalación de dispositivos para la indicación de presencia de tensión.

El compartimento de fusibles, totalmente estanco, será inaccesible mediante bloqueo mecánico en la posición de interruptor cerrado, siendo posible su apertura únicamente cuando éste se sitúe en la posición de puesta a tierra y, en este caso, gracias a su metalización exterior, estará colocado a tierra todo el compartimento, garantizándose así la total ausencia de tensión cuando sea accesible.

Todos los detalles, tanto del centro de transformación como de su excavación consultar planos nº 8 y 9.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

8) Bibliografía

8.1 Libros

- Narciso Moreno Alfonso y García Díaz, Lorena. Instalaciones de Energía Fotovoltaica. 1ª edición, IBERGACETA PUBLICACIONES S.L., Madrid 2010.
- García Trasancos, José. Instalaciones Eléctricas en Media y Baja Tensión. 6ª edición, PARANINFO, Madrid 2009.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT) e Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC) BT 01 a BT 51, BOE 2002.

8.2 Fuentes en línea

- ENDESA. *Normas particulares y Condiciones Técnicas y de seguridad 2005*. <<http://www.endesa.es/>>.
- IDAE, Instituto para la Diversificación y ahorro de la Energía. *Energía solar fotovoltaica*. <<http://idae.es/>>
- European Comission. PVGIS. Datos de radiación solar. <<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>>
- Voltimum. Material Eléctrico. <<http://www.voltimum.es/>>
- Isofotón. Líder en Energía Solar fotovoltaica y térmica. <<http://www.isofoton.com/>>
- Fronius España. <<http://www.fronius.es/>>
- Ayuda en línea. <<http://energeticafutura.com>>
- Ayuda en línea. <<http://www.solarweb.net/>>
- http://www.fpv-solar.com/images/stories/product/inverter/fronius/cl_36_60/fronius_cl_datasheet_en.pdf

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

- <http://www.voltimum.es/cm.jsp?cat=1&subcat=3&action=view&viewmode=details&brand=PIE&cmid=4848&universe=manufacturer.mannews&pagenumber=3&rss=yes>

8.3 Software

- PVGIS. Photovoltaic Geographical Information System.
- AutoCAD 2008.
- Microsoft Office 2007 Professional.
- SisCet 6.0

ANEXO I

FICHA TÉCNICA DEL PANEL SOLAR FV ISOFOFOTÓN ISF-205

ANEXO II

FICHA TÉCNICA DEL INVERSOR FRONIUS CL.36

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

Fronius CL

PV central inverter with the Fronius MIX™ Concept

The Fronius CL combines high-yield power electronics with a unique, modular system design of up to 15 identical power stage sets using the Fronius MIX™ concept. Maximum yield and the highest reliability are the advantages of this well-designed interactive system. This makes the Fronius CL the optimal central inverter for PV systems of up to several hundred kilowatts. Other advantages include the precise MPP tracking of the Module Manager, the automatic transformer switching function, and much more. The Fronius CL is thus a first-class, versatile device that guarantees continuous high performance.



Technical Data Fronius CL 36.0 / 48.0 / 60.0

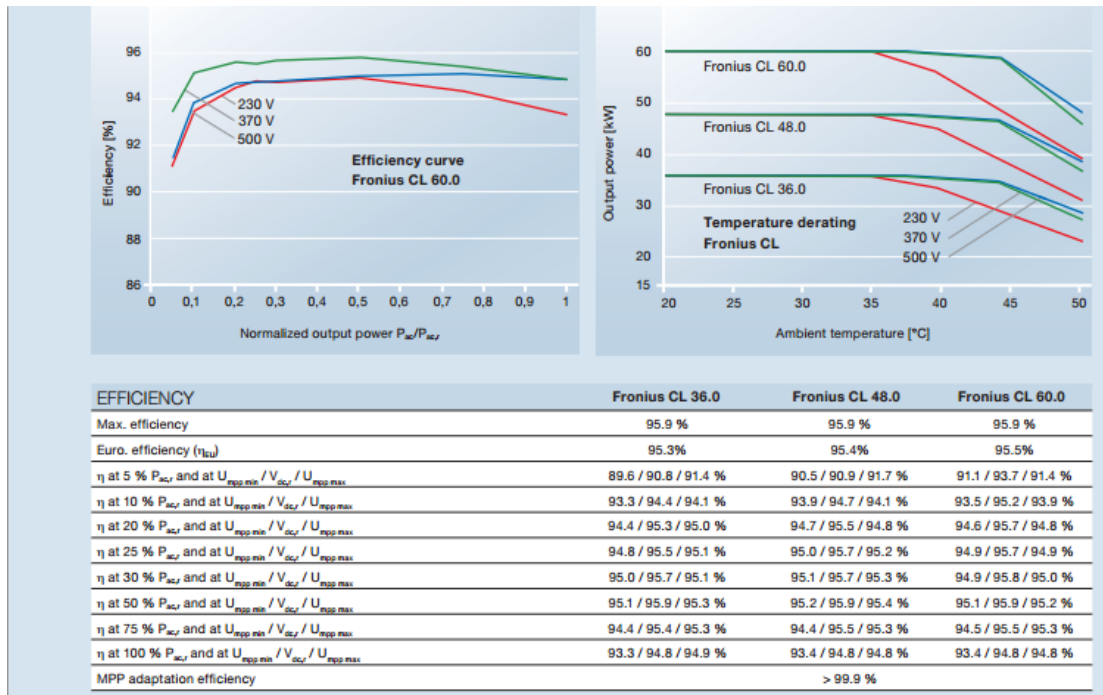
Naturally, all Fronius CL devices have the **CE** mark and meet all required country-specific guidelines and standards. For more information and certificates as well as details regarding system analysis and control using the Fronius DATCOM system, please go to www.fronius.com.

Data as per EN 50524:2008

INPUT DATA	Fronius CL 36.0	Fronius CL 48.0	Fronius CL 60.0
DC maximum power	38.6 kW	51.4 kW	64.5 kW
Max. input current ($I_{DC\ max}$)	167.8 A	223.4 A	280.2 A
Min. input voltage ($U_{DC\ min}$)		230 V	
Feed-in starting voltage ($U_{DC\ start}$)		260 V	
Nominal input voltage (U_{DC})		370 V	
Max. input voltage ($U_{DC\ max}$)		600 V	
MPP voltage range ($U_{MPP\ min} - U_{MPP\ max}$)		230 - 500 V	
OUTPUT DATA			
AC nominal output (P_{AC})	36 kW	48 kW	60 kW
Maximum output power	36 kW	48 kW	60 kW
Max. output current ($I_{AC\ max}$)	52.2 A	69.6 A	87.0 A
Grid connection		3-NPE 400 V/230 V	
Min. output voltage ($U_{AC\ min}$)		180 V	
Max. output voltage ($U_{AC\ max}$)		270 V	
Frequency (f)		50 Hz/60 Hz	
Frequency range ($f_{min} - f_{max}$)		45 Hz - 65 Hz	
Harmonic distortion		< 3 %	
Power factor ($\cos \varphi_{AC}$)		0.85 - 1 ind./cap.	
Night consumption	11.4 W	11.6 W	12.2 W
Feed-in starting at	80 W	95 W	120 W



INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA



GENERAL DATA

Dimensions (height x width x depth) including base (100 mm)	1830 x 1105 x 722 mm		
Weight	248 kg	276 kg	303 kg
Degree of protection	IP 20		
Protection class	1		
Inverter concept	HF transformer		
Cooling	Regulated air cooling		
Installation	Indoor installation		
Ambient temperature range	From -20°C to +50°C		
Permitted humidity	0 % to 95 %		
DC connection technology	DC- and DC+ with M10 bolts at DC filter		
AC connection technology	5 pole AC with M10 bolts at AC filter		
Standards for grid interface (country-specific)	VDE V 0126-1-1, ÖVE/ÖNORM E 8001-4-712, UTE C15-712, G 59, CER 06-190, Guida per le connessioni alla rete elettrica di ENEL Distribuzione		

SAFETY EQUIPMENT

DC insulation measurement	Warning when $R_{iso} < 500$ kohms
Overload behavior	Operating point shift, power limiter
DC disconnect	integrated

INTERFACES

2x RJ45 sockets (RS485)	Solar Net interface, interface protocol
-------------------------	---

SPECIAL FEATURES

Fronius CL devices for Germany are delivered exclusively with a manual AC circuit breaker.



FRONIUS INTERNATIONAL GMBH
Buxbaumstraße 2, 4600 Wels, Austria
E-Mail: PV@fronius.com

www.fronius.com

ANEXO III

FICHA TÉCNICA DE LOS CABLES PRYSMIAN. PSUN (SP) RETENAX FLEX

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO
MEMORIA DE CÁLCULO



TOMO II

MEMORIA DE CÁLCULOS

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA
PARA UN CENTRO DE OCIO

TITULACIÓN: INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL, ESP.ELECTRÓNICA INDUSTRIAL

AUTOR: JOSÉ CARLOS MAURICIO REDONDO

CONVOCATORIA: JUNIO 2012

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DE CÁLCULO

ÍNDICE

Contenido

1) Elección de los módulos solares fotovoltaicos.....	4
1.1. Elección de los módulos.....	4
1.2. Estimación de la potencia.....	5
1.2.1. Estudio previo.....	5
1.2.2. Distancia mínima entre filas de módulos consecutivas.....	43
1.2.3. Cálculo del número de paneles.....	44
2) Características del campo solar.....	45
3) Elección del inversor.....	46
3.1. Tensión y corriente en el punto de máxima potencia.....	46
3.2. Corrección de tensión y corriente debida a la temperatura.....	47
3.3. Inversor elegido.....	50
4) Cálculo de sombras.....	53
4.1. Cálculo de las pérdidas de radiación solar por sombras.....	53
5) Fuerza del viento.....	54
6) Anclaje de la estructura soporte.....	56
7) Peso de la instalación.....	57
8) Cálculo de la red de baja tensión.....	58
8.1. Introducción.....	58
8.1.1. Dimensionado por caída de tensión.....	59
8.1.2. Dimensionado por criterio térmico o intensidad admisible.....	60
8.2. Red de baja tensión.....	61
8.2.1. Línea desde cada fila de paneles hasta el cuadro de interconexión.....	61
8.2.2. Línea desde el cuadro de interconexión hasta el inversor.....	63
8.2.3. Línea desde la salida del inversor hasta la C.T.....	66
9) Centro de Transformación.....	70
9.1. Esquema del Centro de Transformación.....	70
9.2. Previsión de potencia para el Centro de Transformación.....	70
9.3. Intensidad en alta tensión.....	71
9.4. Intensidad de baja tensión.....	72

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

9.5. Cortocircuitos.....	73
9.5.1. Observaciones.....	73
9.5.2. Cálculo de las corrientes de cortocircuito.....	73
9.5.3. Cortocircuito en el lado de Alta Tensión.....	74
9.5.4. Cortocircuito en el lado de Baja Tensión.	74
9.6. Dimensionado del embarrado.....	74
9.6.1. Comprobación por densidad de corriente.....	74
9.6.2. Comprobación por sollicitación electrodinámica.	74
9.7. Selección de las protecciones de Alta y Baja Tensión.....	75
9.8. Dimensionado de la ventilación del CT.....	76
9.9. Dimensiones del pozo apagafuegos.....	76
9.10. Cálculo de las instalaciones de puesta a tierra.....	77
9.10.1. Investigación de las características del suelo.....	77
9.10.2. Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y tiempo máximo correspondiente de eliminación de defecto.	77
9.10.3. Diseño preliminar de la instalación de tierra.....	78
9.10.4. Cálculo de la resistencia del sistema de tierras.....	80
9.10.5. Cálculo de las tensiones en el exterior de la instalación.....	81
9.10.6. Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación.....	81
9.10.7. Cálculo de las tensiones aplicadas.....	82
9.10.8. Investigación de tensiones transferibles al exterior.....	83
9.10.9. Corrección y ajuste del diseño inicial estableciendo el definitivo.....	84
10) Selección de las protecciones.....	85
10.1. Protección en C.C.....	85
10.2. Protección en C.A.....	85

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DE CÁLCULO

1) Elección de los módulos solares fotovoltaicos.

1.1. Elección de los módulos.

Dispondremos de toda la superficie del edificio para diseñar nuestra planta solar fotovoltaica, la cual he visto conveniente dividirla en 4 áreas iguales y en la misma orientación e inclinación de los módulos fotovoltaicos.

He optado por el módulo modelo ISF 205 W de la compañía ISOFOTON. Cada módulo está compuesto por 54 células monocristalinas.

Garantía de 25 años sobre la potencia de salida y de 10 años contra los defectos de fabricación. (Para una información exhaustiva de los términos de garantía, consultar www.isofoton.es).

Los datos técnicos más importantes son los siguientes:

Potencia (W en prueba \pm 3%)	205 W
Número de células en serie	54
Eficiencia del módulo	13,7%
Corriente Punto Máxima Potencia (Imp)	7,73 A
Tensión Punto Máxima Potencia (Vmp)	26,5 V
Corriente en Cortocircuito (Isc)	8,33 A
Tensión en Circuito Abierto (Voc)	33,2 V
Coefficiente Temperatura de Isc (α)	0,042 %/°K
Coefficiente Temperatura de Voc (β)	-0,323 %/°K
Coefficiente Temperatura de P (γ)	-0,464 %/°K
Máxima Tensión del Sistema	1000 V
Dimensiones (mm)	1515 x 994 x 45
Peso (aprox)	17,1 Kg
Especificaciones eléctricas medidas en STC. TONC: $47 \pm 2^{\circ}\text{C}$	

Tabla I. Datos técnicos módulo Isofotón

Para más información sobre el módulo fotovoltaico, consultar plano n°4.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

1.2. Estimación de la potencia.

1.2.1. Estudio previo.

Para la estimación de la potencia deberemos saber el número de módulos que cabrán en nuestra cubierta. Para ellos deberemos hacer unos cálculos previos. Nos hará falta la latitud donde está el edificio, para esto necesitaremos la localización de nuestro edificio.

La localización de el edificio es:

37° 22' 12,35" N

5° 56' 5,88" O

Elevación con respecto al mar → 14 m.

Antes de calcular el ángulo óptimo, se definirá el ángulo de inclinación y el ángulo de acimut.

- **Ángulo de inclinación (β)**

Definido como el ángulo que forma la superficie de los módulos con el plano horizontal. Su valor es 0° para módulos horizontales y 90° para módulos verticales.

- **Ángulo acimut (α)**

Definido como el ángulo entre la proyección sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del módulo solar y el meridiano del lugar. Los valores típicos son 0° para módulos solares orientados al sur, -90° para módulos solares orientados al este y +90° para módulos solares orientados al oeste.



Dibujo I. Ángulo acimut y ángulo de inclinación

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DE CÁLCULO

Seguidamente necesitaremos el ángulo óptimo de inclinación de los paneles. Para ello nos basaremos en el uso de un programa “online” llamado **PVGIS**, donde nos proporcionará todos estos datos necesarios para cálculos posteriores.

El ángulo óptimo de inclinación es:

MES	INCLINACIÓN ÓPTIMA (GRADOS)
Enero	62
Febrero	53
Marzo	41
Abril	23
Mayo	12
Junio	2
Julio	7
Agosto	19
Septiembre	35
Octubre	49
Noviembre	59
Diciembre	63
AÑO	33

Tabla II. Ángulo óptimo

Como vemos, PVGIS nos dice que el ángulo óptimo de inclinación es de **33°**.

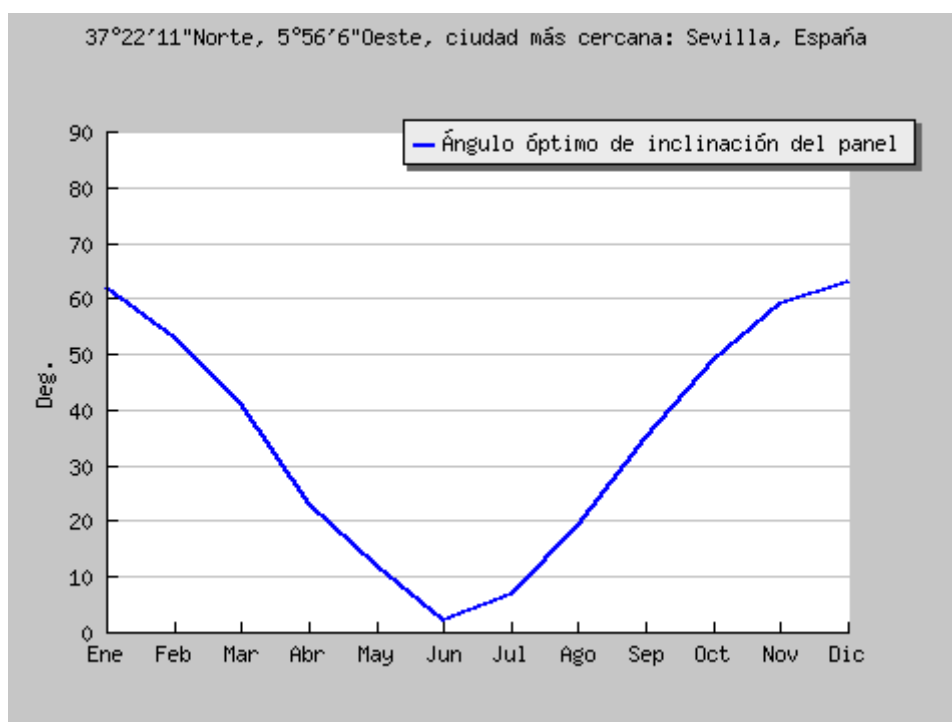


Tabla III. Variación del ángulo de inclinación

Esta tabla nos muestra la variación de el ángulo de inclinación a lo largo del año.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

Como los módulos estarán totalmente orientados al sur, el grado de orientación será de 0°

A continuación se hará una valoración mensual.

ENERO

Variación de la irradiancia diaria media para el lugar elegido

Inclinación de los módulos [0;90] grado

Orientación de los módulos [-180;180] (E:-90 S:0) grado

Calcular igualmente suponiendo un cielo despejado

Mostrar la irradiancia para un seguidor solar de 2 ejes

Mostrar temperaturas diurnas

Muestre la gráfica del horizonte

▼ Elegir mes

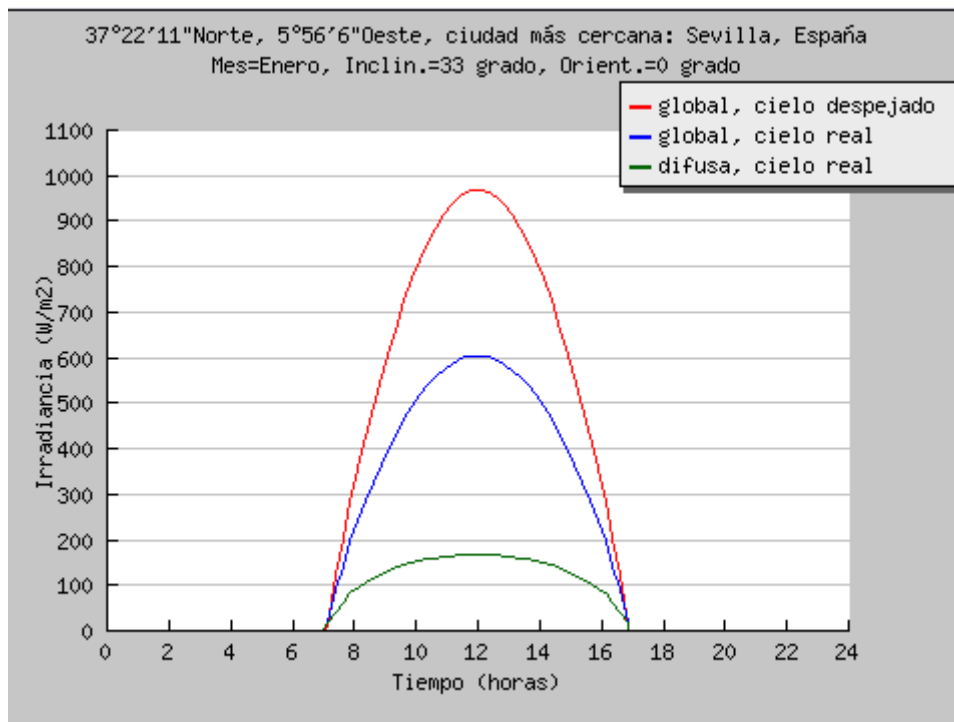


Tabla IV. Variación irradiancia Enero

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DE CÁLCULO

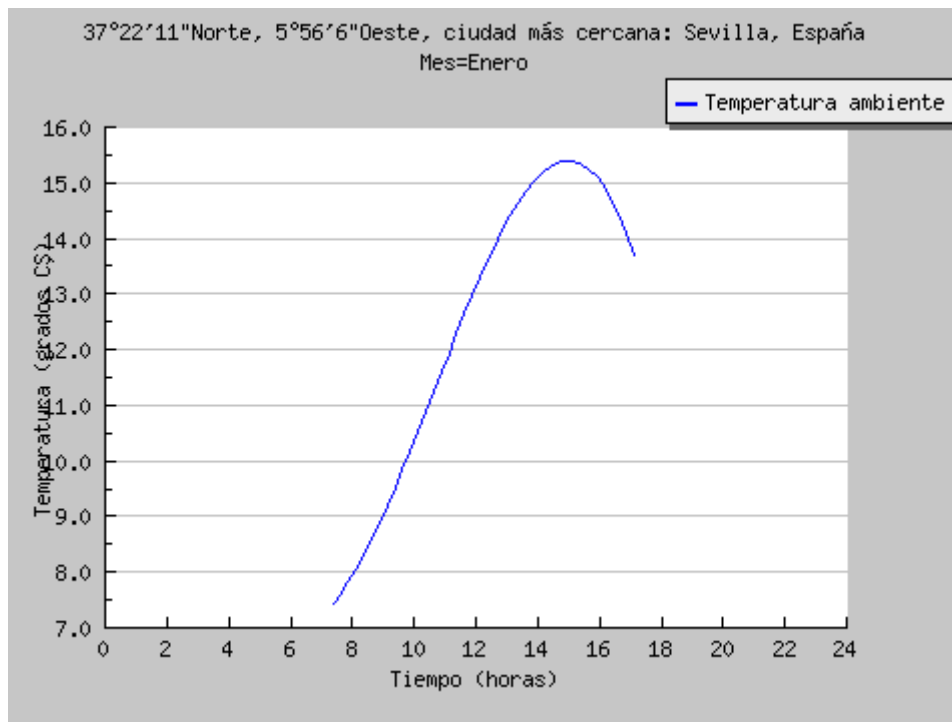


Tabla V. Irradiancia durante un día de Enero.

Esta tabla muestra la irradiancia global estimada cada 15 minutos durante un día típico en el mes elegido, considerando La inclinación y orientación del módulo FV. La sombra Elementos del terreno pueden afectar a los valores durante el día. El gráfico abajo muestra los mismos resultados.

Hora	Irradiancia global para cielo claro (W/m2)	Irradiancia global (W/m2)	Irradiancia directa (W/m2)	Irradiancia difusa (W/m2)	Irradiancia reflejada (W/m2)	Temperatura (grados C°)
7.12	10	19	0	19	0	7.4
7.38	125	91	50	40	1	7.6
7.62	200	142	81	60	1	7.8
7.88	283	197	114	82	1	8.1
8.12	356	243	147	94	2	8.3
8.38	427	286	179	105	2	8.6
8.62	494	327	210	115	2	8.9
8.88	558	366	239	124	3	9.2
9.12	618	402	267	132	3	9.5
9.38	674	435	293	139	3	9.8
9.62	726	465	317	145	3	10.2
9.88	773	493	339	150	4	10.5
10.12	816	517	360	154	4	10.9
10.38	854	539	377	158	4	11.2
10.62	886	558	393	160	4	11.6
10.88	914	573	406	163	4	11.9
11.12	936	586	417	165	5	12.3
11.38	952	595	425	166	5	12.6
11.62	963	601	430	167	5	13.0
11.88	969	604	432	167	5	13.3
12.12	969	604	432	167	5	13.6
12.38	963	601	430	167	5	13.9
12.62	952	595	425	166	5	14.2

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

12.88	936	586	417	165	5	14.4
13.12	914	573	406	163	4	14.6
13.38	886	558	393	160	4	14.8
13.62	854	539	377	158	4	15.0
13.88	816	517	360	154	4	15.2
14.12	773	493	339	150	4	15.3
14.38	726	465	317	145	3	15.3
14.62	674	435	293	139	3	15.4
14.88	618	402	267	132	3	15.4
15.12	558	366	239	124	3	15.3
15.38	494	327	210	115	2	15.3
15.62	427	286	179	105	2	15.1
15.88	356	243	147	94	2	14.9
16.12	283	197	114	82	1	14.7
16.38	200	142	81	60	1	14.4
16.62	125	91	50	40	1	14.1
16.88	10	19	0	19	0	13.7

La media de la Irradiancia global (W/m^2) para el mes de Enero es de $356,7 W/m^2$
y la media de la Temperatura ($^{\circ}C$) es de $12,05^{\circ}C$

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DE CÁLCULO

FEBRERO

Variación de la irradiancia diaria media para el lugar elegido

Inclinación de los módulos [0;90] grado
Orientación de los módulos [-180;180] (E:-90 S:0) grado

Calcular igualmente suponiendo un cielo despejado
 Mostrar la irradiancia para un seguidor solar de 2 ejes
 Mostrar temperaturas diurnas
 Muestre la gráfica del horizonte

Febrero

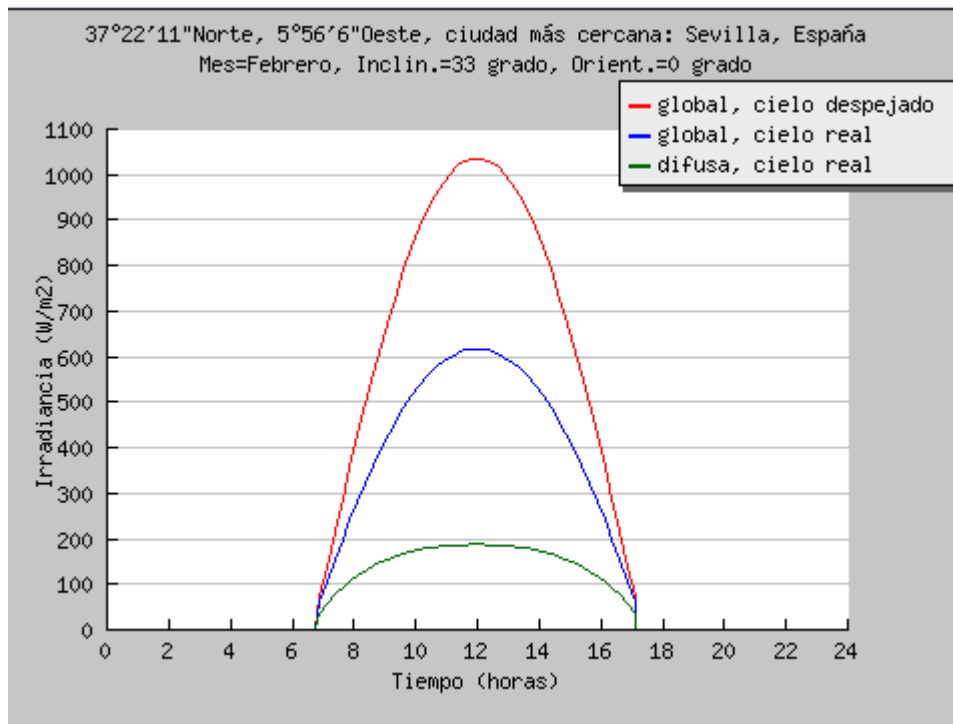


Tabla VI. Variación irradiancia Febrero

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

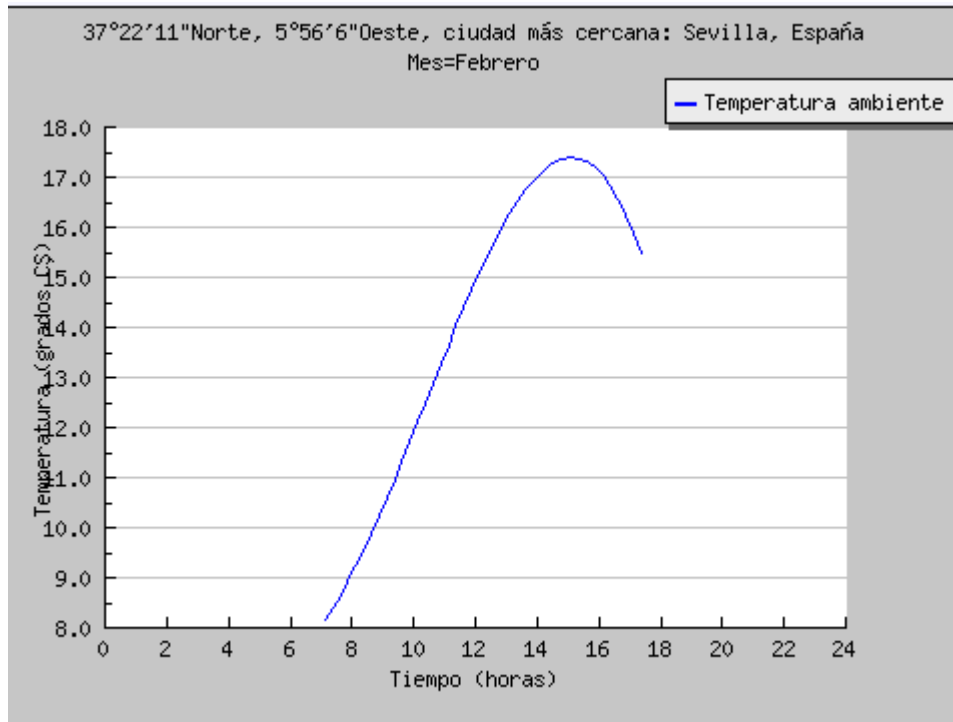


Tabla VII. Irradiancia durante un día de Febrero.

Esta tabla muestra la irradiancia global estimada cada 15 minutos durante un día típico en el mes elegido, considerando La inclinación y orientación del módulo FV. La sombra Elementos del terreno pueden afectar a los valores durante el día. El gráfico abajo muestra los mismos resultados.

Hora	Irradiancia global para cielo claro (W/m2)	Irradiancia global (W/m2)	Irradiancia directa (W/m2)	Irradiancia difusa (W/m2)	Irradiancia reflejada (W/m2)	Temperatura (grados C°)
6.88	75	62	25	36	0	8.2
7.12	138	104	48	55	1	8.4
7.38	214	154	75	78	1	8.6
7.62	286	199	104	93	2	8.9
7.88	357	242	133	107	2	9.2
8.12	428	283	162	119	2	9.5
8.38	496	323	191	130	3	9.9
8.62	562	361	219	139	3	10.2
8.88	625	397	245	148	3	10.6
9.12	685	430	271	155	4	11.0
9.38	741	461	295	162	4	11.3
9.62	793	489	317	167	4	11.7
9.88	840	514	338	172	4	12.1
10.12	883	537	357	176	5	12.5
10.38	920	557	373	179	5	12.9
10.62	953	574	388	181	5	13.3
10.88	980	589	400	183	5	13.7
11.12	1003	600	410	185	5	14.0
11.38	1019	609	417	186	5	14.4
11.62	1030	614	422	187	5	14.8
11.88	1036	617	425	187	5	15.1
12.12	1036	617	425	187	5	15.4
12.38	1030	614	422	187	5	15.7

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DE CÁLCULO

12.62	1019	609	417	186	5	16.0
12.88	1003	600	410	185	5	16.3
13.12	980	589	400	183	5	16.5
13.38	953	574	388	181	5	16.7
13.62	920	557	373	179	5	16.9
13.88	883	537	357	176	5	17.1
14.12	840	514	338	172	4	17.2
14.38	793	489	317	167	4	17.3
14.62	741	461	295	162	4	17.4
14.88	685	430	271	155	4	17.4
15.12	625	397	245	148	3	17.4
15.38	562	361	219	139	3	17.3
15.62	496	323	191	130	3	17.2
15.88	428	283	162	119	2	17.0
16.12	357	242	133	107	2	16.8
16.38	286	199	104	93	2	16.6
16.62	214	154	75	78	1	16.3
16.88	138	104	48	55	1	15.9
17.12	75	62	25	36	0	15.5

La media de la Irradiancia global (W/m^2) para el mes de Febrero es de $415,04 W/m^2$ y la media de la Temperatura ($^{\circ}C$) es de $14,05^{\circ}C$

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

MARZO

Variación de la irradiancia diaria media para el lugar elegido

Inclinación de los módulos [0;90] grado
Orientación de los módulos [-180;180] (E:-90 S:0)
 grado

Calcular igualmente suponiendo un cielo despejado
 Mostrar la irradiancia para un seguidor solar de 2 ejes
 Mostrar temperaturas diurnas
 Muestre la gráfica del horizonte

Marzo Elegir mes

Pulse para confirmar su elección

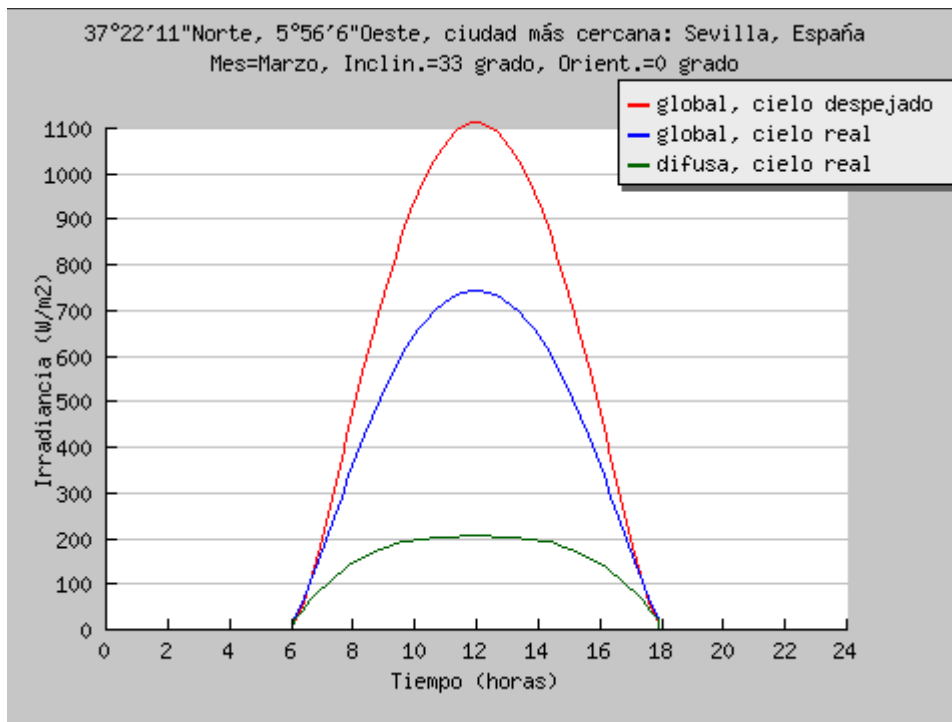


Tabla VIII. Variación irradiancia Marzo.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DE CÁLCULO

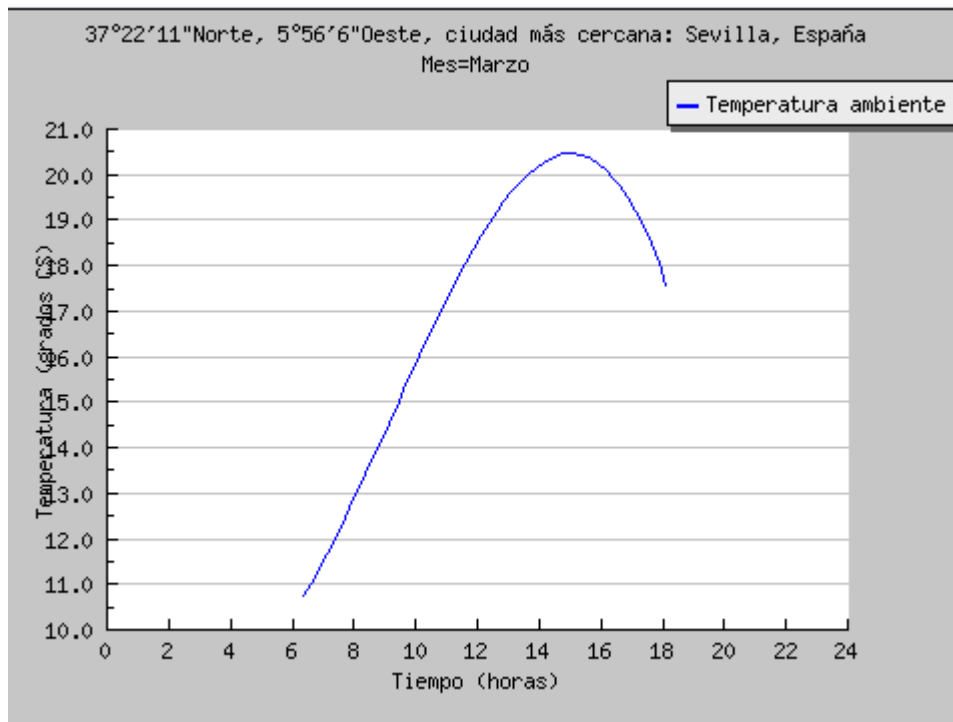


Tabla IX. Irradiancia durante un día de Marzo.

Esta tabla muestra la irradiancia global estimada cada 15 minutos durante un día típico en el mes elegido, considerando la inclinación y orientación del módulo FV. La sombra de los elementos del terreno pueden afectar a los valores durante el día. El gráfico abajo muestra los mismos resultados.

Hora	Irradiancia global para cielo claro (W/m ²)	Irradiancia global (W/m ²)	Irradiancia directa (W/m ²)	Irradiancia difusa (W/m ²)	Irradiancia reflejada (W/m ²)	Temperatura (grados C°)
6.12	16	27	3	23	0	10.7
6.38	49	57	16	40	1	11.0
6.62	105	104	38	65	1	11.3
6.88	167	149	65	82	2	11.7
7.12	233	197	96	99	2	12.0
7.38	302	245	128	114	2	12.3
7.62	373	292	162	127	3	12.7
7.88	443	339	195	140	3	13.1
8.12	512	384	229	151	4	13.4
8.38	579	427	262	160	4	13.8
8.62	644	468	294	169	5	14.2
8.88	706	506	325	176	5	14.5
9.12	765	542	355	182	5	14.9
9.38	820	575	382	187	6	15.3
9.62	871	606	408	192	6	15.6
9.88	918	633	432	195	6	16.0
10.12	960	658	454	198	6	16.4
10.38	997	679	473	200	7	16.7
10.62	1029	698	489	202	7	17.1
10.88	1056	713	503	203	7	17.4
11.12	1078	726	515	204	7	17.7
11.38	1095	735	523	205	7	18.1
11.62	1106	741	529	205	7	18.4

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

11.88	1111	744	532	205	7	18.7
12.12	1111	744	532	205	7	18.9
12.38	1106	741	529	205	7	19.2
12.62	1095	735	523	205	7	19.4
12.88	1078	726	515	204	7	19.6
13.12	1056	713	503	203	7	19.8
13.38	1029	698	489	202	7	20.0
13.62	997	679	473	200	7	20.1
13.88	960	658	454	198	6	20.3
14.12	918	633	432	195	6	20.4
14.38	871	606	408	192	6	20.4
14.62	820	575	382	187	6	20.5
14.88	765	542	355	182	5	20.5
15.12	706	506	325	176	5	20.4
15.38	644	468	294	169	5	20.4
15.62	579	427	262	160	4	20.3
15.88	512	384	229	151	4	20.1
16.12	443	339	195	140	3	20.0
16.38	373	292	162	127	3	19.7
16.62	302	245	128	114	2	19.5
16.88	233	197	96	99	2	19.2
17.12	167	149	65	82	2	18.9
17.38	105	104	38	65	1	18.5
17.62	49	57	16	40	1	18.1
17.88	11	23	0	23	0	17.6

La media de la Irradiancia global (W/m^2) para el mes de Marzo es de 468,46 W/m^2 y la media de la Temperatura ($^{\circ}C$) es de 17,18 $^{\circ}C$

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DE CÁLCULO

ABRIL

Variación de la irradiancia diaria media para el lugar elegido

Inclinación de los módulos [0;90] grado
Orientación de los módulos [-180;180] (E:-90 S:0)
 grado

Calcular igualmente suponiendo un cielo despejado
 Mostrar la irradiancia para un seguidor solar de 2 ejes
 Mostrar temperaturas diurnas
 Muestre la gráfica del horizonte

▾ Elegir mes

Pulse para confirmar su elección

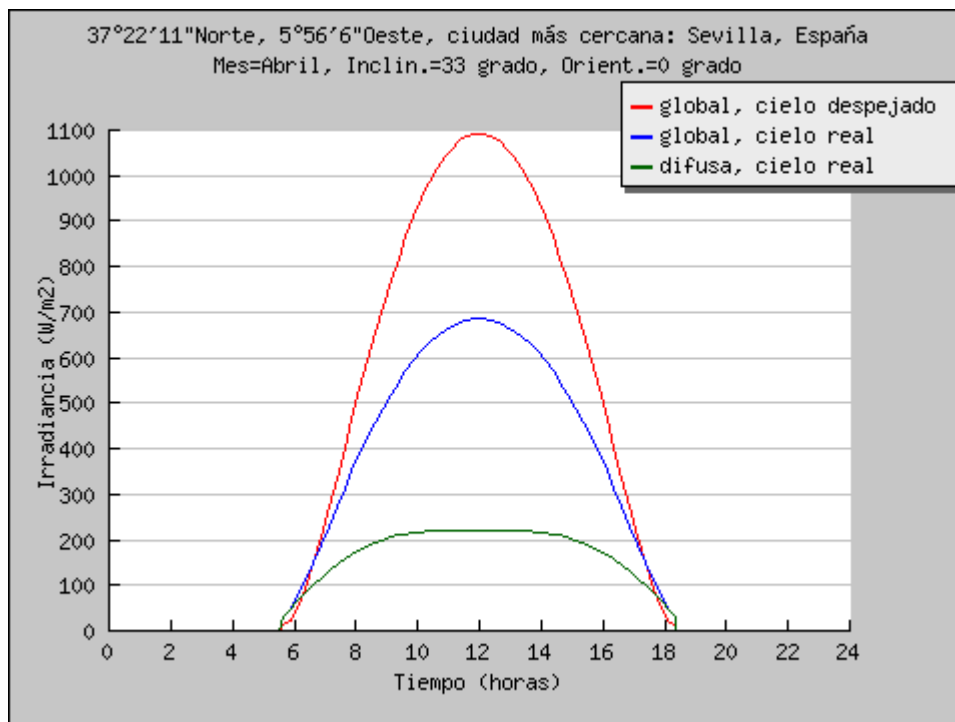


Tabla X. Variación irradiancia Abril.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

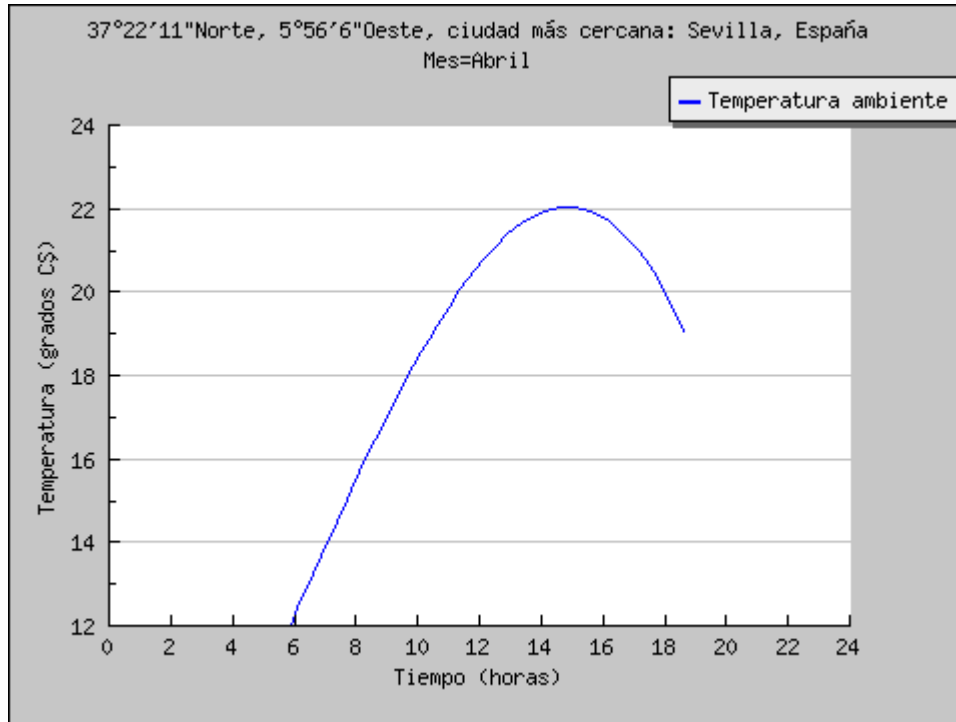


Tabla XI. Irradiancia durante un día Abril.

Esta tabla muestra la irradiancia global estimada cada 15 minutos durante un día típico en el mes elegido, considerando La inclinación y orientación del módulo FV. La sombra Elementos del terreno pueden afectar a los valores durante el día. El gráfico abajo muestra los mismos resultados.

Hora	Irradiancia global para cielo claro (W/m2)	Irradiancia global (W/m2)	Irradiancia directa (W/m2)	Irradiancia difusa (W/m2)	Irradiancia reflejada (W/m2)	Temperatura (grados C°)
5.62	15	31	0	30	0	12.0
5.88	24	49	0	48	1	12.4
6.12	48	74	9	64	1	12.8
6.38	94	109	26	82	2	13.3
6.62	148	148	46	100	2	13.7
6.88	208	189	70	116	3	14.1
7.12	271	230	96	131	3	14.5
7.38	336	271	123	145	3	14.9
7.62	402	311	150	157	4	15.3
7.88	467	350	178	168	4	15.7
8.12	532	388	205	178	5	16.1
8.38	595	424	233	186	5	16.4
8.62	655	458	259	194	5	16.8
8.88	713	490	285	200	6	17.2
9.12	768	520	309	205	6	17.5
9.38	820	547	332	209	6	17.9
9.62	868	572	354	212	6	18.2
9.88	911	595	373	215	7	18.6
10.12	951	615	391	217	7	18.9
10.38	985	632	407	218	7	19.2
10.62	1016	647	421	219	7	19.5
10.88	1041	660	433	220	7	19.8
11.12	1061	670	442	221	7	20.0

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DE CÁLCULO

11.38	1077	678	449	221	7	20.3
11.62	1087	683	454	221	7	20.5
11.88	1092	685	456	221	8	20.8
12.12	1092	685	456	221	8	21.0
12.38	1087	683	454	221	7	21.2
12.62	1077	678	449	221	7	21.3
12.88	1061	670	442	221	7	21.5
13.12	1041	660	433	220	7	21.6
13.38	1016	647	421	219	7	21.8
13.62	985	632	407	218	7	21.9
13.88	951	615	391	217	7	21.9
14.12	911	595	373	215	7	22.0
14.38	868	572	354	212	6	22.0
14.62	820	547	332	209	6	22.0
14.88	768	520	309	205	6	22.0
15.12	713	490	285	200	6	22.0
15.38	655	458	259	194	5	21.9
15.62	595	424	233	186	5	21.8
15.88	532	388	205	178	5	21.7
16.12	467	350	178	168	4	21.6
16.38	402	311	150	157	4	21.4
16.62	336	271	123	145	3	21.2
16.88	271	230	96	131	3	21.0
17.12	208	189	70	116	3	20.8
17.38	148	148	46	100	2	20.5
17.62	94	109	26	82	2	20.2
17.88	48	74	9	64	1	19.8
18.12	24	49	0	48	1	19.5
18.38	15	31	0	30	0	19.1

La media de la Irradiancia global (W/m^2) para el mes de Abril es de $424,07 W/m^2$ y la media de la Temperatura ($^{\circ}C$) es de $19,02^{\circ}C$

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

MAYO

Variación de la irradiancia diaria media para el lugar elegido

Inclinación de los módulos [0;90] grado
Orientación de los módulos [-180;180] (E:-90 S:0)
 grado

Calcular igualmente suponiendo un cielo despejado
 Mostrar la irradiancia para un seguidor solar de 2 ejes
 Mostrar temperaturas diurnas
 Muestre la gráfica del horizonte

Mayo Elegir mes

Pulse para confirmar su elección

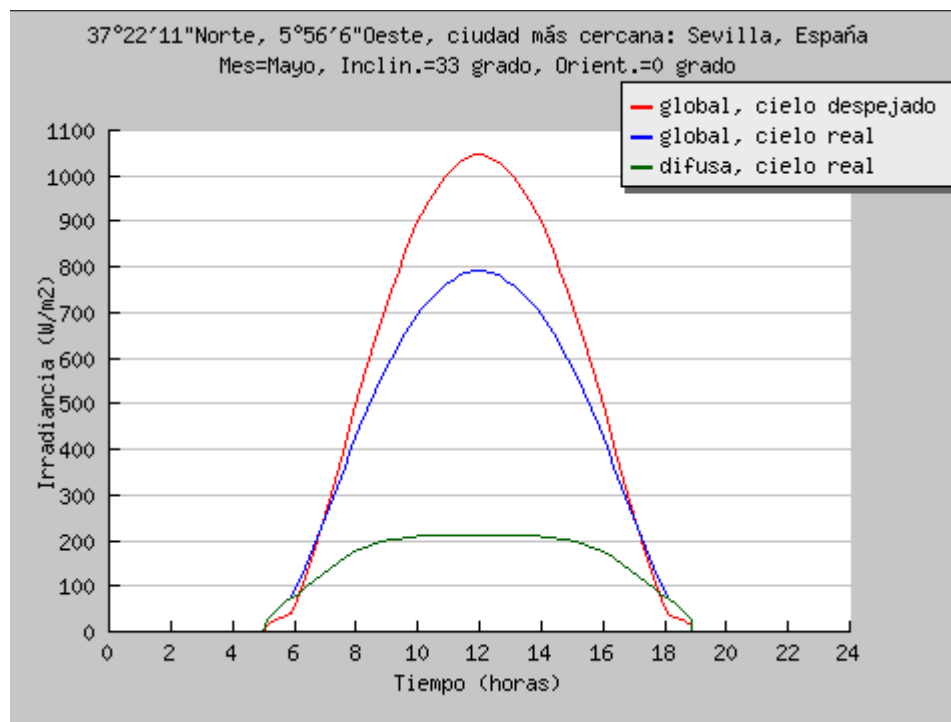


Tabla XII. Variación irradiancia Mayo.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DE CÁLCULO

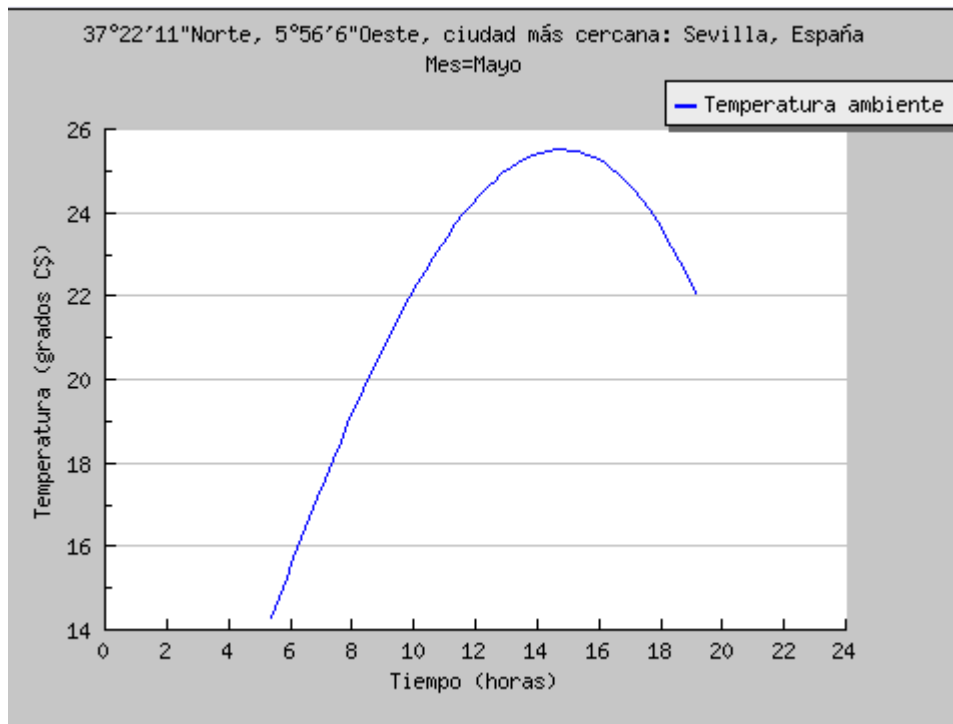


Tabla XIII. Irradiancia durante un día de Mayo.

Esta tabla muestra la irradiancia global estimada cada 15 minutos durante un día típico en el mes elegido, considerando la inclinación y orientación del módulo FV. La sombra de los elementos del terreno pueden afectar a los valores durante el día. El gráfico abajo muestra los mismos resultados.

Hora	Irradiancia global para cielo claro (W/m ²)	Irradiancia global (W/m ²)	Irradiancia directa (W/m ²)	Irradiancia difusa (W/m ²)	Irradiancia reflejada (W/m ²)	Temperatura (grados C°)
5.12	15	28	0	27	0	14.3
5.38	24	45	0	44	1	14.8
5.62	33	61	0	60	1	15.3
5.88	41	76	0	75	1	15.7
6.12	69	100	17	81	2	16.2
6.38	117	140	41	96	3	16.7
6.62	170	183	68	111	3	17.2
6.88	227	227	98	125	4	17.6
7.12	286	272	130	138	4	18.1
7.38	347	317	163	150	5	18.5
7.62	408	362	196	161	5	18.9
7.88	468	405	230	170	5	19.4
8.12	528	448	263	178	6	19.8
8.38	586	488	296	186	6	20.2
8.62	642	527	328	192	7	20.5
8.88	696	563	359	197	7	20.9
9.12	746	597	389	201	7	21.3
9.38	794	629	417	204	8	21.6
9.62	838	658	443	207	8	22.0
9.88	878	684	467	209	8	22.3
10.12	914	707	488	210	8	22.6
10.38	947	728	508	211	9	22.9
10.62	974	745	524	212	9	23.2

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

10.88	998	760	539	213	9	23.5
11.12	1017	772	550	213	9	23.7
11.38	1031	781	559	213	9	24.0
11.62	1040	787	564	213	9	24.2
11.88	1045	790	567	213	9	24.4
12.12	1045	790	567	213	9	24.6
12.38	1040	787	564	213	9	24.8
12.62	1031	781	559	213	9	24.9
12.88	1017	772	550	213	9	25.1
13.12	998	760	539	213	9	25.2
13.38	974	745	524	212	9	25.3
13.62	947	728	508	211	9	25.4
13.88	914	707	488	210	8	25.4
14.12	878	684	467	209	8	25.5
14.38	838	658	443	207	8	25.5
14.62	794	629	417	204	8	25.5
14.88	746	597	389	201	7	25.5
15.12	696	563	359	197	7	25.5
15.38	642	527	328	192	7	25.4
15.62	586	488	296	186	6	25.3
15.88	528	448	263	178	6	25.2
16.12	468	405	230	170	5	25.1
16.38	408	362	196	161	5	24.9
16.62	347	317	163	150	5	24.8
16.88	286	272	130	138	4	24.6
17.12	227	227	98	125	4	24.3
17.38	170	183	68	111	3	24.1
17.62	117	140	41	96	3	23.8
17.88	69	100	17	81	2	23.5
18.12	41	76	0	75	1	23.2
18.38	33	61	0	60	1	22.8
18.62	24	45	0	44	1	22.5
18.88	15	28	0	27	0	22.1

La media de la Irradiancia global (W/m^2) para el mes de Mayo es de $460 W/m^2$ y la media de la Temperatura ($^{\circ}C$) es de $22,31^{\circ}C$

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DE CÁLCULO

JUNIO

Variación de la irradiancia diaria media para el lugar elegido

Inclinación de los módulos [0;90] grado
Orientación de los módulos [-180;180] (E:-90 S:0)
 grado

Calcular igualmente suponiendo un cielo despejado
 Mostrar la irradiancia para un seguidor solar de 2 ejes
 Mostrar temperaturas diurnas
 Muestre la gráfica del horizonte

Junio Elegir mes

Pulse para confirmar su elección

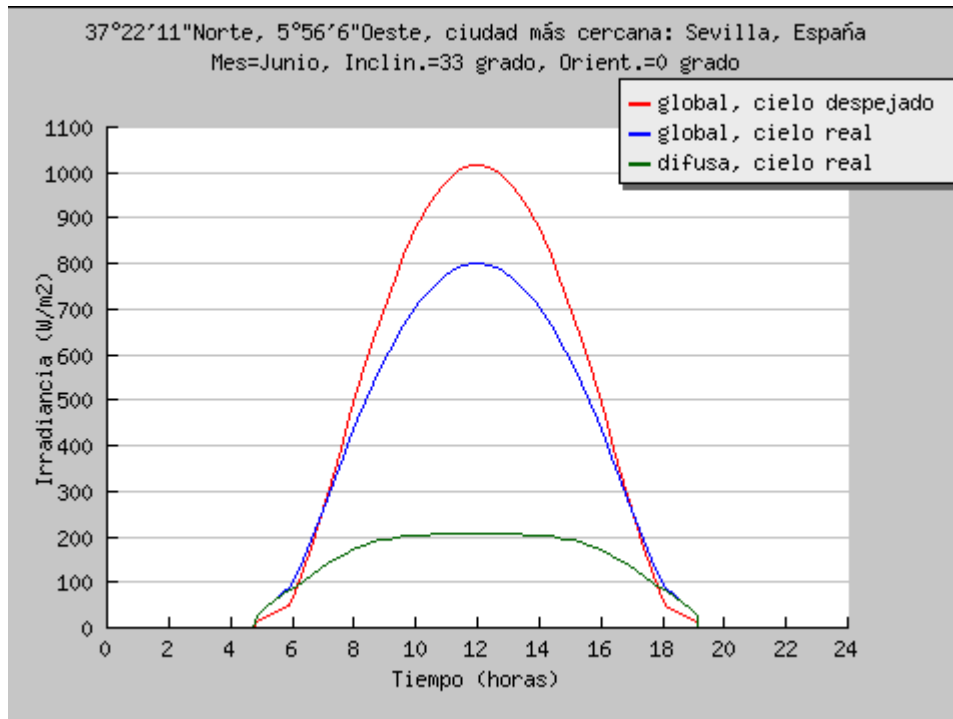


Tabla XIV. Variación irradiancia mes Junio.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

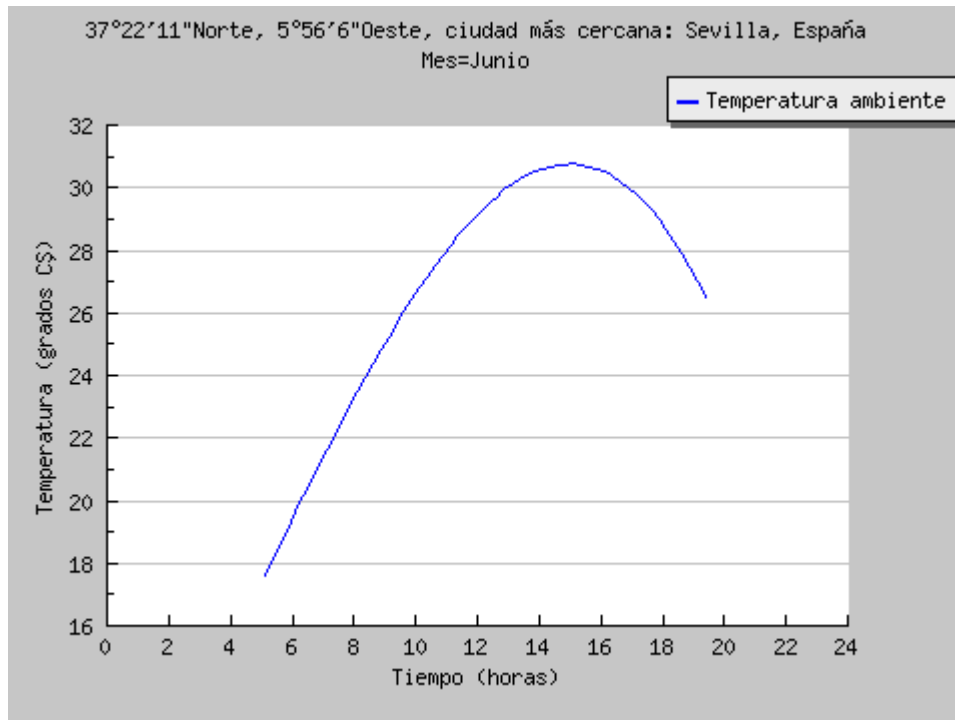


Tabla XV. Irradiancia durante un día de junio.

Esta tabla muestra la irradiancia global estimada cada 15 minutos durante un día típico en el mes elegido, considerando La inclinación y orientación del módulo FV. La sombra Elementos del terreno pueden afectar a los valores durante el día. El gráfico abajo muestra los mismos resultados.

Hora	Irradiancia global para cielo claro (W/m2)	Irradiancia global (W/m2)	Irradiancia directa (W/m2)	Irradiancia difusa (W/m2)	Irradiancia reflejada (W/m2)	Temperatura (grados C°)
4.88	15	28	0	27	0	17.6
5.12	24	43	0	43	1	18.1
5.38	32	59	0	58	1	18.6
5.62	40	73	0	72	1	19.1
5.88	47	87	0	86	1	19.6
6.12	77	111	22	86	3	20.1
6.38	125	151	47	101	3	20.6
6.62	178	194	76	114	4	21.1
6.88	233	238	107	127	4	21.6
7.12	291	283	140	139	5	22.1
7.38	349	328	173	150	5	22.6
7.62	408	372	208	159	5	23.0
7.88	466	415	242	168	6	23.5
8.12	523	457	276	175	6	23.9
8.38	579	498	309	182	7	24.4
8.62	633	536	342	187	7	24.8
8.88	684	572	373	192	7	25.2
9.12	732	606	403	195	8	25.6
9.38	778	638	431	198	8	26.0
9.62	820	667	458	201	8	26.4
9.88	858	693	482	202	9	26.8
10.12	893	716	504	204	9	27.2
10.38	924	737	523	204	9	27.5

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DE CÁLCULO

10.62	951	755	540	205	9	27.8
10.88	973	769	554	205	9	28.2
11.12	991	781	566	206	10	28.5
11.38	1005	790	575	206	10	28.7
11.62	1014	796	581	206	10	29.0
11.88	1018	799	584	206	10	29.3
12.12	1018	799	584	206	10	29.5
12.38	1014	796	581	206	10	29.7
12.62	1005	790	575	206	10	29.9
12.88	991	781	566	206	10	30.1
13.12	973	769	554	205	9	30.3
13.38	951	755	540	205	9	30.4
13.62	924	737	523	204	9	30.5
13.88	893	716	504	204	9	30.6
14.12	858	693	482	202	9	30.7
14.38	820	667	458	201	8	30.7
14.62	778	638	431	198	8	30.8
14.88	732	606	403	195	8	30.8
15.12	684	572	373	192	7	30.7
15.38	633	536	342	187	7	30.7
15.62	579	498	309	182	7	30.6
15.88	523	457	276	175	6	30.5
16.12	466	415	242	168	6	30.4
16.38	408	372	208	159	5	30.2
16.62	349	328	173	150	5	30.0
16.88	291	283	140	139	5	29.8
17.12	233	238	107	127	4	29.6
17.38	178	194	76	114	4	29.3
17.62	125	151	47	101	3	29.0
17.88	77	111	22	86	3	28.7
18.12	47	87	0	86	1	28.3
18.38	40	73	0	72	1	27.9
18.62	32	59	0	58	1	27.5
18.88	24	43	0	43	1	27.0
19.12	15	28	0	27	0	26.5

La media de la Irradiancia global (W/m^2) para el mes de Junio es de $454,9 W/m^2$ y la media de la Temperatura ($^{\circ}C$) es de $26,86^{\circ}C$

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

JULIO

Variación de la irradiancia diaria media para el lugar elegido

Inclinación de los módulos [0;90] grado
Orientación de los módulos [-180;180] (E:-90 S:0)
 grado

Calcular igualmente suponiendo un cielo despejado
 Mostrar la irradiancia para un seguidor solar de 2 ejes
 Mostrar temperaturas diurnas
 Muestre la gráfica del horizonte

Julio Elegir mes

Pulse para confirmar su elección

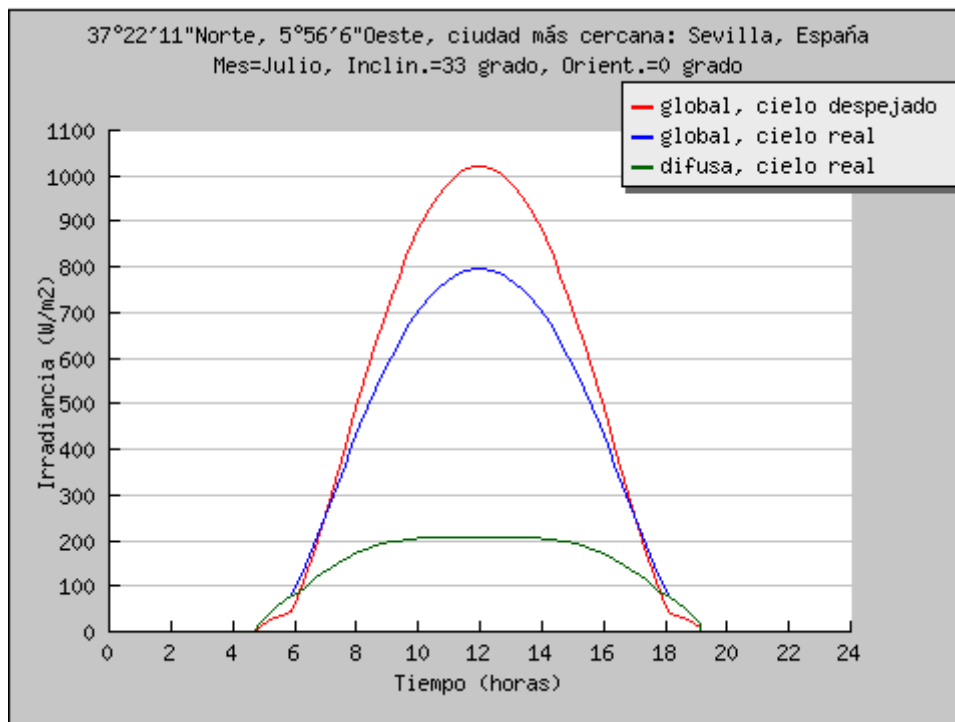


Tabla XVI. Variación irradiancia mes Julio.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DE CÁLCULO

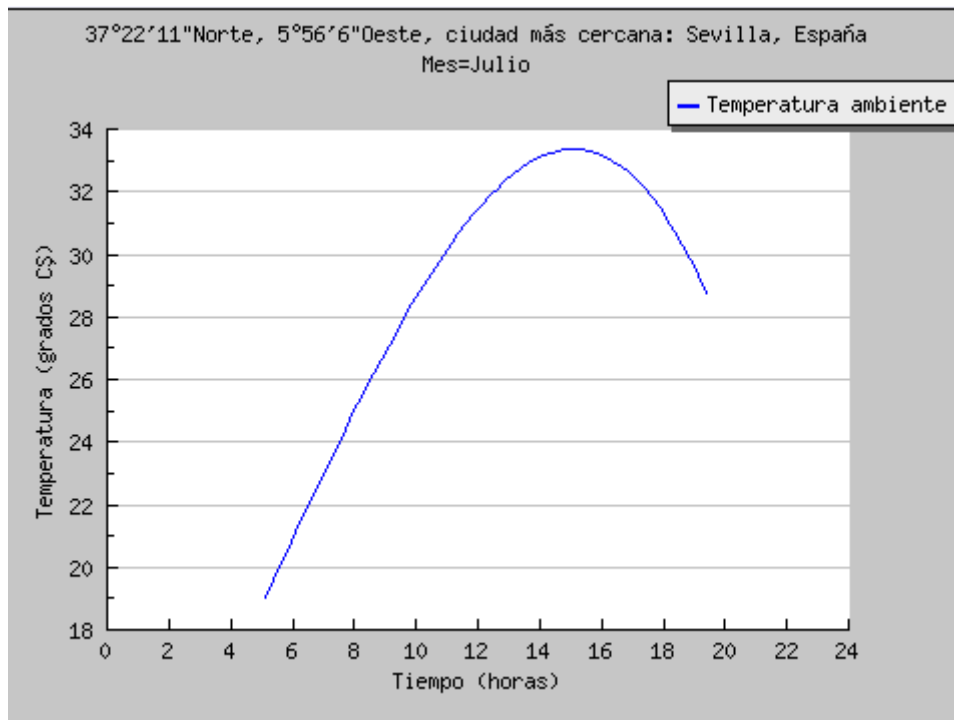


Tabla XVII. Irradiancia durante un día de Julio.

Esta tabla muestra la irradiancia global estimada cada 15 minutos durante un día típico en el mes elegido, considerando La inclinación y orientación del módulo FV. La sombra Elementos del terreno pueden afectar a los valores durante el día. El gráfico abajo muestra los mismos resultados.

Hora	Irradiancia global para cielo claro (W/m2)	Irradiancia global (W/m2)	Irradiancia directa (W/m2)	Irradiancia difusa (W/m2)	Irradiancia reflejada (W/m2)	Temperatura (grados C°)
4.88	11	20	0	19	0	19.0
5.12	20	36	0	36	0	19.6
5.38	29	52	0	51	1	20.1
5.62	37	67	0	66	1	20.6
5.88	45	81	0	80	1	21.1
6.12	74	105	20	83	2	21.7
6.38	121	145	44	98	3	22.2
6.62	174	188	73	112	3	22.7
6.88	229	232	103	126	4	23.2
7.12	287	277	135	138	4	23.7
7.38	346	322	169	149	5	24.2
7.62	405	367	202	159	5	24.7
7.88	464	410	237	168	6	25.2
8.12	521	452	271	176	6	25.7
8.38	578	493	304	183	7	26.2
8.62	632	532	336	188	7	26.6
8.88	684	568	368	193	7	27.1
9.12	733	602	398	197	8	27.5
9.38	779	634	426	200	8	28.0
9.62	822	663	452	203	8	28.4
9.88	861	689	476	204	8	28.8
10.12	896	713	498	206	9	29.2
10.38	927	733	518	207	9	29.6

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

10.62	954	751	535	208	9	30.0
10.88	977	766	549	208	9	30.3
11.12	995	778	561	208	9	30.7
11.38	1009	787	569	208	9	31.0
11.62	1018	793	575	208	10	31.3
11.88	1023	796	578	208	10	31.6
12.12	1023	796	578	208	10	31.9
12.38	1018	793	575	208	10	32.1
12.62	1009	787	569	208	9	32.3
12.88	995	778	561	208	9	32.5
13.12	977	766	549	208	9	32.7
13.38	954	751	535	208	9	32.9
13.62	927	733	518	207	9	33.0
13.88	896	713	498	206	9	33.2
14.12	861	689	476	204	8	33.2
14.38	822	663	452	203	8	33.3
14.62	779	634	426	200	8	33.3
14.88	733	602	398	197	8	33.4
15.12	684	568	368	193	7	33.3
15.38	632	532	336	188	7	33.3
15.62	578	493	304	183	7	33.2
15.88	521	452	271	176	6	33.1
16.12	464	410	237	168	6	33.0
16.38	405	367	202	159	5	32.8
16.62	346	322	169	149	5	32.6
16.88	287	277	135	138	4	32.4
17.12	229	232	103	126	4	32.1
17.38	174	188	73	112	3	31.8
17.62	121	145	44	98	3	31.5
17.88	74	105	20	83	2	31.1
18.12	45	81	0	80	1	30.7
18.38	37	67	0	66	1	30.3
18.62	29	52	0	51	1	29.8
18.88	20	36	0	36	0	29.3
19.12	11	20	0	19	0	28.8

La media de la Irradiancia global (W/m^2) para el mes de Julio es de $450 W/m^2$ y la media de la Temperatura ($^{\circ}C$) es de $29,5^{\circ}C$.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DE CÁLCULO

AGOSTO

Variación de la irradiancia diaria media para el lugar elegido

Inclinación de los módulos [0;90] grado
Orientación de los módulos [-180;180] (E:-90 S:0)
 grado

Calcular igualmente suponiendo un cielo despejado
 Mostrar la irradiancia para un seguidor solar de 2 ejes
 Mostrar temperaturas diurnas
 Muestre la gráfica del horizonte

Agosto Elegir mes

Pulse para confirmar su elección

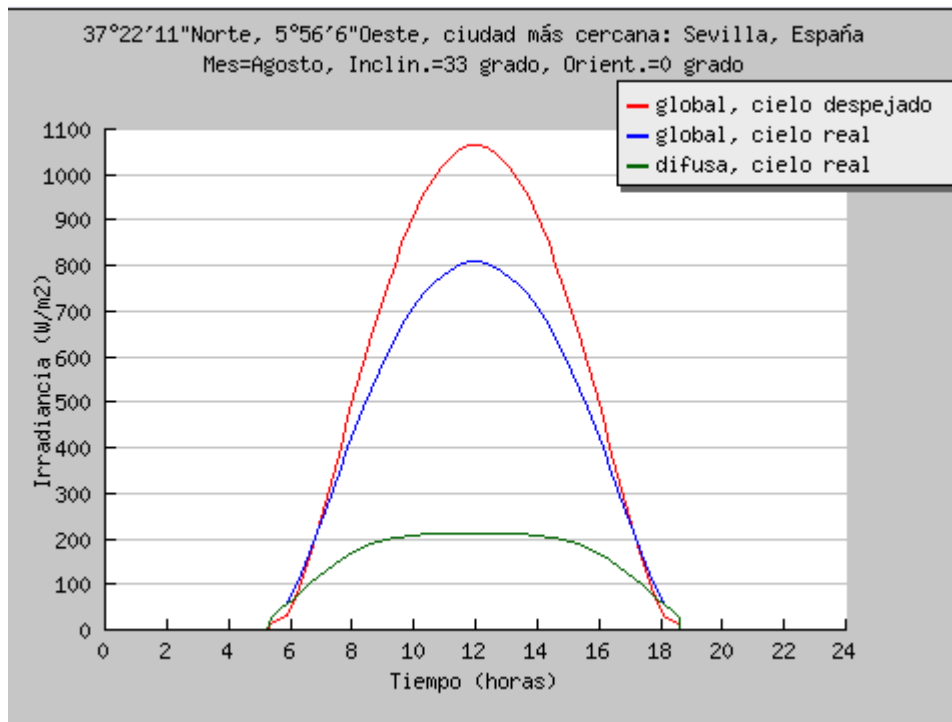


Tabla XVIII. Variación irradiancia mes Agosto.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

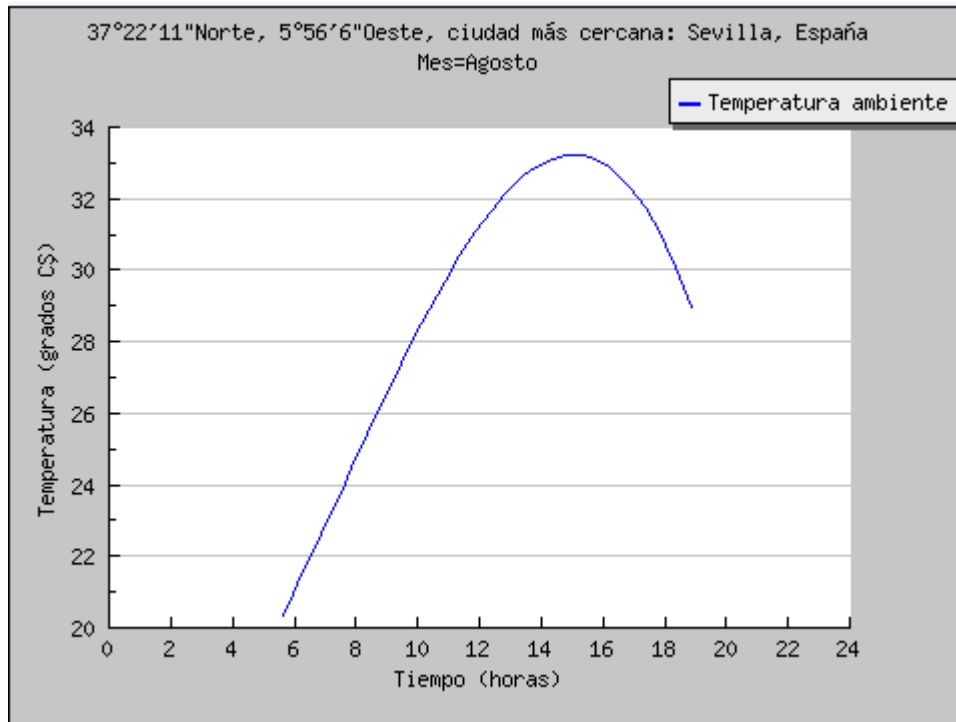


Tabla XIX. Irradiancia durante un día de Agosto.

Esta tabla muestra la irradiancia global estimada cada 15 minutos durante un día típico en el mes elegido, considerando La inclinación y orientación del módulo FV. La sombra Elementos del terreno pueden afectar a los valores durante el día. El gráfico abajo muestra los mismos resultados.

Hora	Irradiancia global para cielo claro (W/m2)	Irradiancia global (W/m2)	Irradiancia directa (W/m2)	Irradiancia difusa (W/m2)	Irradiancia reflejada (W/m2)	Temperatura (grados C°)
5.38	13	25	0	25	0	20.3
5.62	22	42	0	42	1	20.8
5.88	31	59	0	58	1	21.2
6.12	57	84	14	68	2	21.7
6.38	104	124	37	85	2	22.2
6.62	157	168	65	101	3	22.6
6.88	215	214	96	116	3	23.1
7.12	276	262	129	129	4	23.6
7.38	339	309	163	142	4	24.0
7.62	402	356	198	154	5	24.5
7.88	465	402	233	164	5	25.0
8.12	527	447	268	173	6	25.4
8.38	587	489	303	181	6	25.9
8.62	645	530	336	187	6	26.3
8.88	701	568	369	193	7	26.8
9.12	754	604	400	197	7	27.2
9.38	803	638	429	201	7	27.7
9.62	849	668	456	204	8	28.1
9.88	891	696	481	206	8	28.5
10.12	928	721	504	208	8	28.9
10.38	962	742	524	209	8	29.3
10.62	991	761	542	210	9	29.7
10.88	1015	777	557	211	9	30.1

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DE CÁLCULO

11.12	1034	789	569	211	9	30.4
11.38	1049	798	578	212	9	30.7
11.62	1059	805	584	212	9	31.1
11.88	1064	808	587	212	9	31.4
12.12	1064	808	587	212	9	31.7
12.38	1059	805	584	212	9	31.9
12.62	1049	798	578	212	9	32.2
12.88	1034	789	569	211	9	32.4
13.12	1015	777	557	211	9	32.6
13.38	991	761	542	210	9	32.7
13.62	962	742	524	209	8	32.9
13.88	928	721	504	208	8	33.0
14.12	891	696	481	206	8	33.1
14.38	849	668	456	204	8	33.2
14.62	803	638	429	201	7	33.2
14.88	754	604	400	197	7	33.2
15.12	701	568	369	193	7	33.2
15.38	645	530	336	187	6	33.1
15.62	587	489	303	181	6	33.0
15.88	527	447	268	173	6	32.9
16.12	465	402	233	164	5	32.8
16.38	402	356	198	154	5	32.6
16.62	339	309	163	142	4	32.3
16.88	276	262	129	129	4	32.0
17.12	215	214	96	116	3	31.7
17.38	157	168	65	101	3	31.4
17.62	104	124	37	85	2	31.0
17.88	57	84	14	68	2	30.5
18.12	31	59	0	58	1	30.1
18.38	22	42	0	42	1	29.5
18.62	13	25	0	25	0	29.0

La media de la Irradiancia global (W/m^2) para el mes de Agosto es de 477,26 W/m^2 y la media de la Temperatura ($^{\circ}C$) es de 29,14 $^{\circ}C$.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

SEPTIEMBRE

Variación de la irradiancia diaria media para el lugar elegido

Inclinación de los módulos [0;90] grado
Orientación de los módulos [-180;180] (E:-90 S:0)
 grado

Calcular igualmente suponiendo un cielo despejado
 Mostrar la irradiancia para un seguidor solar de 2 ejes
 Mostrar temperaturas diurnas
 Muestre la gráfica del horizonte

Septiembre ▾ Elegir mes

Pulse para confirmar su elección

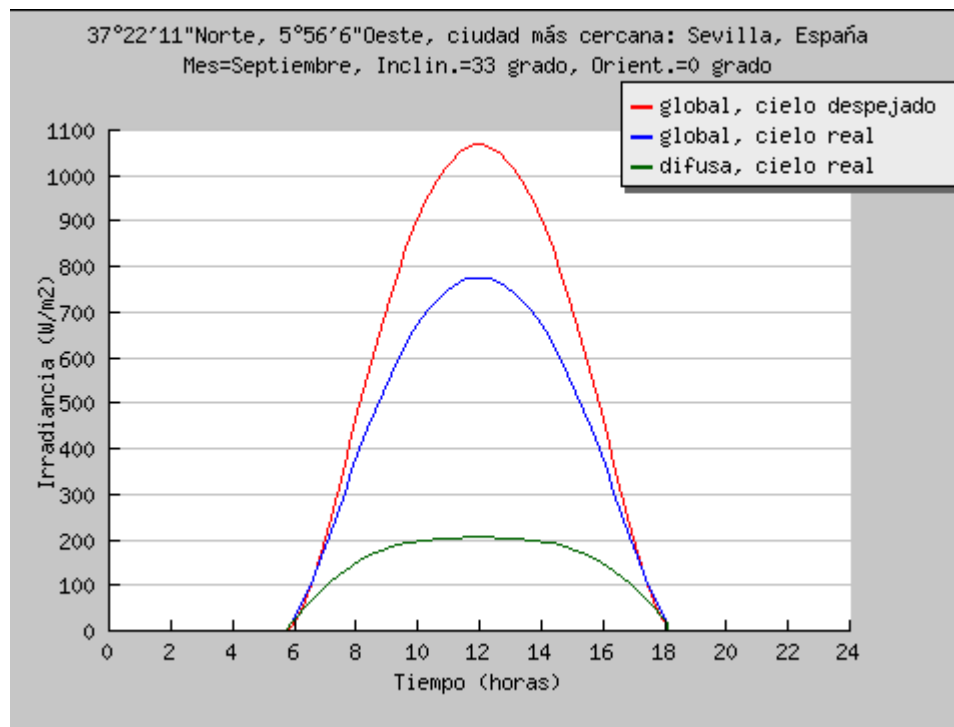


Tabla XX. Variación irradiancia Septiembre.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DE CÁLCULO

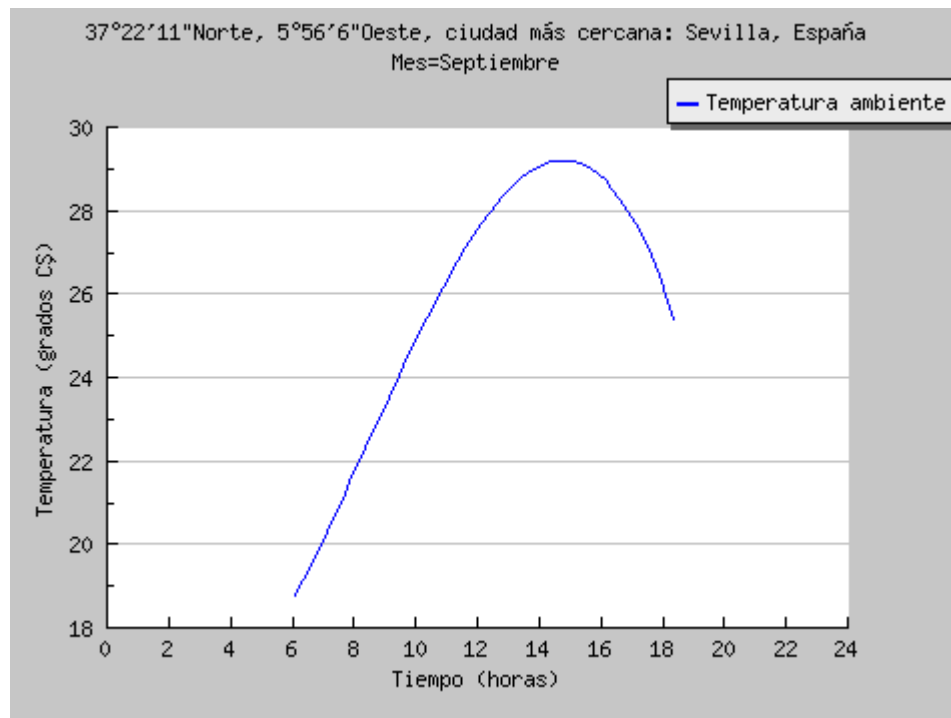


Tabla XXI. Irradiancia durante un día de Septiembre.

Esta tabla muestra la irradiancia global estimada cada 15 minutos durante un día típico en el mes elegido, considerando La inclinación y orientación del módulo FV. La sombra Elementos del terreno pueden afectar a los valores durante el día. El gráfico abajo muestra los mismos resultados.

Hora	Irradiancia global para cielo claro (W/m2)	Irradiancia global (W/m2)	Irradiancia directa (W/m2)	Irradiancia difusa (W/m2)	Irradiancia reflejada (W/m2)	Temperatura (grados C°)
5.88	11	18	0	18	0	18.8
6.12	26	38	5	33	1	19.1
6.38	67	75	20	54	1	19.5
6.62	116	116	43	72	1	19.9
6.88	173	161	71	88	2	20.3
7.12	235	209	103	104	2	20.7
7.38	300	257	136	118	3	21.1
7.62	366	305	171	131	3	21.5
7.88	432	352	206	143	4	21.9
8.12	497	398	241	153	4	22.3
8.38	561	443	276	162	5	22.7
8.62	623	485	310	170	5	23.1
8.88	682	525	342	177	5	23.5
9.12	737	563	374	183	6	23.9
9.38	790	598	403	188	6	24.3
9.62	838	630	431	192	6	24.7
9.88	883	659	456	195	7	25.1
10.12	923	685	480	198	7	25.4
10.38	958	708	500	200	7	25.8
10.62	989	727	518	202	7	26.1
10.88	1015	744	533	203	8	26.5
11.12	1036	757	545	204	8	26.8
11.38	1052	767	554	204	8	27.1

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

11.62	1062	773	561	205	8	27.4
11.88	1067	777	564	205	8	27.7
12.12	1067	777	564	205	8	27.9
12.38	1062	773	561	205	8	28.2
12.62	1052	767	554	204	8	28.4
12.88	1036	757	545	204	8	28.6
13.12	1015	744	533	203	8	28.7
13.38	989	727	518	202	7	28.9
13.62	958	708	500	200	7	29.0
13.88	923	685	480	198	7	29.1
14.12	883	659	456	195	7	29.2
14.38	838	630	431	192	6	29.2
14.62	790	598	403	188	6	29.2
14.88	737	563	374	183	6	29.2
15.12	682	525	342	177	5	29.1
15.38	623	485	310	170	5	29.0
15.62	561	443	276	162	5	28.9
15.88	497	398	241	153	4	28.7
16.12	432	352	206	143	4	28.5
16.38	366	305	171	131	3	28.3
16.62	300	257	136	118	3	28.0
16.88	235	209	103	104	2	27.7
17.12	173	161	71	88	2	27.3
17.38	116	116	43	72	1	26.9
17.62	67	75	20	54	1	26.5
17.88	26	38	5	33	1	26.0
18.12	11	18	0	18	0	25.4

La media de la Irradiancia global (W/m^2) para el mes de Septiembre es de 470,8 W/m^2 y la media de la Temperatura ($^{\circ}C$) es de 25,8 $^{\circ}C$.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DE CÁLCULO

OCTUBRE

Variación de la irradiancia diaria media para el lugar elegido

Inclinación de los módulos [0;90] grado
Orientación de los módulos [-180;180] (E:-90 S:0)
 grado

Calcular igualmente suponiendo un cielo despejado
 Mostrar la irradiancia para un seguidor solar de 2 ejes
 Mostrar temperaturas diurnas
 Muestre la gráfica del horizonte

Octubre Elegir mes

Pulse para confirmar su elección

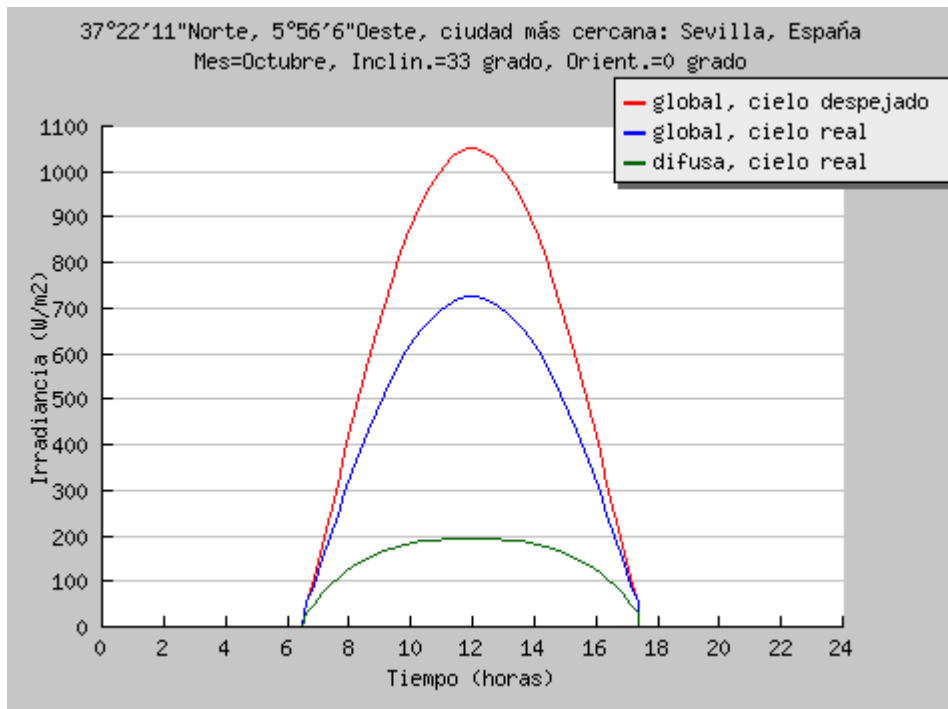


Tabla XXII. Variación irradiancia Octubre.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

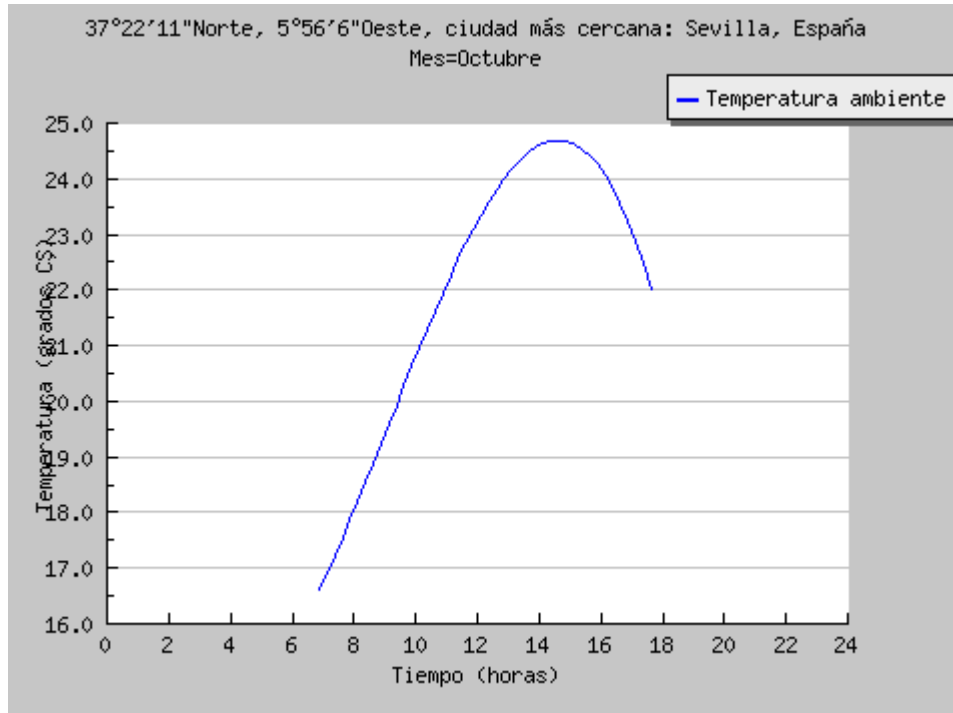


Tabla XXIII. Irradiancia durante un día de Octubre.

Esta tabla muestra la irradiancia global estimada cada 15 minutos durante un día típico en el mes elegido, considerando La inclinación y orientación del módulo FV. La sombra Elementos del terreno pueden afectar a los valores durante el día. El gráfico abajo muestra los mismos resultados.

Hora	Irradiancia global para cielo claro (W/m2)	Irradiancia global (W/m2)	Irradiancia directa (W/m2)	Irradiancia difusa (W/m2)	Irradiancia reflejada (W/m2)	Temperatura (grados C°)
6.62	53	52	20	32	0	16.6
6.88	106	94	43	50	1	16.9
7.12	176	149	73	75	1	17.2
7.38	244	198	105	91	2	17.5
7.62	314	247	140	106	2	17.9
7.88	384	296	174	119	3	18.2
8.12	452	342	209	131	3	18.5
8.38	520	387	243	141	3	18.9
8.62	584	430	276	150	4	19.2
8.88	646	471	308	159	4	19.6
9.12	705	509	339	166	5	19.9
9.38	760	544	368	172	5	20.3
9.62	810	576	394	177	5	20.6
9.88	857	605	419	181	5	21.0
10.12	899	632	442	184	6	21.3
10.38	936	655	461	187	6	21.6
10.62	968	674	479	190	6	21.9
10.88	995	691	493	191	6	22.3
11.12	1017	704	505	193	6	22.5
11.38	1033	714	514	194	6	22.8
11.62	1044	721	520	194	7	23.1
11.88	1050	724	523	195	7	23.4
12.12	1050	724	523	195	7	23.6

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DE CÁLCULO

12.38	1044	721	520	194	7	23.8
12.62	1033	714	514	194	6	24.0
12.88	1017	704	505	193	6	24.2
13.12	995	691	493	191	6	24.3
13.38	968	674	479	190	6	24.5
13.62	936	655	461	187	6	24.6
13.88	899	632	442	184	6	24.6
14.12	857	605	419	181	5	24.7
14.38	810	576	394	177	5	24.7
14.62	760	544	368	172	5	24.7
14.88	705	509	339	166	5	24.6
15.12	646	471	308	159	4	24.5
15.38	584	430	276	150	4	24.4
15.62	520	387	243	141	3	24.3
15.88	452	342	209	131	3	24.1
16.12	384	296	174	119	3	23.8
16.38	314	247	140	106	2	23.6
16.62	244	198	105	91	2	23.2
16.88	176	149	73	75	1	22.9
17.12	106	94	43	50	1	22.5
17.38	53	52	20	32	0	22.0

La media de la Irradiancia global (W/m^2) para el mes de Octubre es de 473,4 W/m^2 y la media de la Temperatura ($^{\circ}C$) es de 22,01 $^{\circ}C$.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

NOVIEMBRE

Variación de la irradiancia diaria media para el lugar elegido

Inclinación de los módulos [0;90] grado
Orientación de los módulos [-180;180] (E:-90 S:0)
 grado

Calcular igualmente suponiendo un cielo despejado
 Mostrar la irradiancia para un seguidor solar de 2 ejes
 Mostrar temperaturas diurnas
 Muestre la gráfica del horizonte

Elegir mes

Pulse para confirmar su elección

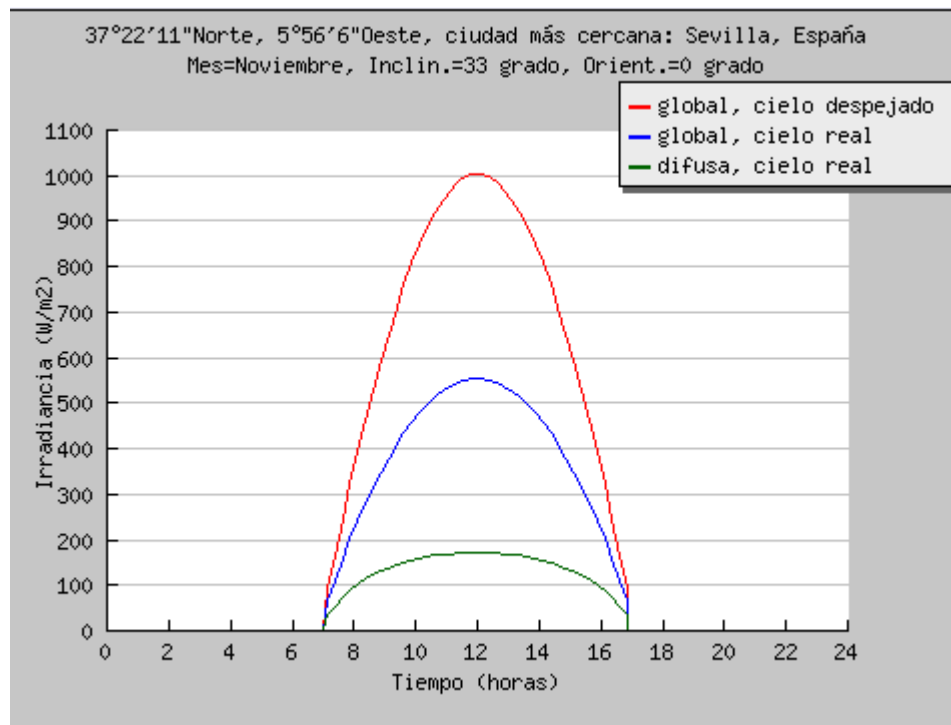


Tabla XXIV. Variación irradiancia Noviembre.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DE CÁLCULO

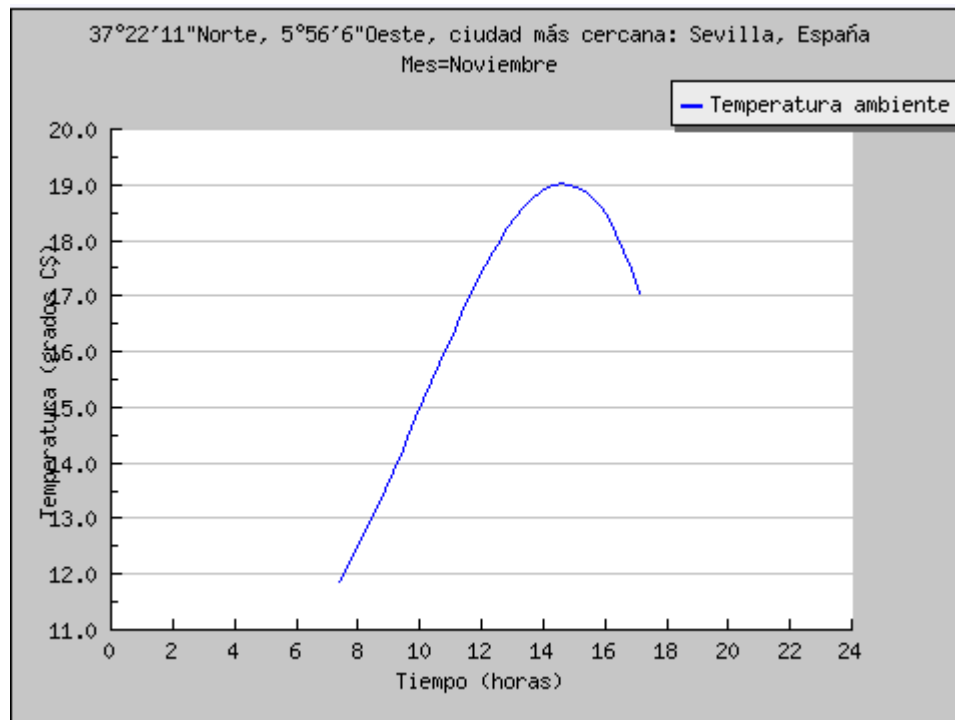


Tabla XXV. Irradiancia durante un día de Noviembre.

Esta tabla muestra la irradiancia global estimada cada 15 minutos durante un día típico en el mes elegido, considerando la inclinación y orientación del módulo FV. La sombra de los elementos del terreno pueden afectar a los valores durante el día. El gráfico abajo muestra los mismos resultados.

Hora	Irradiancia global para cielo claro (W/m2)	Irradiancia global (W/m2)	Irradiancia directa (W/m2)	Irradiancia difusa (W/m2)	Irradiancia reflejada (W/m2)	Temperatura (grados C°)
7.12	93	65	31	34	0	11.9
7.38	163	108	55	53	1	12.1
7.62	247	160	83	76	1	12.4
7.88	321	201	110	90	1	12.6
8.12	393	241	138	102	2	12.9
8.38	463	279	165	112	2	13.2
8.62	530	315	190	122	2	13.5
8.88	593	348	215	131	3	13.8
9.12	653	379	238	138	3	14.1
9.38	709	408	260	145	3	14.5
9.62	761	434	280	150	3	14.8
9.88	808	458	299	155	4	15.1
10.12	850	479	316	159	4	15.5
10.38	888	497	331	162	4	15.8
10.62	921	513	344	165	4	16.1
10.88	948	526	355	167	4	16.4
11.12	970	537	364	169	4	16.7
11.38	986	545	370	170	4	17.0
11.62	997	550	375	171	5	17.3
11.88	1003	553	377	171	5	17.5
12.12	1003	553	377	171	5	17.8
12.38	997	550	375	171	5	18.0
12.62	986	545	370	170	4	18.2

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

12.88	970	537	364	169	4	18.4
13.12	948	526	355	167	4	18.6
13.38	921	513	344	165	4	18.7
13.62	888	497	331	162	4	18.9
13.88	850	479	316	159	4	18.9
14.12	808	458	299	155	4	19.0
14.38	761	434	280	150	3	19.0
14.62	709	408	260	145	3	19.0
14.88	653	379	238	138	3	19.0
15.12	593	348	215	131	3	18.9
15.38	530	315	190	122	2	18.8
15.62	463	279	165	112	2	18.6
15.88	393	241	138	102	2	18.4
16.12	321	201	110	90	1	18.1
16.38	247	160	83	76	1	17.8
16.62	163	108	55	53	1	17.5
16.88	93	65	31	34	0	17.1

La media de la Irradiancia global (W/m^2) para el mes de Noviembre es de 379,8 W/m^2 y la media de la Temperatura ($^{\circ}C$) es de 16,55 $^{\circ}C$.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DE CÁLCULO

DICIEMBRE

Variación de la irradiancia diaria media para el lugar elegido

Inclinación de los módulos [0;90] grado
Orientación de los módulos [-180;180] (E:-90 S:0)
 grado

Calcular igualmente suponiendo un cielo despejado
 Mostrar la irradiancia para un seguidor solar de 2 ejes
 Mostrar temperaturas diurnas
 Muestre la gráfica del horizonte

Diciembre ▾ Elegir mes

Pulse para confirmar su elección

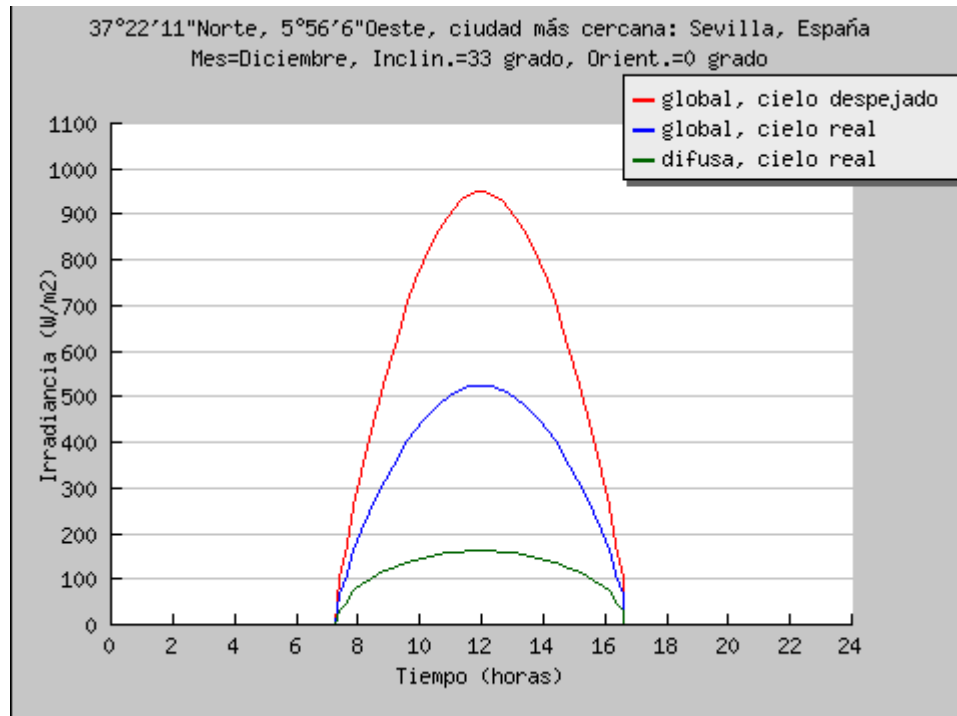


Tabla XXVI. Variación irradiancia mes Diciembre.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

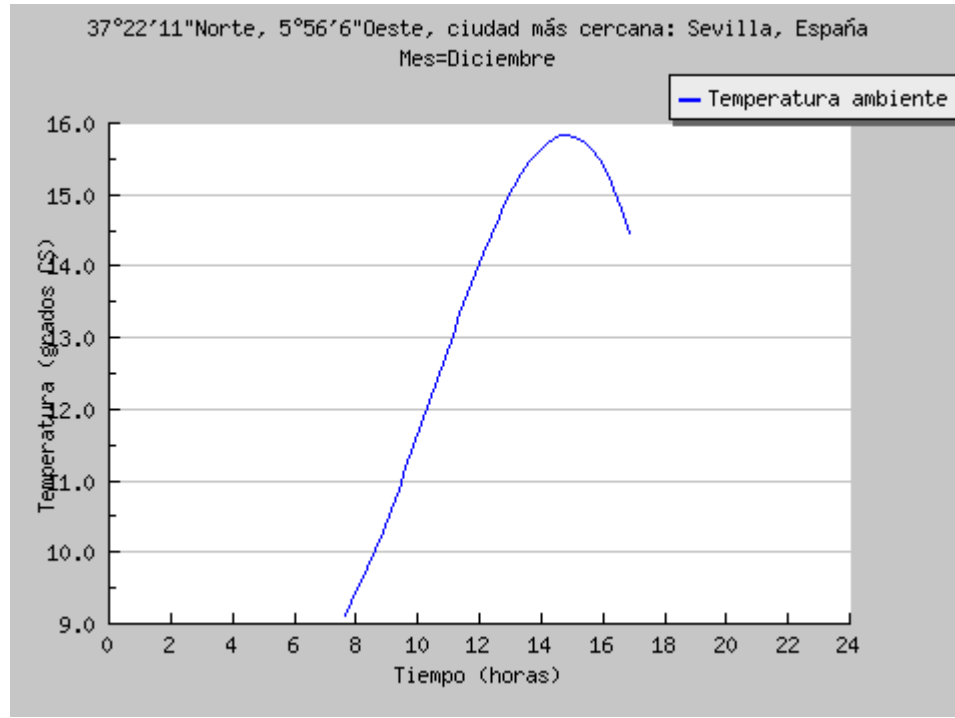


Tabla XXVII. Irradiancia durante un día de Diciembre.

Esta tabla muestra la irradiancia global estimada cada 15 minutos durante un día típico en el mes elegido, considerando La inclinación y orientación del módulo FV. La sombra Elementos del terreno pueden afectar a los valores durante el día. El gráfico abajo muestra los mismos resultados.

Hora	Irradiancia global para cielo claro (W/m2)	Irradiancia global (W/m2)	Irradiancia directa (W/m2)	Irradiancia difusa (W/m2)	Irradiancia reflejada (W/m2)	Temperatura (grados C°)
7.38	101	67	35	31	0	9.1
7.62	174	111	61	50	1	9.3
7.88	262	165	89	75	1	9.5
8.12	336	206	117	87	1	9.8
8.38	407	245	145	98	2	10.0
8.62	475	281	171	108	2	10.3
8.88	540	316	196	117	2	10.6
9.12	600	347	220	125	2	10.9
9.38	656	377	242	132	3	11.2
9.62	707	403	263	138	3	11.5
9.88	755	428	281	143	3	11.8
10.12	797	449	298	147	3	12.1
10.38	834	468	313	151	4	12.4
10.62	867	484	326	154	4	12.7
10.88	894	498	337	157	4	13.0
11.12	916	508	346	158	4	13.3
11.38	932	517	353	160	4	13.6
11.62	943	522	357	161	4	13.9
11.88	949	525	360	161	4	14.2
12.12	949	525	360	161	4	14.4
12.38	943	522	357	161	4	14.7
12.62	932	517	353	160	4	14.9
12.88	916	508	346	158	4	15.1

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DE CÁLCULO

13.12	894	498	337	157	4	15.3
13.38	867	484	326	154	4	15.5
13.62	834	468	313	151	4	15.6
13.88	797	449	298	147	3	15.7
14.12	755	428	281	143	3	15.8
14.38	707	403	263	138	3	15.8
14.62	656	377	242	132	3	15.8
14.88	600	347	220	125	2	15.8
15.12	540	316	196	117	2	15.7
15.38	475	281	171	108	2	15.6
15.62	407	245	145	98	2	15.5
15.88	336	206	117	87	1	15.3
16.12	262	165	89	75	1	15.1
16.38	174	111	61	50	1	14.8
16.62	101	67	35	31	0	14.5

La media de la Irradiancia global (W/m^2) para el mes de Diciembre es de 364.05 W/m^2 y la media de la Temperatura ($^{\circ}C$) es de 13,42 $^{\circ}C$.

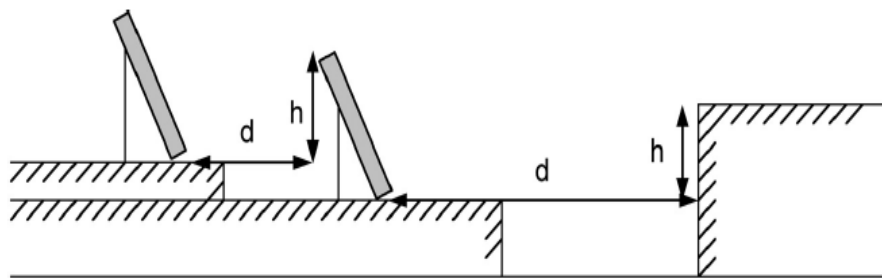
INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

1.2.2. Distancia mínima entre filas de módulos consecutivas

Para conseguir un buen funcionamiento de los módulos fotovoltaicos es necesario que su superficie quede libre de sombras. En este caso, ni la arquitectura del edificio ni sus alrededores producen sombras sobre los módulos, es la propia colocación de los módulos entre sus filas consecutivas la que influye. Para evitar estas sombras, se calculará la distancia mínima que debe de haber entre filas.

Existen diversas formas de calcular la distancia mínima óptima entre filas de paneles, pero usaré la propuesta del IDAE en su Pliego de Condiciones Técnicas para instalaciones conectadas a red.



Dibujo II. Distancia mínima entre filas de módulos.

La distancia d , medida sobre la horizontal, entre unas filas de módulos obstáculo, de altura h , que pueda producir sombras sobre la instalación deberá garantizar un mínimo de 4 horas de sol en torno al mediodía del solsticio de invierno. Esta distancia d será superior al valor obtenido por la expresión:

$$d = \frac{h}{\operatorname{tg}(61^\circ - \text{latitud})}$$

La distancia de separación entre filas de módulos depende del ángulo de inclinación de éstos, conforme más inclinado esté el panel, más distancia debe de haber entre filas.

Como se dijo anteriormente, el ángulo óptimo de inclinación para nuestros paneles es de 33° . Teniendo el ángulo de inclinación y la medida del panel de $0,994\text{m}$, procederemos a calcular la altura “ h ”:

$$h = \operatorname{sen}33^\circ * 0,994 \text{ m} = 0,54 \text{ m}$$

Una vez obtenida la altura, procederemos al cálculo de la distancia mínima entre filas:

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DE CÁLCULO

$$d = \frac{h}{\operatorname{tg}(61^\circ - \textit{latitud})} = \frac{0,54}{\operatorname{tg}(61^\circ - 37,37^\circ)} = 1,23 \text{ m}$$

Por tanto la distancia entre extremos inferiores de dos paneles consecutivos, es la suma de la distancia $d = 1 \text{ m}$ y la proyección que produce la longitud del panel sobre el plano horizontal (el suelo). Esta proyección se calcula $a = \cos 33^\circ * 0,994 = 0,83 \text{ m}$. Por tanto la distancia entre extremos es:

$$b = d + a = 1,23 \text{ m} + 0,83 \text{ m} = 2,06 \text{ m}.$$

1.2.3. Cálculo del número de paneles.

Se puede consultar las medidas del edificio en el plano nº3.

En este apartado calcularemos cuantos paneles utilizaremos en uno de nuestros subgeneradores. Para esto necesitaremos:

- Área del edificio a ocupar por los paneles solares. El área de la zona del edificio a ocupar será:
 $95,4 \times 23,4 = 2232,36 \text{ m}^2$
- La separación entre filas, una vez calculada la separación mínima que debe haber entre filas de paneles, se podrá calcular el número de éstas que se podrán colocar sobre el área útil de la azotea:

$$\textit{número_máx_de_filas_de_paneles} = \frac{23,4}{2,06} = 11,36 \text{ filas}$$

- Las dimensiones del panel solar. Conociendo el área máxima que puede ocupar los paneles solares y la dimensión de cada uno de ellos, se obtienen cuantos paneles podrán colocarse en serie.

Conocida la dimensión de un panel (1515 x 994 x 45 mm), el área máxima a ocupar (95,4 x 23,4 = 2232,36 m²), en cada fila podrán colocarse como máximo:

$$\textit{número_máx_de_paneles_en_serie} = \frac{95,4}{1,515} = 62,97 \text{ paneles}$$

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

Una vez obtenido el número máximo de filas de paneles consecutivas, como el número máximo de paneles en serie por fila, se calculará el número de paneles que compondrá nuestro generador fotovoltaico.

Se ha escogido 11 filas de paneles y 52 paneles en serie (se ha escogido esta configuración de 11 x 52 debido a la superficie de la cubierta) haciendo un total de 572 paneles. Teniendo en cuenta de que cada panel de Isofoton elegido tiene una potencia nominal de 205 W, la potencia máxima que dará nuestro generador será:

$$572 \text{ paneles} \times 205 \text{ W} = 117260 \text{ W} = 117,26 \text{ kW}$$

Como dijimos anteriormente, la cubierta está dividida entre 4 zonas iguales en orientación e inclinación, por lo que cada subgenerador estará compuesto por 143 paneles distribuidos en 13 paneles en serie y 11 filas de paneles, dando una potencia de 29,315 kW.

La conexión de los paneles cobra importancia ya que nos dará la información necesaria para poder escoger nuestro inversor.

Se puede consultar la disposición de paneles, en el plano n°6.

2) Características del campo solar

Teniendo en cuenta que tenemos 4 áreas iguales, con 572 módulos solares fotovoltaicos en total, puedo calcular la superficie total destinada la captación de la radiación solar, de acuerdo con las características constructivas de los módulos seleccionados:

Altura del módulo = 1515 mm

Ancho del módulo = 994 mm

Siendo S_p la superficie de captación de un módulo:

$$S_p = 1,515 \times 0,994 = 1,505 \text{ m}^2$$

Y siendo S_t la superficie total de captación de los módulos de toda la instalación, obtenemos una superficie total de:

$$S_t = 572 \times 1,505 = 860,86 \text{ m}^2$$

Todo esto se puede ver con detalle en el plano n°6

3) Elección del inversor.

Una de las decisiones más importantes que se deben de tomar a la hora de diseñar una planta solar es la elección correcta del inversor. Para la elección de un inversor que cumplan tanto las normas establecidas por el Pliego de Condiciones Técnicas del IDAE, como los requerimientos técnicos que imponen los paneles solares, se calcularán las tensiones y corrientes máximas y mínimas que podrán tenerse a la salida de cada subgenerador teniendo en cuenta tanto el funcionamiento normal de los paneles solares a la hora de entregar la máxima potencia como el funcionamiento de los paneles solares cuando están sometidos a condiciones de temperaturas distintas de las establecidas en las condiciones estándar de medida.

3.1. Tensión y corriente en el punto de máxima potencia.

Uno de los puntos a considerar a la hora de la elección del inversor será que esté equipado con un dispositivo electrónico de seguimiento del punto de máxima potencia de los paneles para así obtener la máxima eficiencia energética del subgenerador, por lo tanto se considerará que en condiciones normales de funcionamiento, se entregará la máxima potencia a una tensión dada en las hojas de características.

La tensión normal de funcionamiento o tensión de máxima potencia del subgenerador fotovoltaico conociendo la disposición de los paneles en serie y en paralelo a la cual deberá funcionar el inversor en condiciones normales, vendrá dada al multiplicar la tensión de punto de máxima potencia (V_{mmp}) de cada panel por el número de paneles en serie en cada ramal del subgenerador:

$$V_{mmp}TOTAL = V_{mmp} * N_s = 26,5 * 13 = 344,5 V$$

Y la corriente que suministra el generador fotovoltaico cuando proporciona la máxima potencia vendrá dada al multiplicar la corriente de punto de máxima potencia (I_{mmp}) por el número de ramales del subgenerador:

$$I_{mmp}TOTAL = I_{mmp} * N_p = 7,73 * 11 = 85,03 A$$

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

3.2. Corrección de tensión y corriente debida a la temperatura.

En la cubierta del edificio se tomará un rango de temperaturas ambiente entre -5°C en invierno y 45°C en verano (rango de temperaturas típicas en España), con estas temperaturas la temperatura de la célula será distinta de 25°C , valor considerado como condición estándar de medida y para el cual se muestran los parámetros fundamentales de los paneles solares.

La temperatura de trabajo que alcanzan las células de los paneles fotovoltaicos puede aproximarse mediante la expresión:

$$T_p = T_a + \left(\frac{T_{ONC} - 20}{800} \right) * I$$

Donde:

- T_p es la temperatura que alcanza la célula a una temperatura ambiente determinada.
- T_a es la temperatura ambiente del lugar donde están instalados los paneles solares
- T_{ONC} es la temperatura nominal de la célula, definida como la temperatura que alcanzan las células solares cuando se somete al módulo a una irradiancia de 800 W/m^2 con distribución espectral AM de 1,5 G, la temperatura ambiente es de 20°C y la velocidad del viento es de 1m/s (en nuestro caso esta temperatura obtiene el valor de 47°C)
- I es la irradiancia media dependiendo del período que se encuentre (en invierno $I = 100 \text{ W/m}^2$ y en verano $I = 1000 \text{ W/m}^2$)

Para conocer la tensión a circuito abierto que se medirá a la salida de cada panel cuando están trabajando bajo estas condiciones de temperatura de célula diferente a 25°C , se aplicará el coeficiente de temperatura para la tensión de circuito abierto (V_{OC}) proporcionado por el fabricante sobre la siguiente ecuación:

$$V_{OC(X^{\circ}\text{C})} = V_{OC(25^{\circ}\text{C})} + \Delta T * \Delta V_{OC(T)}$$

Donde:

- $V_{OC(X^{\circ}\text{C})}$ es la tensión a circuito abierto del panel a una temperatura X.
- $V_{OC(25^{\circ}\text{C})}$ es la tensión a circuito abierto del panel en condiciones estándar de medida (en nuestro caso $V_{OC(25^{\circ}\text{C})} = 33,2 \text{ V}$).
- ΔT es la variación de temperatura de trabajo del panel y las condiciones estándar de temperaturas.
- $\Delta V_{OC(T)}$ es el coeficiente de temperatura de la tensión de circuito abierto del panel (en nuestro caso $\Delta V_{OC(T)} = -0,107 \text{ V/}^{\circ}\text{C}$).

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DE CÁLCULO

La corriente de cortocircuito que se producirá a la salida de cada panel cuando están trabajando bajo estas condiciones de temperatura de célula diferente a 25°C, se aplicará el coeficiente de temperatura para la corriente de cortocircuito (I_{SC}) proporcionado por el fabricante sobre la siguiente ecuación:

$$I_{SC(X^{\circ}C)} = I_{SC(25^{\circ}C)} + \Delta T * \Delta I_{SC(T)}$$

Donde:

- $I_{SC(X^{\circ}C)}$ es la corriente de cortocircuito del panel a una temperatura X.
- $I_{SC(25^{\circ}C)}$ es la corriente de cortocircuito del panel en condiciones estándar de medida (en nuestro caso $I_{SC(25^{\circ}C)} = 8,33 A$).
- ΔT es la variación de temperatura de trabajo del panel y las condiciones estándar de temperaturas.
- $\Delta I_{SC(T)}$ es el coeficiente de temperatura de la corriente de cortocircuito del panel (en nuestro caso $\Delta I_{SC(T)} = 3,5 \text{ mA}/^{\circ}C$).

Para el período de invierno:

- I. Para una temperatura ambiente de -5°C, la temperatura de las células de todos los paneles será de:

$$T_p = T_a + \left(\frac{T_{ONC} - 20}{800} \right) * I = -5 + \left(\frac{47 - 20}{800} \right) * 100 = -1,625^{\circ}C$$

- II. Tensión a circuito abierto y corriente de cortocircuito del panel:

$$\begin{aligned} V_{OC(-1,625^{\circ}C)} &= V_{OC(25^{\circ}C)} + \Delta T * \Delta V_{OC(T)} = 33,2 + (-1,625 - 25) * (-0,107) \\ &= 36,04 V \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{SC(-1,625^{\circ}C)} &= I_{SC(25^{\circ}C)} + \Delta T * \Delta I_{SC(T)} = 8,33 + (-1,625 - 20) * (0,00349) \\ &= 8,25 A \end{aligned}$$

Ahora multiplicando el número de paneles en serie por ramal del subgenerador por la tensión a circuito abierto de cada panel para una temperatura ambiente de -5°C, se obtiene la tensión a circuito abierto del subgenerador fotovoltaico durante el invierno y multiplicando el número de filas de paneles en paralelo por la corriente de cortocircuito de cada panel para una temperatura ambiente de -5°C, se obtiene la corriente de cortocircuito del subgenerador fotovoltaico:

$$V_{OC(-1,625^{\circ}C)} = V_{OC(25^{\circ}C)} * N_s = 36,04 * 13 = 468,52 V$$

$$I_{SC(-1,625^{\circ}C)} = I_{SC(25^{\circ}C)} * N_p = 8,25 * 11 = 90,75 A$$

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

Para el período de verano:

- I. Para una temperatura ambiente de 45°C, la temperatura de las células de todos los paneles será de:

$$T_p = T_a + \left(\frac{T_{ONC} - 20}{800} \right) * I = 45 + \left(\frac{47 - 20}{800} \right) * 1000 = 78,75^\circ C$$

- II. Tensión a circuito abierto y corriente de cortocircuito del panel:

$$V_{OC(78,75^\circ C)} = V_{OC(25^\circ C)} + \Delta T * \Delta V_{OC(T)} = 33,2 + (78,75 - 25) * (-0,107) = 27,45 V$$

$$I_{SC(78,75^\circ C)} = I_{SC(25^\circ C)} + \Delta T * \Delta I_{SC(T)} = 8,33 + (78,75 - 20) * (0,00349) = 8,53 A$$

Ahora multiplicando el número de paneles en serie por ramal del subgenerador por la tensión a circuito abierto de cada panel para una temperatura ambiente de 45°C, se obtiene la tensión a circuito abierto del subgenerador fotovoltaico durante el invierno y multiplicando el número de filas de paneles en paralelo por la corriente de cortocircuito de cada panel para una temperatura ambiente de 45°C, se obtiene la corriente de cortocircuito del subgenerador fotovoltaico:

$$V_{OC(78,75^\circ C)} = V_{OC(25^\circ C)} * N_s = 27,45 * 13 = 356,85 V$$

$$I_{SC(78,75^\circ C)} = I_{SC(25^\circ C)} * N_p = 8,53 * 11 = 93,83 A$$

Por último deberán tenerse en cuenta los valores de tensión de máxima potencia que se alcanzarán en la instalación ya que éstos variarán al igual que los valores de tensión de circuito abierto y corriente de cortocircuito según varíe la temperatura ambiente.

Para obtener el coeficiente para la variación de tensión de máxima potencia respecto a la temperatura se utilizará la igualdad $V_{mmp} \approx 0,76 * V_{OC}(T)$ ya que la variación también lo cumplirá y por tanto $\Delta V_{mmp} \approx 0,76 * \Delta V_{OC}(T)$:

$$\Delta V_{mmp} \approx 0,76 * (-0,107) = -0,0813 V/^\circ C$$

Las tensiones que cada uno de los paneles solares alcanzará en el punto de máxima potencia cuando se encuentre a una temperatura ambiente de -5°C (temperatura de célula fotovoltaica -1,625°C) y de 45°C (temperatura de la célula fotovoltaica 78,75°C) serán:

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DE CÁLCULO

$$V_{mmp(78,75^{\circ}C)TOTAL} = V_{mmp(78,75^{\circ}C)} + \Delta T * \Delta V_{mmp}$$

$$= 26,5 + (78,75 - 25) * (-0,0813) = 22,13 V$$

$$V_{mmp(-1,625^{\circ}C)TOTAL} = V_{mmp(-1,625^{\circ}C)} + \Delta T * \Delta V_{mmp}$$

$$= 26,5 + (-1,625 - 25) * (-0,0813) = 28,66 V$$

Por tanto el rango de tensiones del punto de máxima potencia que deberá ser soportado por el inversor será calculado multiplicando los valores de tensión de máxima potencia de cada módulo solar obtenidos para las diferentes condiciones por el número de paneles conectados en serie en cada uno de los ramales, obteniéndose así la tensión máxima que proporcionará el subgenerador fotovoltaico en condiciones de máxima potencia:

$$V_{mmp(78,75^{\circ}C)TOTAL} = V_{mmp(78,75^{\circ}C)} * N_s = 22,13 * 13 = 287,69 V$$

$$V_{mmp(-1,625^{\circ}C)TOTAL} = V_{mmp(-1,625^{\circ}C)} * N_s = 28,66 * 13 = 372,58 V$$

NOTA: Los cálculos realizados serán los mismos para cada una de las zonas en las que se dividió la cubierta.

3.3. Inversor elegido

Para la elección del inversor a instalar para la conversión de potencia continua a potencia alterna del subgenerador solar fotovoltaico y posterior inyección a la red eléctrica, se deberán considerarse los siguientes valores de interés:

	Tensión de máxima potencia	Tensión a circuito abierto	Corriente de cortocircuito
Invierno (-5°C)	$V_{mmp(-1,625^{\circ}C)}$ = 372,58	$V_{OC(-1,625^{\circ}C)}$ = 468,52 V	$I_{SC(-1,625^{\circ}C)}$ = 90,75 A
Verano (45°C)	$V_{mmp(78,75^{\circ}C)}$ = 287,69 V	$V_{OC(78,75^{\circ}C)}$ = 356,85 V	$I_{SC(-78,75^{\circ}C)}$ = 93,83 A

Tabla XXVIII. Datos elección inversor.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

Teniendo en cuenta los valores anteriores, el inversor elegido (habrá un inversor por cada subgenerador) es el modelo Fronius CL 36.0, cuyos datos técnicos son:

Tensión circuito abierto	600 V
Corriente de entrada máxima	167,8 A
Rango de entrada (MPP)	230 – 500 V
Potencia nominal	36000 W
Tensión salida	400 / 230 V
Factor de potencia (cos phi)	0,85 – 1 inductivo/capacitivo
Frecuencia de red	50 Hz
Factor de distorsión	< 3%
Eficiencia máxima	95,9 %
Eficiencia en Europa	95,3 %
Consumo nocturno	11,4 W
Temperatura ambiente	-20 a +50 °C
Disipación del calor	Refrigeración por aire regulada
Modelo protección	IP20
Conmutación	Transformador alta frecuencia, trifásica
Seccionador de potencia CC	Integrado /a
Control de red	ENS según VDE 0126
Visualización	Pantalla de matriz iluminada
Tipo de conexión	Abrazaderas de placa de circuitos impresos
Carcasa	Aluminio
Dimensiones (a/a/p)	1105 mm / 1830 mm/ 722 mm
Peso	248 kg
Garantía	5 años ampliable a 10 /20 años
Normas	CE, ISO 9001, EN 50178, EN 61000-6-3, EN 61000-6-2, EN 61000-3-11, EN 61000-3-12, EN 61000-3-2, G59/2

Tabla XXIX. Datos técnicos inversor.

Colocaremos 1 inversor por zona, haciendo un total de 4 inversores. Cada inversor pesa 248 kg haciendo un total de 992 kg. Como es mucho peso para la cubierta, se ha optado por colocarlos en el suelo junto a fachada.

Para la elección del inversor hemos tenido en cuenta varios puntos:

- El rango de tensiones en que el inversor puede trabajar oscila entre 230-500 V, por tanto trabajará perfectamente bajo cualquiera de las condiciones en las que se encuentre los paneles fotovoltaicos ya que cuando los paneles estén entregando la máxima potencia, la tensión total que producirán en dicho punto de máxima potencia oscilará entre $V_{mmp(-1,625^{\circ}C)} = 372,58 V$ y $V_{mmp(78,75^{\circ}C)} = 287,69 V$ que está dentro del rango de tensiones. Además si los paneles están trabajando en condiciones invernales, como máximo suministrarán una tensión de circuito abierto $V_{OC(-1,625^{\circ}C)} = 468,52 V$, que

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DE CÁLCULO

también se encuentra dentro del rango de tensiones de funcionamiento del inversor. Por otro lado, cuando los paneles estén trabajando en condiciones de máximas temperaturas, la tensión máxima de circuito abierto será $V_{OC(-78,75^{\circ}C)} = 356,85 V$ que está dentro del rango de tensiones.

- La corriente máxima de entrada al inversor es de 167,8 A, éste valor es superior a la corriente máxima proporcionada por los paneles solares de $I_{SC(78,75^{\circ}C)} = 93,83 A$ que será producida en condiciones de cortocircuito a una temperatura de 45 °C.



Dibujo III. Inversor elegido

El propio inversor contiene un transformador, por lo que no haría falta incluirlo. Después los 4 inversores pertenecientes a las 4 zonas irán conectados a una caja de conexión, de ahí a un Interruptor General y a su vez a un Contador de Salida trifásico de 4 hilos ZMQ202C.2r8f6.

4) Calculo de sombras

Se ha de cuidar la incidencia de posibles sombras en el emplazamiento elegido, ya sea por elementos colindantes o por la colocación de los módulos solares en filas consecutivas.

Se considerarán valores característicos del viendo de la zona para el cálculo del anclaje de los módulos.

4.1. Cálculo de las pérdidas de radiación solar por sombras

En nuestro caso por la ubicación del campo solar, no existen obstáculos que puedan producir sombras sobre los módulos.

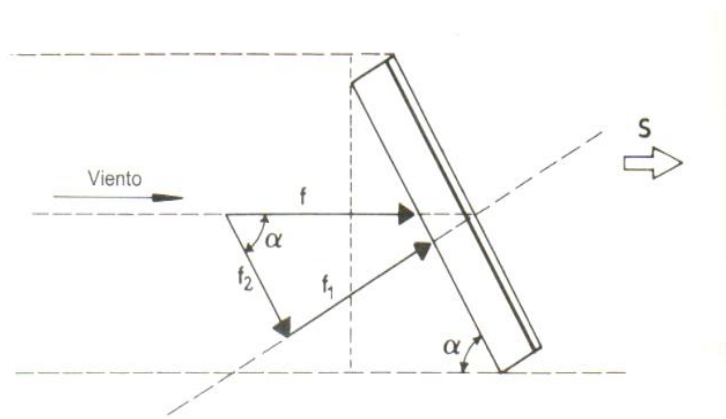
INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DE CÁLCULO

5) Fuerza del viento

Según el PCT de SODEAN (Sociedad para el desarrollo de Andalucía) recomienda que los anclajes de las estructuras deberán ser calculados para soportar los efectos del viento máximo esperado en la zona sobre los paneles y en cualquier caso la estructura se calculará para soportar vientos no menores de 150 km/h.

Se hace para esta velocidad del viento ya que excede la máxima en la zona y es superior a la indicada por norma NBE AE 88 “Acciones en la edificación”.

Como las estructuras están orientadas al Sur, el viento más peligroso será el que viene del Norte.



Dibujo IV. Cálculo fuerza del viento.

Donde:

- f = Fuerza del viento
- f_1 = Componente normal a la superficie del módulo solar
- f_2 = Componente tangencial a la superficie del módulo solar.

A continuación hago la conversión de unidades:

$$150 \frac{\text{km}}{\text{h}} \times 1000 \frac{\text{m}}{\text{km}} \times \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 41,67 \text{ m/s}$$

La presión dinámica del viento según NBE se calcula según:

$$W = \frac{v^2}{16}$$

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

Donde:

- v = velocidad del viento en m/s
- w = presión dinámica del viento en kg/m^2

$$W = \frac{(41,67)^2}{16} \rightarrow W = 108,52 \text{ kg/m}^2$$

Ahora los pasamos a N/m^2 , para ello multiplicamos lo anterior por g:

$$PV = 108,52 * 9,81 = 1064,6 \text{ N/m}^2$$

La fuerza ejercida perpendicularmente en la superficie del módulo (f_1), en newtons es:

$$f_1 = PV * S * \text{sen}^2\beta$$

Donde:

- f_1 = fuerza ejercida perpendicularmente a la superficie del módulo [N]
- PV = presión del viento [N/m^2]
- S = superficie de dos módulos [m^2]
- β = ángulo inclinación del módulo solar fotovoltaico respecto del plano horizontal

$$f_1 = 1064,6 * (1,317 * 2) * \text{sen}^2 33^\circ \rightarrow f_1 = 831,8 \text{ N}$$

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DE CÁLCULO

6) Anclaje de la estructura soporte

Para el montaje de la estructura soporte, se ha optado por el modelo Xaloc de la empresa Anusol, o similar.

La estructura es metálica y galvanizada, cumpliendo la normativa UNE 37-501 y UNE 37-508. Todas sus uniones está soldadas por lo que no se utiliza ningún tipo de tornillería que permita su desmontaje.

Se trata de fabricación propia, disponen de su propio taller de carpintería metálica, realizando y diseñando todas las estructuras.



Dibujo V. Soporte metálico.

Todos los detalles de la estructura soporte en el plano nº5.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

7) Peso de la instalación

El campo fotovoltaico está dispuesto sobre la cubierta del edificio, que posee una pendiente mínima para la evacuación de aguas ($\approx 2\%$).

Deberá soportar la carga del campo solar, que será un peso uniforme repartido sobre la superficie de la cubierta.

Según la norma NBE AE 88, no se debe sobrepasar una carga límite de 300 kg/m^2 , para no dañar en ningún momento la estructura del edificio. Por lo tanto, deberemos realizar el cálculo para ver si nuestra instalación supera dichos límites.

Los datos son los siguientes:

- Peso del módulo solar fotovoltaico : 17,1 kg
- Peso del soporte metálico (por módulo) : 100 kg

Como se comentó anteriormente, la superficie de la que dispongo está toda al mismo nivel y que yo he dividido en 4 áreas iguales dimensiones y con la misma orientación, por lo tanto estudiaré una de estas áreas:

❖ PESO POR ÁREA

$$143 \text{ módulos} \times 17,1 \text{ kg} = 2445,3 \text{ kg}$$

$$143 \text{ estructuras} \times 100 \text{ kg} = 14300 \text{ kg}$$

$$\text{Peso total por área} = 2445,3 + 14300 = 16745,3 \text{ kg}$$

Para ver si existe riesgo de afectación de la estructura del edificio, según la norma NBE AE 88, se debe de cumplir lo siguiente:

$$\frac{\text{Peso total}}{\text{Superficie}} \leq 300 \text{ kg/m}^2$$

Para nuestra área:

$$\frac{\text{Peso total}}{\text{Superficie}} \leq 300 \text{ kg/m}^2 \rightarrow \frac{16745,3}{558,09} = 30 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \leq 300 \text{ kg/m}^2$$

El peso del inversor no se considera ya que éstos no van en la cubierta, sino en el suelo junto a la fachada.

8) Cálculo de la red de baja tensión

8.1. Introducción

Para dimensionar correctamente los cables que se utiliza en una instalación solar fotovoltaica, hay que tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Selección del tipo de cable adecuado, según el tramo de la instalación.
- Selección del sistema de instalación de los cables.
- Cálculo de la sección. Para calcular la sección de los conductores, básicamente se elige el valor comercialmente disponible que cumpla los siguientes requisitos:
 - ✓ Caída de tensión: no deben superar los límites establecidos para las caídas de tensión máximas asignadas a cada tramos de la instalación.
 - ✓ Criterio térmico: la sección elegida debe permitir el paso de la corriente del circuito sin que se deteriore el aislamiento por la temperatura alcanzada.

Se tendrá en cuenta el apartado 5.5.2. del pliego de condiciones técnicas de instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red del IDAE que dice:

Los conductores serán de cobre y tendrán la sección adecuada para evitar caídas de tensión y calentamientos. Concretamente, para cualquier condición de trabajo, los conductores deberán tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior del 1,5 %.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

8.1.1. Dimensionado por caída de tensión.

Para el cálculo eléctrico de secciones usando el método de caída de tensión, se aplicarán las siguientes premisas de partida:

REBT, ITC-BT-40: en el punto 5 indica: “Los cables de conexión deberán estar dimensionados para una intensidad no inferior al 125% de la máxima intensidad del generador y la caída de tensión entre el generador y el punto de interconexión a la Red de Distribución Pública o instalación anterior, no superará el 1.5% para intensidad nominal”.

Fórmulas a emplear (se pueden encontrar en el Anexo 2 del REBT):

- Líneas de corriente alterna monofásica y de corriente continua:

$$s = \frac{2 L P_c}{U \sigma e}$$

s	Sección del conductor [mm ²]
L	Longitud del conductor [m]
P _c	Potencia de cálculo [W]
U	Tensión generada por los paneles FV [V]
σ	Conductividad del cobre [Ω ⁻¹ m ⁻¹]
e	Caída de tensión máxima en el tramo [V]

- Líneas de corriente trifásica:

$$s = \frac{L P_c}{U \sigma e}$$

s	Sección del conductor [mm ²]
L	Longitud del conductor [m]
P _c	Potencia de cálculo [W]
U	Tensión generada por los paneles FV [V]
σ	Conductividad del cobre [Ω ⁻¹ m ⁻¹]
e	Caída de tensión máxima en el tramo [V]

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DE CÁLCULO

8.1.2. Dimensionado por criterio térmico o intensidad admisible

Cada sección de conductor admite un valor máximo admisible de corriente, que no hay que superar. Según el REBT, en la instrucción ITC-BT-40, se establece que la intensidad a considerar para el cálculo debe de ser, al menos:

$$I_c = 1.25 * I_n$$

Siendo I_n la máxima intensidad de cortocircuito del generador en condiciones estándar.

Fórmulas a emplear (se pueden encontrar en el Anexo 2 del REBT):

- Líneas de corriente alterna monofásica o corriente continua:

$$I = \frac{P}{U \cos \phi}$$

I	Intensidad de corriente de línea [A]
P	Potencia activa [W]
U	Tensión [fase-neutro para monofásica) [V]

- Líneas de corriente trifásica:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}U \cos \phi}$$

I	Intensidad de corriente de línea [A]
P	Potencia activa [W]
U	Tensión [fase-neutro para monofásica) [V]

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

8.2. Red de baja tensión

Potencia pico panel	205 W _p
I _{MP}	7.73 A
U _{MP}	26.5 V
I _{SC}	8.33 A
Nº paneles en serie	13
Nª paneles en paralelo	11

Tabla XXXIII. Características panel ISOFOTÓN

NOTA: Según el catálogo de cables escogido de la compañía Prysmia, nos dice que la conductividad del cobre valdrá $56 \text{ (m}/\Omega) \cdot \text{mm}^2$ para $20 \text{ }^\circ\text{C}$ (cables enterrados, por ejemplo), pero para cables a temperatura ambiente que pueden superar los $35 - 40 \text{ }^\circ\text{C}$, ésta hipótesis es falsa, se debe usar $44 \text{ (m}/\Omega) \cdot \text{mm}^2$ (para 50°C). Si empleamos el valor de $56 \text{ (m}/\Omega) \cdot \text{mm}^2$ en cables a la intemperie, se está cometiendo un grave error, debido a que saldrá una sección muy inferior a la correcta.

Tomaremos una caída máxima de tensión de 1,5% en toda la instalación, tomando en la parte de C.C. una caída del 1% y una caída del 0,5% en la parte de C.A.

8.2.1. Línea desde cada fila de paneles hasta el cuadro de interconexión.

Todos los detalles del cableado de C.C. se encuentran en el plano nº6.

- Hasta la caja de conexión 1:
 - Longitud: 18,25m.
 - $I = 7,73 \text{ A}$.
 - $U = 13 * U_{MP} = 13 * 26,5 = 344,5 \text{ V}$.
 - $P_C = 13 * P_{PANEL} = 13 * 205 = 2665 \text{ W}$.
 - $e = 0,01 * 344,5 = 3,45 \text{ V}$.

$$s_1 = \frac{2 L P_C}{U \sigma e} = \frac{2 * 18,25 * 2665}{344,5 * 44 * 3,45} = 1,86 \text{ mm}^2 \rightarrow 2,5 \text{ mm}^2$$

Por criterio térmico: $I_C = 1.25 * I_n = 1.25 * 7,73 = 9,66 \text{ A}$

Aplicando el coeficiente de corrección de la norma UNE 20460-5-523:2004 de la tabla 52-D1 para temperatura ambiente de 50°C y considerando cables P-SUN sp, modelo de la compañía Prysmian (termoestable) nos da un coeficiente de 0.9.

$$I_C = 9.66 / 0.9 = 10,73 \text{ A}$$

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DE CÁLCULO

Al tratarse de cables unipolares en contacto con el aire libre, el sistema de instalación es de tipo F y al ser una instalación monofásica con cable P-SUN sp, con aislamiento Goma tipo EI6, debemos mirar la columna XLPE2 lo que nos lleva a la sección de 2,5 mm² (ver tabla de intensidad máximas admisibles, Tabla 52-B1 (UNE 20460-5-523:2004)).

Viendo la tabla podemos ver que la intensidad máxima admisible para este tipo de instalación es de 34 A, que es mayor que I_C , así que podemos comprobar que $I_{ADMIS} > I_C$ por lo que la sección escogida sería correcta. Como la longitud de los cables hasta su correspondiente caja de conexión son prácticamente iguales el criterio de calentamiento quedará comprobado para todos los subgeneradores.

Pero esta sección produce una caída porcentual 0,75%, lo cual es demasiado, por lo que deberemos de escoger una sección más grande. La sección escogida será de **6 mm²** la cual nos da una caída porcentual 0,31%.

Como la longitud de los cables hasta su correspondiente caja de conexión son prácticamente iguales, la caída porcentual de tensión será prácticamente la misma en cada subgenerado.

Todo esto se puede comprobar en el plano nº 5.

	CC1	CC2	CC3	CC4
I (A)	7,73	7,73	7,73	7,73
Fusible (A)	10	10	10	10
L (m)	18,25	18,25	18,25	18,25
U (V)	344.5	344.5	344.5	344.5
S (mm ²)	6	6	6	6
σ [(m/Ω)* mm ²]	44	44	44	44
e (V)	1,06	1,06	1,06	1,06
% ΔV	0,31	0,31	0,31	0,31
Máx. % ΔV	0,31%			

Tabla XXXIV. Valores filas -> Cajas de conexión.

LÍNEA FILA-C.C: PSUN SP (PRYSMIAN) 2 x 6 mm² 0,6/1 kV.

Estos cables irán en bandeja perforada modelo U23X de la empresa UNEX, o similar, de medidas 60 x 300 mm.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

8.2.2. Línea desde el cuadro de interconexión hasta el inversor

Todos los detalles se pueden observar en el plano n°6.

- Hasta inversor 1:
 - Módulos conectados = 13 en serie x 11 en paralelo = 143 paneles.
 - $P = 143 \text{ paneles} * 205 \text{ W}_p = 29315 \text{ W}_p$.
 - $U = 13 * U_{MP} = 13 * 26.5 = 344,5 \text{ V}$.
 - $\% \Delta V = 1\% - 0.31\% = 0.69\%$.
 - $e = 0,0069 * 344,5 = 2,37 \text{ V}$.
 - $L = 39,59 \text{ m}$.
 - $I = 11 * I_{MP} = 11 * 7,73 = 85,03 \text{ A}$.

$$s_1 = \frac{2 L P_c}{U \sigma e} = \frac{2 * 39,59 * 29315}{344,5 * 44 * 2,37} = 64,61 \text{ mm}^2 \rightarrow \mathbf{70 \text{ mm}^2}$$

Para esta sección nos da una corriente admisible de 269 A, como vemos es superior a la corriente que sale de nuestro subgenerador por lo que el criterio de calentamiento queda comprobado.

Para esta sección nos da una caída porcentual de 0.64%.

- Hasta inversor 2:
 - Módulos conectados = 13 en serie x 11 en paralelo = 143 paneles.
 - $P = 143 \text{ paneles} * 205 \text{ W}_p = 29315 \text{ W}_p$.
 - $U = 13 * U_{MP} = 13 * 26,5 = 344,5 \text{ V}$.
 - $\% \Delta V = 1\% - 0.31\% = 0,69\%$.
 - $e = 0.0069 * 344.5 = 2,37 \text{ V}$.
 - $L = 39,72 \text{ m}$.
 - $I = 11 * I_{MP} = 11 * 7.73 = 85.03 \text{ A}$.

$$s_2 = \frac{2 L P_c}{U \sigma e} = \frac{2 * 39,72 * 29315}{344,5 * 44 * 2,37} = 64,82 \text{ mm}^2 \rightarrow \mathbf{70 \text{ mm}^2}$$

Para esta sección nos da una corriente admisible de 269 A, como vemos es superior a la corriente que sale de nuestro subgenerador por lo que el criterio de calentamiento queda comprobado.

Para esta sección nos da una caída porcentual de 0.63%.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DE CÁLCULO

- Hasta inversor 3:

- Módulos conectados = 13 en serie x 11 en paralelo = 143 paneles.
- $P = 143 \text{ paneles} * 205 \text{ W}_p = 29315 \text{ W}_p$.
- $U = 13 * U_{MP} = 13 * 26,5 = 344,5 \text{ V}$.
- $\% \Delta V = 1\% - 0,31\% = 0,69\%$.
- $e = 0,0069 * 344,5 = 2,37 \text{ V}$.
- $L = 14,92 \text{ m}$.
- $I = 11 * I_{MP} = 11 * 7,73 = 85,03 \text{ A}$.

$$s_3 = \frac{2 L P_c}{U \sigma e} = \frac{2 * 14,92 * 29315}{344,5 * 44 * 2,37} = 24,35 \text{ mm}^2 \rightarrow \mathbf{35 \text{ mm}^2}$$

Para esta sección nos da una corriente admisible de 174 A, como vemos es superior a la corriente que sale de nuestro subgenerador por lo que el criterio de calentamiento queda comprobado.

Para esta sección nos da una caída porcentual de 0.47%.

- Hasta inversor 4:

- Módulos conectados = 13 en serie x 11 en paralelo = 143 paneles.
- $P = 143 \text{ paneles} * 205 \text{ W}_p = 29315 \text{ W}_p$.
- $U = 13 * U_{MP} = 13 * 26,5 = 344,5 \text{ V}$.
- $\% \Delta V = 1\% - 0,31\% = 0,69\%$.
- $e = 0,0069 * 344,5 = 2,37 \text{ V}$.
- $L = 46,31 \text{ m}$.
- $I = 11 * I_{MP} = 11 * 7,73 = 85,03 \text{ A}$.

$$s_1 = \frac{2 L P_c}{U \sigma e} = \frac{2 * 46,31 * 29315}{344,5 * 44 * 2,37} = 75,58 \text{ mm}^2 \rightarrow \mathbf{95 \text{ mm}^2}$$

Para esta sección nos da una corriente admisible de 327 A, como vemos es superior a la corriente que sale de nuestro subgenerador por lo que el criterio de calentamiento queda comprobado.

Para esta sección nos da una caída porcentual de 0,54%.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

Los resultados para cada inversor, por el criterio de caída de tensión son:

	INV1	INV2	INV3	INV4
I (A)	85.03	85.03	85.03	85.03
FUSIBLE (A)	100	100	100	100
L (m)	39,59	39,72	14,92	46,31
U (V)	344.5	344.5	344.5	344.5
S (mm²)	70	70	35	95
σ [(m/Ω)* mm²]	44	44	44	44
e (V)	2,22	2,19	1,65	1,88
% ΔV	0,64	0,63	0,47	0,54
Máx % ΔV	0.64%			

Tabla XXXV. Valores Caja de conexión -> Inversor.

LÍNEA C.C1-INVERSOR1: PSUN SP (PRYSMIAN) 2 X 70 mm² 0,6/1 kV.

LÍNEA C.C2-INVERSOR2: PSUN SP (PRYSMIAN) 2 X 70 mm² 0,6/1 kV.

LÍNEA C.C3-INVERSOR3: PSUN SP (PRYSMIAN) 2 X 35 mm² 0,6/1 kV.

LÍNEA C.C4-INVERSOR14 PSUN SP (PRYSMIAN) 2 X 95 mm² 0,6/1 kV.

La caída total en C.C será 0,31% + 0,64% = 0,95%, por lo que no superamos el 1% establecido al principio.

Estos cables irán en bandeja perforada modelo U23X, de la empresa UNEX, o similar, de medidas 60 x 400 mm.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DE CÁLCULO

8.2.3. Línea desde la salida del inversor hasta la C.T.

Los detalles del cableado en C.A. se pueden ver en el plano nº6.

- Desde el inversor 1:
 - ✓ $P = 29315 \text{ W}$.
 - ✓ $U = 400 \text{ V}$.
 - ✓ $\cos \varphi = 1$.
 - ✓ $L = 128,39 \text{ m}$.

Empleando el criterio térmico:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * U * \cos \varphi} = \frac{29315}{\sqrt{3} * 400 * 1} = 42.31 \text{ A}$$

Aplicando el factor de corrección por ir bajo tubo de 0,8 (ITC-BT-07):

$$I = \frac{42.31}{0.8} = 52,89 \text{ A}$$

Al tratarse de cables en conductos enterrados, el sistema de instalación es de tipo D y al ser una instalación trifásica con cable, termoestable de cobre (estañado), debemos mirar la columna XLPE2 lo que nos lleva a una sección de 10 mm^2 (ver tabla de intensidades máximas admisibles, TABLA 52-B1 (UNE 20460-5-523:2004)).

Empleando el criterio de caída de tensión ($\Delta V = 0,5\%$):

$$s_1 = \frac{L * P}{U * \sigma * e} = \frac{128,39 * 29315}{400 * 56 * 2} = 84,01 \text{ mm}^2 \rightarrow \mathbf{95 \text{ mm}^2}$$

Para esta sección, da una caída de 0,44% que está por debajo de los 0,5% que hemos indicado inicialmente por lo que la sección escogida será la correcta.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

- Desde el inversor 2:

- ✓ $P = 29315 \text{ W}$.
- ✓ $U = 400 \text{ V}$.
- ✓ $\cos \varphi = 1$.
- ✓ $L = 125,21 \text{ m}$.

Empleando el criterio térmico:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * U * \cos \varphi} = \frac{29315}{\sqrt{3} * 400 * 1} = 42,31 \text{ A}$$

Aplicando el factor de corrección por ir bajo tubo de 0,8 (ITC-BT-07):

$$I = \frac{42,31}{0,8} = 52,89 \text{ A}$$

Empleando el criterio de caída de tensión ($\Delta V = 0,5\%$):

$$s_2 = \frac{L * P}{U * \sigma * e} = \frac{125,21 * 29315}{400 * 56 * 2} = 81,93 \text{ mm}^2 \rightarrow \mathbf{95 \text{ mm}^2}$$

Esto representa una caída del 0.43%.

- Desde el inversor 3:

- ✓ $P = 29315 \text{ W}$.
- ✓ $U = 400 \text{ V}$.
- ✓ $\cos \varphi = 1$.
- ✓ $L = 123,67 \text{ m}$.

Empleando el criterio térmico:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * U * \cos \varphi} = \frac{29315}{\sqrt{3} * 400 * 1} = 42,31 \text{ A}$$

Aplicando el factor de corrección por ir bajo tubo de 0,8 (ITC-BT-07):

$$I = \frac{42,31}{0,8} = 52,89 \text{ A}$$

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DE CÁLCULO

Empleando el criterio de caída de tensión ($\Delta V = 0,5\%$):

$$s_3 = \frac{L * P}{U * \sigma * e} = \frac{123,67 * 29315}{400 * 56 * 2} = 80,92mm^2 \rightarrow \mathbf{95mm^2}$$

Esto representa una caída del 0.43%.

- Desde el inversor 4:
 - ✓ $P = 29315$ W.
 - ✓ $U = 400$ V.
 - ✓ $\cos \varphi = 1$.
 - ✓ $L = 125,63$ m.

Empleando el criterio térmico:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * U * \cos \varphi} = \frac{29315}{\sqrt{3} * 400 * 1} = 42,31 \text{ A}$$

Aplicando el factor de corrección por ir bajo tubo de 0,8 (ITC-BT-07):

$$I = \frac{42,31}{0,8} = 52,89 \text{ A}$$

Empleando el criterio de caída de tensión ($\Delta V = 0,5\%$):

$$s_4 = \frac{L * P}{U * \sigma * e} = \frac{125,63 * 29315}{400 * 56 * 2} = 82,20mm^2 \rightarrow \mathbf{95mm^2}$$

Esto representa una caída del 0.43%.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

A continuación se muestra una tabla con todos los resultados obtenidos anteriormente:

INVERSOR	P(kW)	L (m)	U (V)	S_F (mm ²)	S_N (mm ²)	σ [(m/Ω)* mm ²]	%ΔV
INV1	29315	128,39	400	95	95	56	0,44
INV2	29315	125,21	400	95	95	56	0,43
INV3	29315	123,67	400	95	95	56	0,43
INV4	29315	125,63	400	95	95	56	0,43

Tabla XXXVI. Valores Inversor -> C.T.

Vemos como la máxima caída es de 0.44% que es menor que la establecida en un principio de 0,5%.

LÍNEA INVERSOR 1 – C.G.P.: RETENAX FLEX , 3 (1 x 95 mm²) + 1 x 95 mm², RV-K 0.6/1 kV.

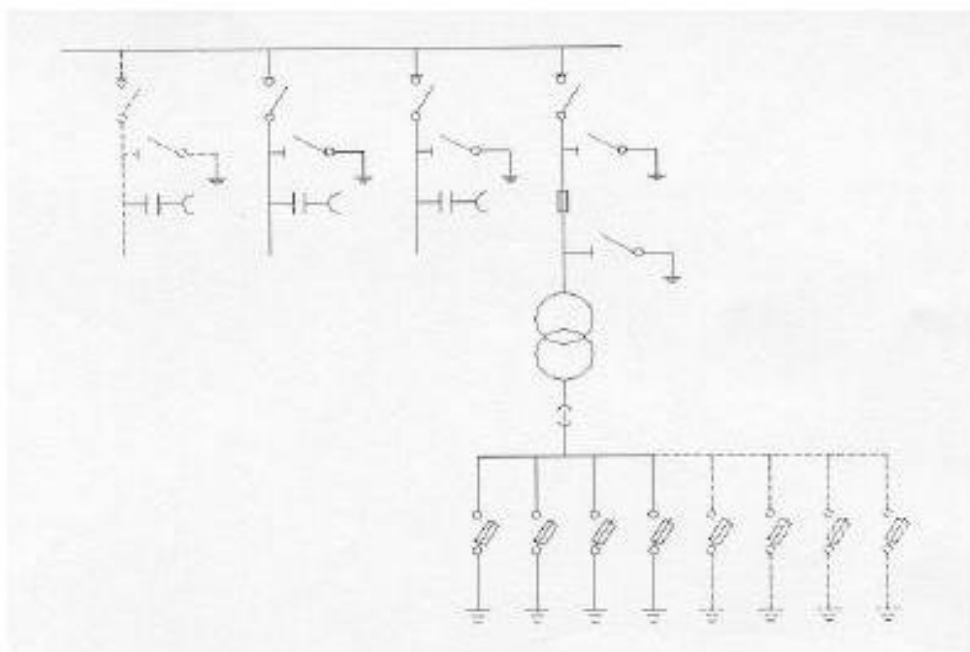
Estos cables irán enterrados bajo tubos de PVC de 160 mm². Irán en zanjás de 0,7 metros de profundidad y bajo tubo tal y como indica el reglamento ITC-BT-07.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DE CÁLCULO

9) Centro de Transformación.

9.1. Esquema del Centro de Transformación.

El esquema que usaremos para nuestro Centro de Transformación, según se puede ver en la **sección 2.1 del capítulo IV de las normas particulares de Sevillana Endesa**, es el siguiente:



Dibujo VI. Esquema del centro de transformación.

9.2. Previsión de potencia para el Centro de Transformación.

Para la potencia del centro de transformación, según el **apartado 2 del capítulo VIII de las normas particulares de Sevillana-Endesa**:

La suma de las potencias de las instalaciones en régimen especial conectadas a una línea de baja tensión no podrá superar la mitad de la capacidad de transporte de dicha línea en el punto de conexión. Si el punto de conexión está en un centro de transformación, la suma de las potencias conectadas a ese centro no podrá superar la mitad de la capacidad de transformación.

Esto quiere decir que la instalación a proyectar ha de soportar el doble de la potencia instalada, por ello haremos el diseño con esta consideración. Como nuestra instalación posee una potencia pico de 117 kW, habrá que trabajar con una potencia de **234 kW** aproximadamente, así que instalaremos un centro de transformación formado por **un transformador de 1000 kVA**. La instalación fotovoltaica en sí da una potencia (sobredimensionada por 2), es de 234kW.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

Hemos estimado este transformador ya que el resto de potencia será asignada para el centro de ocio, y para futura ampliaciones, la cual es de 300 kW.

Nótese que se ha usado un **factor de potencia unitario** (es decir, hemos considerado toda la potencia del transformador como potencia activa) debido a que este valor es regulable en el inversor y que incluyendo la línea, este valor está muy cercano a la unidad. En cualquier caso, debido al gran sobredimensionamiento que se hace por normativa, en ningún caso será un problema.

9.3. Intensidad en alta tensión.

En un sistema trifásico, la intensidad primaria I_p viene determinada por la expresión:

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} * U}$$

Siendo:

- ✓ S = Potencia del transformador en kVA.
- ✓ U = Tensión compuesta primaria en kV = 20 kV.
- ✓ I_p = Intensidad primaria en Amperios.

Sustituyendo valores, tendremos:

Potencia del transformador (kVA)	I_p (A)
1000	28.87

siendo la intensidad total primaria de 28.87 Amperios.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DE CÁLCULO

9.4. Intensidad de baja tensión.

En un sistema trifásico la intensidad secundaria I_s viene determinada por la expresión:

$$I_s = \frac{S * \cos(\varphi) - P_{FE} - P_{CU}}{\sqrt{3} * U}$$

Siendo:

- ✓ S = Potencia del transformador en kVA.
- ✓ P_{FE} = Pérdidas en el hierro.
- ✓ P_{CU} = Pérdidas en los arrollamientos.
- ✓ U = Tensión compuesta en carga del secundario en kilovoltios = 0.4 kV.
- ✓ I_s = Intensidad secundaria en Amperios.

Sustituyendo valores, tendremos:

Potencia del transformador (kVA)	I_s (A)
1000	1425.77

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

9.5. Cortocircuitos.

9.5.1. Observaciones.

Para el cálculo de la intensidad de cortocircuito se determina una potencia de cortocircuito de 500 MVA en la red de distribución, dato proporcionado por la Compañía suministradora.

9.5.2. Cálculo de las corrientes de cortocircuito.

Para la realización del cálculo de las corrientes de cortocircuito utilizaremos las expresiones:

- Intensidad primaria para cortocircuito en el lado de alta tensión:

$$I_{CCP} = \frac{S_{CC}}{\sqrt{3} * U}$$

Siendo:

- ✓ S_{cc} = Potencia de cortocircuito de la red en MVA.
 - ✓ U = Tensión primaria en kV.
 - ✓ I_{ccp} = Intensidad de cortocircuito primaria en kA.
- Intensidad primaria para cortocircuito en el lado de baja tensión:

No la vamos a calcular ya que será menor que la calculada en el punto anterior.

- Intensidad secundaria para cortocircuito en el lado de baja tensión (despreciando la impedancia de la red de alta tensión):

$$I_{CCS} = \frac{S}{\sqrt{3} * \frac{U_{CC}}{100} * U_S}$$

Siendo:

- ✓ S = Potencia del transformador en kVA.
- ✓ U_{cc} = Tensión porcentual de cortocircuito del transformador.
- ✓ U_s = Tensión secundaria en carga en voltios.
- ✓ I_{ccs} = Intensidad de cortocircuito secundaria en kA.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DE CÁLCULO

9.5.3. Cortocircuito en el lado de Alta Tensión.

$$I_{CCP} = \frac{S_{CC}}{\sqrt{3} * U} = \frac{500}{\sqrt{3} * 20} = 14.43 \text{ kA}$$

Tendremos una intensidad primaria máxima para un cortocircuito en el lado de A.T. de:

14.43 kA

9.5.4. Cortocircuito en el lado de Baja Tensión.

$$I_{CCS} = \frac{S}{\sqrt{3} * \frac{U_{CC}}{100} * U_S} = \frac{1000}{\sqrt{3} * \frac{6}{100} * 400} = 24.06 \text{ kA}$$

9.6. Dimensionado del embarrado.

Como resultado de los ensayos que han sido realizados a las celdas fabricadas por Schneider Electric no son necesarios los cálculos teóricos ya que con los certificados de ensayo ya se justifican los valores que se indican tanto en esta memoria como en las placas de características de las celdas.

9.6.1. Comprobación por densidad de corriente.

La comprobación por densidad de corriente tiene como objeto verificar que no se supera la máxima densidad de corriente admisible por el elemento conductor cuando por él circule una corriente igual a la corriente nominal máxima. Para las celdas modelo RM6 seleccionadas para este proyecto se ha obtenido la correspondiente certificación que garantiza cumple con la especificación citada mediante el protocolo de ensayo 51168218XB realizado por VOLTA.

9.6.2. Comprobación por sollicitación electrodinámica.

La comprobación por sollicitación electrodinámica tiene como objeto verificar que los elementos conductores de las celdas incluidas en este proyecto son capaces de soportar el esfuerzo mecánico derivado de un defecto de cortocircuito entre fase. Para las celdas modelo RM6 seleccionadas para este proyecto se ha obtenido la correspondiente certificación que garantiza cumple con la especificación citada mediante el protocolo de ensayo 51168210XB realizado por VOLTA.

El ensayo garantiza una resistencia electrodinámica de 40kA.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

9.7. Selección de las protecciones de Alta y Baja Tensión.

- Alta Tensión.

Los cortacircuitos fusibles son los limitadores de corriente, produciéndose su fusión, para una intensidad determinada, antes que la corriente haya alcanzado su valor máximo. De todas formas, esta protección debe permitir el paso de la punta de corriente producida en la conexión del transformador en vacío, soportar la intensidad en servicio continuo y sobrecargas eventuales y cortar las intensidades de defecto en los bornes del secundario del transformador.

Como regla práctica, simple y comprobada, que tiene en cuenta la conexión en vacío del transformador y evita el envejecimiento del fusible, se puede verificar que la intensidad que hace fundir al fusible en 0,1 segundo es siempre superior o igual a 14 veces la intensidad nominal del transformador.

La intensidad nominal de los fusibles se escogerá por tanto en función de la potencia del transformador a proteger.

Potencia del transformador (kVA)	Intensidad nominal del fusible de A.T. (A)
1000	50

- Baja Tensión.

En el circuito de baja tensión del transformador se instalará un Cuadro de Distribución homologado por la Compañía Suministradora.

Potencia del transformador (kVA)	Nº de Salidas en B.T.
1000	8

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DE CÁLCULO

9.8. Dimensionado de la ventilación del CT.

Las rejillas de ventilación de los edificios prefabricados EHC están diseñadas y dispuestas sobre las paredes de manera que la circulación del aire ventile eficazmente la sala del transformador. El diseño se ha realizado cumpliendo los ensayos de calentamiento según la norma UNE-EN 61330, tomando como base de ensayo los transformadores de 1000 KVA según la norma UNE 21428-1. Todas las rejillas de ventilación van provistas de una tela metálica mosquitero. El prefabricado ha superado los ensayos de calentamiento realizados en LCOE con número de informe 200506330341.

9.9. Dimensiones del pozo apagafuegos.

El foso de recogida de aceite tiene que ser capaz de alojar la totalidad del volumen de agente refrigerante que contiene el transformador en caso de su vaciamiento total.

Potencia del transformador (kVA)	Volumen mínimo del foso (litros)
1000	598

Dado que el foso de recogida de aceite del prefabricado será de 760 litros para cada transformador, no habrá ninguna limitación en este sentido.

9.10. Cálculo de las instalaciones de puesta a tierra.

9.10.1. Investigación de las características del suelo.

Según la investigación previa del terreno donde se instalará este Centro de Transformación, se determina una resistividad media superficial = 50 Ω .m.

9.10.2. Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y tiempo máximo correspondiente de eliminación de defecto.

Según los datos de la red proporcionados por la compañía suministradora (Compañía Sevillana de Electricidad (C.S.E.)), el tiempo máximo de eliminación del defecto es de 1 s. Los valores de K y n para calcular la tensión máxima de contacto aplicada según MIE-RAT 13 en el tiempo de defecto proporcionado por la Compañía son:

$$K = 78.5 \text{ y } n = 0.18.$$

Por otra parte, los valores de la impedancia de puesta a tierra del neutro, corresponden a:

$$R_n = 12 \Omega \text{ y } X_n = 0 \Omega.$$

Y teniendo en cuenta:

$$|Z_n| = \sqrt{R_n^2 + X_n^2}$$

La intensidad máxima de defecto se producirá en el caso hipotético de que la resistencia de puesta a tierra del Centro de Transformación sea nula. Dicha intensidad será, por tanto igual a:

$$I_D(\text{máx}) = \frac{U_S(\text{máx})}{\sqrt{3} * Z_n} = \frac{20000}{\sqrt{3} * 12} = 962.25 \text{ A}$$

La cual la Compañía redondea a 1000 A.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DE CÁLCULO

9.10.3. Diseño preliminar de la instalación de tierra.

- Tierra de protección.

Se conectarán a este sistema las partes metálicas de la instalación que no estén en tensión normalmente pero puedan estarlo a consecuencia de averías o causas fortuitas, tales como los chasis y los bastidores de los aparatos de maniobra, envolventes metálicas de las cabinas prefabricadas y carcasas de los transformadores.

Para los cálculos a realizar emplearemos las expresiones y procedimientos según el "Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría", editado por UNESA, conforme a las características del centro de transformación objeto del presente cálculo, siendo, entre otras, las siguientes:

Para la tierra de protección optaremos por un sistema de las características que se indican a continuación:

- ✓ Identificación: código 5/32 del método de cálculo de tierras de UNESA.
- ✓ Parámetros característicos:
 - $K_r = 0.135 \Omega/(\Omega \cdot m)$.
 - $K_p = 0.0252 V/(\Omega \cdot m \cdot A)$.
- ✓ Descripción:

Estará constituida por 3 picas en hilera unidas por un conductor horizontal de cobre desnudo de 50 mm² de sección.

Las picas tendrán un diámetro de 14 mm. y una longitud de 2.00 m. Se enterrarán verticalmente a una profundidad de 0.5 m. y la separación entre cada pica y la siguiente será de 3.00 m. Con esta configuración, la longitud de conductor desde la primera pica a la última será de 6 m., dimensión que tendrá que haber disponible en el terreno.

Nota: se pueden utilizar otras configuraciones siempre y cuando los parámetros K_r y K_p de la configuración escogida sean inferiores o iguales a los indicados en el párrafo anterior.

La conexión desde el Centro hasta la primera pica se realizará con cable de cobre aislado de 0.6/1 kV protegido contra daños mecánicos.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

- Tierra de servicio.

Se conectarán a este sistema el neutro del transformador, así como la tierra de los secundarios de los transformadores de tensión e intensidad de la celda de medida.

Las características de las picas serán las mismas que las indicadas para la tierra de protección. La configuración escogida se describe a continuación:

- ✓ Identificación: código 5/32 del método de cálculo de tierras de UNESA.
- ✓ Parámetros característicos:
 - $K_r = 0.135 \Omega/(\Omega \cdot m)$.
 - $K_p = 0.0252 V/(\Omega \cdot m \cdot A)$.

- ✓ Descripción:

Estará constituida por 3 picas en hilera unidas por un conductor horizontal de cobre desnudo de 50 mm² de sección.

Las picas tendrán un diámetro de 14 mm. y una longitud de 2.00 m. Se enterrarán verticalmente a una profundidad de 0.5 m. y la separación entre cada pica y la siguiente será de 3.00 m. Con esta configuración, la longitud de conductor desde la primera pica a la última será de 6 m., dimensión que tendrá que haber disponible en el terreno.

Nota: se pueden utilizar otras configuraciones siempre y cuando los parámetros K_r y K_p de la configuración escogida sean inferiores o iguales a los indicados en el párrafo anterior.

La conexión desde el Centro hasta la primera pica se realizará con cable de cobre aislado de 0.6/1 kV protegido contra daños mecánicos.

El valor de la resistencia de puesta a tierra de este electrodo deberá ser inferior a 37 Ω . Con este criterio se consigue que un defecto a tierra en una instalación de Baja Tensión protegida contra contactos indirectos por un interruptor diferencial de sensibilidad 650 mA., no ocasione en el electrodo de puesta a tierra una tensión superior a 24 Voltios ($=37 \times 0,650$).

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DE CÁLCULO

Existirá una separación mínima entre las picas de la tierra de protección y las picas de la tierra de servicio a fin de evitar la posible transferencia de tensiones elevadas a la red de Baja Tensión.

9.10.4. Cálculo de la resistencia del sistema de tierras.

- Tierra de protección.

Para el cálculo de la resistencia de la puesta a tierra de las masas del Centro (Rt), intensidad y tensión de defecto correspondientes (Id, Ud), utilizaremos las siguientes fórmulas:

- Resistencia del sistema de puesta a tierra, Rt:

$$R_t = K_r * \sigma .$$

- Intensidad de defecto, Id:

$$I_D = \frac{U_S(\text{máx}) * V}{\sqrt{3} * \sqrt{(R_n + R_t)^2 + X_n^2}}$$

- Tensión de defecto, Ud:

$$U_d = I_d * R_t$$

Siendo:

- ✓ $\sigma = 50 \Omega \cdot m$.
- ✓ $K_r = 0.135 \Omega / (\Omega \cdot m)$.

Se obtienen los siguientes datos:

$$R_t = 0.135 * 50 = 6.8 \Omega$$

$$I_D = \frac{U_S(\text{máx})}{\sqrt{3} * \sqrt{(R_n + R_t)^2 + X_n^2}} = 615.84 A$$

$$U_d = I_d * R_t = 615.84 * 6.8 = 4156.9 V$$

El aislamiento de las instalaciones de baja tensión del C.T. deberá ser mayor o igual que la tensión máxima de defecto calculada (Ud), por lo que deberá ser como mínimo de 6000 Voltios.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

De esta manera se evitará que las sobretensiones que aparezcan al producirse un defecto en la parte de Alta Tensión deterioren los elementos de Baja Tensión del centro, y por ende no afecten a la red de Baja Tensión.

Comprobamos asimismo que la intensidad de defecto calculada es superior a 100 Amperios, lo que permitirá que pueda ser detectada por las protecciones normales.

- Tierra de servicio.

$$R_t = K_r \cdot \sigma = 0.135 \cdot 50 = 6.8 \Omega.$$

que vemos que es inferior a 37 Ω .

9.10.5. Cálculo de las tensiones en el exterior de la instalación.

Con el fin de evitar la aparición de tensiones de contacto elevadas en el exterior de la instalación, las puertas y rejillas de ventilación metálicas que dan al exterior del centro no tendrán contacto eléctrico alguno con masas conductoras que, a causa de defectos o averías, sean susceptibles de quedar sometidas a tensión.

Con estas medidas de seguridad, no será necesario calcular las tensiones de contacto en el exterior, ya que éstas serán prácticamente nulas.

Por otra parte, la tensión de paso en el exterior vendrá determinada por las características del electrodo y de la resistividad del terreno, por la expresión:

$$U_p = K_p \cdot \sigma \cdot I_d = 0.0252 \cdot 50 \cdot 615.84 = 776 \text{ V.}$$

9.10.6. Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación.

El piso del Centro estará constituido por un mallazo electrosoldado con redondos de diámetro no inferior a 4 mm. formando una retícula no superior a 0,30 x 0,30 m. Este mallazo se conectará como mínimo en dos puntos preferentemente opuestos a la puesta a tierra de protección del Centro. Con esta disposición se consigue que la persona que deba acceder a una parte que pueda quedar en tensión, de forma eventual, está sobre una superficie equipotencial, con lo que desaparece el riesgo inherente a la tensión de contacto y de paso interior. Este mallazo se cubrirá con una capa de hormigón de 10 cm. de espesor como mínimo.

El edificio prefabricado de hormigón EHC estará construido de tal manera que, una vez fabricado, su interior sea una superficie equipotencial. Todas las varillas metálicas embebidas en el hormigón que constituyan la armadura del sistema equipotencial estarán unidas entre sí mediante soldadura eléctrica.

Esta armadura equipotencial se conectará al sistema de tierras de protección (excepto puertas y rejillas, que como ya se ha indicado no tendrán contacto

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DE CÁLCULO

eléctrico con el sistema equipotencial; debiendo estar aisladas de la armadura con una resistencia igual o superior a 10.000 ohmios a los 28 días de fabricación de las paredes).

Así pues, no será necesario el cálculo de las tensiones de paso y contacto en el interior de la instalación, puesto que su valor será prácticamente nulo.

No obstante, y según el método de cálculo empleado, la existencia de una malla equipotencial conectada al electrodo de tierra implica que la tensión de paso de acceso es equivalente al valor de la tensión de defecto, que se obtiene mediante la expresión:

$$U_p \text{ acceso} = U_d = R_t * I_d = 6.8 * 615.84 = 4156.9 \text{ V.}$$

9.10.7. Cálculo de las tensiones aplicadas.

La tensión máxima de contacto aplicada, en voltios, que se puede aceptar, según el reglamento MIE-RAT, será:

$$U_{CA} = \frac{K}{t^n}$$

Siendo:

- ✓ U_{ca} = Tensión máxima de contacto aplicada en Voltios.
- ✓ $K = 78.5$.
- ✓ $n = 0.18$.
- ✓ t = Duración de la falta en segundos: 1 s.

Obtenemos el siguiente resultado:

$$U_{CA} = \frac{K}{t^n} = \frac{78.5}{1^{0.18}} = 78.5 \text{ V}$$

Para la determinación de los valores máximos admisibles de la tensión de paso en el exterior, y en el acceso al Centro, emplearemos las siguientes expresiones:

$$U_p(\text{exterior}) = 10 * \frac{K}{t^n} = \left(1 + \frac{6 * \sigma}{1000}\right)$$

$$U_p(\text{acceso}) = 10 * \frac{K}{t^n} = \left(1 + \frac{3 * \sigma + 3 * \sigma h}{1000}\right)$$

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

Siendo:

- ✓ U_p = Tensiones de paso en Voltios.
- ✓ $K = 78.5$.
- ✓ $n = 0.18$.
- ✓ t = Duración de la falta en segundos: 1 s
- ✓ σ = Resistividad del terreno.
- ✓ σh = Resistividad del hormigón = 3.000 $\Omega \cdot m$

Obtenemos los siguientes resultados:

$$U_p(\text{exterior}) = 1020.5 \text{ V}$$

$$U_p(\text{acceso}) = 7967.8 \text{ V}$$

Así pues, comprobamos que los valores calculados son inferiores a los máximos admisibles:

- en el exterior:

$$U_p = 776 \text{ V.} < U_p(\text{exterior}) = 1020.5 \text{ V.}$$

- en el acceso al C.T.:

$$U_d = 4156.9 \text{ V.} < U_p(\text{acceso}) = 7967.8 \text{ V.}$$

9.10.8. Investigación de tensiones transferibles al exterior.

Al no existir medios de transferencia de tensiones al exterior no se considera necesario un estudio previo para su reducción o eliminación.

No obstante, con el objeto de garantizar que el sistema de puesta a tierra de servicio no alcance tensiones elevadas cuando se produce un defecto, existirá una distancia de separación mínima $D_{\text{mín}}$, entre los electrodos de los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio, determinada por la expresión:

$$D_{\text{mín}} = \frac{\sigma * I_D}{2000 * \pi}$$

con:

- ✓ $\sigma = 50 \Omega \cdot m$.
- ✓ $I_d = 615.84 \text{ A}$.

obtenemos el valor de dicha distancia

$$D_{\text{mín}} = 4.9 \text{ m}$$

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DE CÁLCULO

9.10.9. Corrección y ajuste del diseño inicial estableciendo el definitivo.

No se considera necesario la corrección del sistema proyectado. No obstante, si el valor medido de las tomas de tierra resultara elevado y pudiera dar lugar a tensiones de paso o contacto excesivas, se corregirían estas mediante la disposición de una alfombra aislante en el suelo del Centro, o cualquier otro medio que asegure la no peligrosidad de estas tensiones.

Para más detalle sobre el Centro de Transformación, consultar planos nº 8 y 9.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

10) Selección de las protecciones

10.1. Protección en C.C.

Cada subgenerador tiene un consumo de 85,03 A. Tenemos 13 paneles en serie, a lo que denominaremos “string”, tendremos 11 filas de paneles, por lo que tenemos 11 strings.

Se escogerá una caja de conexión ya montada con sus protecciones. Es el modelo Gave ST1478012P de la compañía Solar Tec (o similar).

ST148012P



Características	Valores
Nº de strings	14
Tensión máxima	800 V
Intensidad PV (Isc)	125 A
Sección máx. de cable (entrada/salida)	10 / 18 mm ²
Protección fusible	Si
Protección contra sobretensiones	PST31PV
Tensión de régimen perm. máx. (Uc)	1000 VDC
Corriente de descarga nominal (In)	20 kA
Corriente de descarga máxima (Imax)	40 kA
Nivel de protección a In (Up)	3 kA
Grado de protección	IP65
Dimensiones mm (alto x ancho x fondo)	380 x 760 x 185
Material de la caja/tapa	Poliéster/PC

10.2. Protección en C.A.

Aparte de las que tiene el propio inversor (ver ficha técnica descrita con anterioridad), también se usarán las siguientes protecciones en C.A:

- **Características generales celdas RM6.**
 - ✓ Tensión asignada: **24 kV**.
 - ✓ Tensión soportada entre fases, y entre fases y tierra.
a frecuencia industrial (50 Hz), 1 minuto: **50 kV ef.**
a impulso tipo rayo: **125 kV cresta.**
 - ✓ Intensidad asignada en funciones de línea: **400 A**.
 - ✓ Intensidad asignada en funciones de protección: **200 A**.
 - ✓ Intensidad nominal admisible durante un segundo: **16 kA ef.**
 - ✓ Valor de cresta de la intensidad nominal admisible: **40 kA cresta.**
es decir 2,5 veces la intensidad nominal admisible de corta duración.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DE CÁLCULO

El poder de corte de la aparamenta será de **400 A** eficaces en las funciones de línea y de 16 kA en las funciones de protección (ya se consiga por fusible o por interruptor automático).

El poder de cierre de todos los interruptores será de **40 kA cresta**.

Todas las funciones (tanto las de línea como las de protección) incorporarán un seccionador de puesta a tierra de **40 kA** cresta de poder de cierre.

Las celdas serán de Merlin Gerin.

- **Celda de entrada, salida y de protección.**

Conjunto Compacto Merlin Gerin gama RM6 extensible, modelo RM6 2IQ(DE) (2L+1P), equipado con DOS funciones de línea y UNA función de protección con fusibles, de dimensiones: 1.142 mm de alto (siendo necesarios otros 280 mm adicionales para extracción de fusibles), 1.216 mm de ancho, 710 mm de profundidad.

Conjunto compacto estanco RM6 en atmósfera de hexafluoruro de azufre, 24 kV tensión nominal, para una intensidad nominal de 400 A y poder de corte en cortocircuito de 16 kA eficaces en las funciones de línea y de 200 A en las de protección.

El interruptor de la función de protección se equipará con fusibles de baja disipación térmica tipo MESA CF (DIN 43625), de 24kV, de 50 A de intensidad nominal, que provocará la apertura del mismo por fusión de cualquiera de ellos.

El conjunto compacto incorporará:

- ✓ Seccionador de puesta a tierra en SF6.
- ✓ Palanca de maniobra.
- ✓ Dispositivos de detección de presencia de tensión en todas las funciones, tanto en las de línea como en las de protección.
- ✓ 3 lámparas individuales (una por fase) para conectar a dichos dispositivos.
- ✓ Pasatapas de tipo roscados de 400 A en las funciones de línea.
- ✓ Pasatapas de tipo liso de 200 A en las funciones de protección.
- ✓ Panel cubrebornas con enclavamiento s.p.a.t. + interruptor.
- ✓ Cubrebornas metálicos en todas las funciones,
- ✓ Manómetro para el control de la presión del gas.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

Las salidas de Baja Tensión del Centro de Transformación irán protegidas con Cuadros Modulares de Distribución en Baja Tensión de Merlin Gerin y características según se definen en la Recomendación UNESA 6302B.

Dichos cuadros deberán estar homologados por la Compañía Eléctrica suministradora y sus elementos principales se describen a continuación:

- Unidad funcional de embarrado: constituida por dos tipos de barras: barras verticales de llegada, que tendrán como misión la conexión eléctrica entre los conductores procedentes del transformador y el embarrado horizontal; y barras horizontales o repartidoras que tendrán como misión el paso de la energía procedente de las barras verticales para ser distribuida en las diferentes salidas. La intensidad nominal de cada una de las salidas será de 400 Amperios.
- Unidad funcional de seccionamiento: constituida por cuatro conexiones de pletinas deslizantes que podrán maniobradas fácil e independientemente con una sola herramienta aislada.

Transformador:

- ✓ Unidad funcional de protección: constituida por un sistema de protección formado por 4 bases tripolares verticales con cortacircuitos fusibles 400 A.
- ✓ 2 Base portafusible 125A.
- ✓ 1 Fusible 22 x 58 16A.
- ✓ 2 Lámpara roja de señalización neón.
- ✓ Panel puerta y resote de compresión de cierre.
- ✓ Base Enchufable 2P blanco 10A, 250V.
- ✓ Perfil simétrico liso DIN 46227.
- ✓ 1 Amperímetro.
- ✓ 1 Interruptor diferencial.
- ✓ 2 Magnetotérmicos.
- ✓ 2 Contactos auxiliares.
- ✓ Extensionamiento del cuadro de distribución: 4 Bases tripolares verticales con cortacircuitos fusibles 400 A.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DE CÁLCULO



INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DE CÁLCULO



UCA

Universidad
de Cádiz



TOMO III

ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

TITULACIÓN: INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL, ESP. ELECTRÓNICA INDUSTRIAL

AUTOR: JOSÉ CARLOS MAURICIO REDONDO

CONVOCATORIA: JUNIO 2012

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO
MEMORIA DE CÁLCULO

ÍNDICE

Contenido

1) Generalidades.....	5
1.1. Objeto.....	5
1.2. Ámbito de la aplicación.....	6
1.3. Características del plan.....	6
1.4. Características de la obra.....	6
1.5. Acceso y vallado.....	7
1.6. Suministro de energía eléctrica y agua potable.....	8
1.7. Acopio de materiales y contenedores.....	8
1.8. Seguro de responsabilidad civil.....	8
1.9. Actuaciones en caso de emergencia.....	8
1.9.1. Plan de actuación frente a emergencias médicas.....	9
1.9.2. Plan de actuación frente a emergencias de incendio.....	9
1.9.3. Plan de evacuación.....	10
1.9.4. Actuación frente a un atraco.....	10
1.10. Coordinación de actividades empresariales.....	11
1.11. Primeros auxilios y asistencia sanitaria.....	11
1.11.1. Accidente menor.....	13
1.11.2. Accidente grave o mortal.....	13
1.11.3. Asfixia o electrocución.....	13
1.11.4. Quemaduras.....	13
1.11.5. Heridas o cortes.....	14
1.12. Medidas de protección contra incendios.....	14
1.13. Instalaciones para el personal.....	15
1.13.1. Instalaciones provisionales.....	15
1.14. Formación e información de los trabajadores.....	17
1.15. Reconocimientos médicos.....	18
1.16. Organización de seguridad de la obra.....	18
1.16.1. Responsable de seguridad de la obra.....	18
1.16.2. Encargado de seguridad de las tareas de la obra.....	19

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

1.16.3.	Recurso preventivo.....	19
1.16.4.	Subcontrata.....	22
1.17.	Modalidad preventiva del contratista.....	23
2)	Evaluación de riesgos.....	23
2.1.	Análisis de riesgos y su prevención.....	23
2.2.	Evaluación de los riesgos.....	25
2.3.	Método empleado.....	26
3)	Identificación, evaluación y medidas preventivas.....	29
3.1.	Riesgos de actividades y maquinarias de obra.....	29
3.1.1.	Despeje y desbroce.....	30
3.1.2.	Excavación.....	32
3.1.3.	Encofrados.....	34
3.1.4.	Colocación de acero.....	36
3.1.5.	Cimentación.....	37
3.1.6.	Montaje de paneles fotovoltaicos.....	39
3.1.8.	Montaje de prefabricados.....	42
3.1.9.	Canalizaciones.....	44
3.1.10.	Instalaciones eléctricas.....	45
3.1.11.	Conexión a red eléctrica.....	49
3.1.12.	Tipificación de los riesgos.....	51
3.2.	Maquinaria.....	53
3.2.1.	Servicio afectados y riesgos a terceros.....	53
3.2.2.	Normas preventivas para maquinarias.....	54
3.2.3.	Pala cargadora, motoniveladora, retroexcavadora.....	54
3.2.4.	Camión transporte.....	56
3.2.5.	Camión o furgoneta de carretera.....	58
3.2.6.	Hormigonera.....	61
3.2.7.	Grúas.....	62
3.2.8.	Grupo electrógeno.....	64
3.2.9.	Máquina – Herramientas en general.....	66
3.2.10.	Soldadura eléctrica.....	68
3.2.11.	Tipificación de los riesgos.....	70

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

4)	Equipos de protección colectiva e individual.....	71
4.1.	Equipos de protección colectiva.....	71
4.2.	Equipos de protección individual.....	72
4.2.1.	Protección de la cabeza.....	73
4.2.2.	Protección auditiva.	73
4.2.3.	Protección ocular y facial.	74
4.2.4.	Protección respiratoria.....	74
4.2.5.	Protección de las extremidades inferiores.....	75
4.2.6.	Protección de las extremidades superiores.	75
4.2.7.	Sistema de sujeción.....	76
4.2.8.	Sistemas anticaídas.....	76
4.2.9.	Protecciones del cuerpo entero.	78

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

1) Generalidades

1.1. Objeto.

Este Plan de Seguridad y Salud, tiene como objeto establecer las directrices básicas para la identificación y valoración de los riesgos del trabajo y su prevención o eliminación mediante la adopción de las correspondientes medidas o cambios en los procedimientos de trabajo, tanto en lo referente a los accidentes laborales, como a las enfermedades profesionales y daños a terceros, que los diversos trabajos, maquinaria, instalaciones y medios auxiliares, necesarios para la ejecución total de la obra, pueden ocasionar.

Para su determinación se utiliza como punto de partida las previsiones recogidas en este Estudio de Seguridad y Salud, que se incluye como documentación del Proyecto, adaptando su contenido a los medios reales con los que se planifica la realización de la obra, tanto de equipos humanos como de maquinaria y medios auxiliares que, en principio, está previsto utilizar y teniendo presente los procedimientos, orden y ritmo de los trabajos.

Se establecen, también, las instalaciones de higiene y bienestar necesarias para los trabajadores durante la construcción, teniendo presente las características de la obra y el número de trabajadores previsto.

No obstante, a estas previsiones iniciales, si por motivos ajenos a la obra se modificase la ejecución de los trabajos, los medios o las diversas circunstancias que pueden influir y cuya variación representase riesgos distintos de los considerados en este Plan, sería preciso realizar su actualización con la aprobación expresa del Coordinador de seguridad y previa justificación técnica y valoración económica.

De igual forma y conforme se ha previsto en el R.D. 1627/97 se modificará el Plan cuando las circunstancias así lo aconsejen (procedimientos de trabajo, observaciones directas y revisión de condiciones laborales, accidentes, etc.) todo ello con las justificaciones técnicas y valoraciones económicas, conforme se especifica en la normativa citada anteriormente y con la aprobación, igualmente, del Coordinador de Seguridad.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

1.2. **Ámbito de la aplicación.**

Este Plan de Seguridad afecta a todos los trabajadores de la empresa constructora, así como a los subcontratistas y trabajadores autónomos que la misma emplee en los trabajos para los que ha sido contratada.

1.3. **Características del plan.**

El Plan de Seguridad y Salud constituye el instrumento básico de ordenación de las actividades de identificación y, en su caso, evaluación de los riesgos y planificación de la actividad preventiva a las que se refiere el capítulo II del R.D. por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.

Quienes intervengan en la ejecución de la obra, así como aquellas personas con responsabilidades en materia de prevención de riesgos laborales, representantes de los trabajadores, etc., podrán presentar por escrito y de forma razonada las sugerencias y alternativas que estimen oportunas. A tal efecto, el Plan de Seguridad y Salud estará en la obra a disposición permanente de los mismos.

1.4. **Características de la obra.**

La obra constará de las siguientes fases:

- **Movimientos de tierras y cimentaciones:** durante esta primera fase se llevará a cabo el acondicionamiento del terreno de la finca. Se realizará el correspondiente movimiento de tierras y se compactará convenientemente, para posteriormente realizar las cimentaciones.
- **Montaje de estructura metálica:** para el soporte de los módulos fotovoltaicos.
En dicha fase de obra se llevará a cabo el montaje de la estructura metálica para posteriormente colocar los paneles fotovoltaicos.
- **Montaje de módulos fotovoltaicos e inversores:**
 - ✓ **Cubierta del edificio:** se instalarán los paneles fotovoltaicos sobre la cubierta del edificio, nunca fuera de ella.
- **Cableado y conexionado:** una vez montada la estructura y colocados los paneles fotovoltaicos, se realiza el cableado y conexionado de los mismos. El cableado se tira hasta los centros de inversión, para que se invierta la corriente continua a alterna. El centro de transformación (CT) es un elemento prefabricado que se descarga en el huerto mediante grúa. Los trabajos deben realizarse sin tensión.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

- Pruebas y puesta en marcha de los distintos equipos y sistemas: finalmente se realizarán las pruebas y puesta en marcha de equipos y sistemas.

La obra se enclava en una zona de clima continental, con inviernos fríos y veranos calurosos. Los trabajos se desarrollarán al aire libre teniendo en cuenta que los trabajos en altura y manipulación de cargas con grúas, estarán limitadas en función de la lluvia, nieve, heladas o de las velocidades del viento.

1.5. Acceso y vallado.

Quedará prohibido el paso de personas ajenas a la obra, por tanto se construirán con carácter temporal, vallas, cercas, o barreras que impidan el paso al interior de la zona de trabajo.

Una vez realizado el acondicionamiento de los terrenos, se dispondrá el vallado perimetral del recinto de obra, con el fin de evitar que cualquier persona ajena tenga fácil acceso a la misma.

Los accesos de materiales, estarán debidamente señalizados y se realizarán desde las carreteras adyacentes existentes. En dichos accesos, en sitio visible, se colocarán carteles prohibiendo la entrada a personas ajenas a la obra, así como carteles de uso obligatorio de los equipos de protección individual en el recinto de la misma, de prohibición y de advertencia de peligros.

El tráfico rodado estará formado por camiones de transporte de material, camiones hormigonera y camiones grúa. También podrán acceder a la obra vehículos pertenecientes a trabajadores, coordinador de seguridad, encargados técnicos, así como de las personas necesarias para la buena ejecución de dicho proyecto.

Circulación peatonal: No se ve afectada por la realización de esta obra.

Se ejecutarán viales de acceso que recorran el interior de la parcela, según proyecto, de tal manera que los vehículos puedan circular sin dificultades y acceder a todos los lugares durante la ejecución de las tareas. Estos caminos garantizarán el tránsito de vehículos independientemente de las condiciones climáticas.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

1.6. Suministro de energía eléctrica y agua potable.

La energía eléctrica será suministrada por un grupo electrógeno de potencia suficiente para la ejecución de los trabajos a realizar.

El suministro de agua está previsto mediante un servicio periódico de abastecimiento de agua potable a la obra.

1.7. Acopio de materiales y contenedores.

Se realizará el acopio de materiales en una zona habilitada a tal fin y que gestionará el supervisor de obra bajo el mando directo del jefe de obra. El acopio se realizará de forma ordenada y racional, evitando obstruir zonas de paso o tránsito de personas o máquinas.

Se instalarán también contenedores de obra al objeto de separar escombros, papeles, plásticos y cartones, con la intención de llevar a cabo un reciclaje de dichos materiales sobrantes.

1.8. Seguro de responsabilidad civil.

La empresa contratista dispone de cobertura de responsabilidad civil en el ejercicio de su actividad industrial, cubriendo el riesgo inherente a su actividad como constructor por los daños a terceras personas de los que pueda resultar responsabilidad civil extracontractual a su cargo, por hechos nacidos de culpa o negligencia; imputables al mismo o a las personas de las que debe responder.

1.9. Actuaciones en caso de emergencia.

En base a las circunstancias habituales de la ejecución de la obra, se considera razonable contemplar las siguientes actuaciones de emergencia:

- Emergencia médica.
- Emergencia de incendio.
- Evacuación del centro por cualquier circunstancia.
- Atraco.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

1.9.1. Plan de actuación frente a emergencias médicas.

Siempre que acontezca una emergencia médica, se actuará de la siguiente forma:

- Si se trata de un accidente menor se realizarán las primeras curas empleando el material existente en el botiquín con el fin de minimizar las consecuencias (pequeños vendajes, inmovilizaciones, compresiones en caso de hemorragias,...).
- Si fuera necesaria la actuación del personal sanitario cualificado, se acompañará al accidentado al centro sanitario más próximo, al centro concertado por la mutua de la persona afectada con vehículos propios, transporte público o ambulancia en función de la gravedad.

1.9.2. Plan de actuación frente a emergencias de incendio.

Cuando se produzca una situación de emergencia por incendio se actuará, en función del tipo de incendio que se presente, de la forma que se indica a continuación:

- Plan de actuación frente a un incendio de pequeña importancia:

Ante un incendio de este tipo, el trabajador que lo detecte, tras dar la voz de alarma y hacer que se avise al Responsable de Emergencias, tratará de controlar el mismo mediante la utilización de extintor portátil, si fuera preciso. La rapidez de actuación es fundamental a la hora de evitar que el conato se convierta en un incendio de mayor entidad.

Si el incendio adquiere mayor severidad o no pudiera ser controlado adecuadamente, deberá seguirse el Plan de actuación siguiente.

- Plan de actuación ante un incendio importante:

En esta situación el Responsable de Emergencias deberá actuar de la siguiente forma:

- ✓ Dará orden de aviso al Servicio de Bomberos.
- ✓ Pondrá en marcha el plan de evacuación.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

1.9.3. Plan de evacuación.

El Plan de evacuación se pondrá en marcha por indicación del Responsable de Emergencias, persona responsable de la misma.

El Responsable de Emergencias se asegurará de que todos los trabajadores hayan salido de sus respectivos puestos de trabajo y deberá contabilizar en el punto de reunión determinado que no falta nadie. En caso contrario, avisará de ello al Servicio de Bomberos.

1.9.4. Actuación frente a un atraco.

En caso de presentarse una emergencia de este tipo conviene tener presente que no se debe intentar frustrar el atraco y, ni siquiera activar el sistema de alarma si ello pone en peligro a alguna persona. Ante esta situación, la actuación recomendada sería:

- Permanecer absolutamente pasivo.
- No hacer ningún tipo de movimiento brusco o sospechoso.
- Obedecer las órdenes del atracador con la mayor calma posible.
- No hablar, salvo contestar alguna pregunta.
- Si para cumplir una orden del atracador es preciso hacer algún movimiento extraño, explicar por qué se hace.
- No intentar apresar o desarmar al atracador.
- No interrumpir su huida ni emprender su persecución.
- Observar el vehículo utilizado para huir (matrícula, color, marca, desperfectos, ocupantes) y la dirección tomada.
- Activar el sistema de alarmar cuando desaparezca el peligro.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

1.10. Coordinación de actividades empresariales.

Las empresas contratadas deberán facilitar a la empresa contratante la evaluación de riesgos que se derivan de la actividad para la que han sido contratadas y cumplirla. En caso de que existiera alguna incompatibilidad entre las medidas preventivas propias para realizar las tareas para las que ha sido contratada la empresa, y las medidas preventivas propias de la obra, la empresa contratada deberá adecuar sus pautas de actuación de forma que los trabajos realizados en la obra sean seguros. Si se diera la situación de que la empresa contratada no fuera capaz de adecuar su actividad a las medidas preventivas de la obra, se deberá poner en conocimiento de ambas partes por escrito, de forma que se puedan adoptar medidas que permitan eliminar los riesgos antes de comenzar los trabajos, con la supervisión de la Coordinación de Seguridad y Salud en la ejecución de la obra.

1.11. Primeros auxilios y asistencia sanitaria.

- Botiquín:

De acuerdo con el apartado 14 del R.D. 1627/97 y el apartado A del Real decreto 486/97 sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo, la obra dispondrá del material de primeros auxilios que se recoge a continuación, indicándose también los centros asistenciales más cercanos a los que trasladar los trabajadores que puedan resultar heridos:

Tipo de asistencia	Ubicación	Distancia y tiempo de llegada
Primeros auxilios	Botiquín portátil	En obra
Accidente leve	Centro de salud, consultorio	4 km, 8min
Accidentes graves	Hospital	4 km, 7 min

Los botiquines serán revisados mensualmente y repuesto inmediatamente lo consumido o caducado, por el encargado.

Cada botiquín contendrá: agua oxigenada, alcohol de 96°, un antiséptico, amoníaco, algodón hidrófilo, gasa estéril, vendas, esparadrapo, antiespasmódicos, bolsas de goma para hielo y agua, guantes esterilizados, colirio estéril.

En el botiquín se dispondrá un cartel claramente visible en el que se indiquen todos los teléfonos de los centros hospitalarios más próximos: médico, ambulancias, bomberos, policía, etc.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

- Medicina preventiva.

Con el fin de lograr evitar en la medida de lo posible las enfermedades profesionales en esta obra, así como los accidentes derivados de trastornos físicos, síquicos, alcoholismo y resto de toxicomanías peligrosas, el contratista adjudicatario y los subcontratistas, en cumplimiento de la legislación laboral vigente, realizarán los reconocimientos médicos previos a la contratación de los trabajadores en esta obra y los preceptivos de ser realizados al año de su contratación. Y así mismo, exigirá su cumplimiento puntualmente, al resto de las empresas que sean subcontratadas por cada uno de ellos para esta obra.

- Emergencias:

Debe disponerse de un cartel claramente visible en el que se indiquen los centros asistenciales más próximos a la obra en caso de accidente.

- ✓ Emergencias: 112.
- ✓ Información Toxicológica: 915 620 420.
- ✓ Bomberos: 112.
- ✓ Policía Local: 955 616 968.
- ✓ Guardia Civil: 062.
- ✓ Policía Nacional: 091.

Deberá existir un teléfono móvil, a los efectos de cualquier necesidad de llamada para evacuación de heridos u otra necesidad operativa que pueda presentarse.

Deberá haber un vehículo para atender cualquier posible evacuación de accidentados.

Cuando se produzca un accidente en la obra y la/s persona/s afectada/s necesite/n atención médica, se le/s enviará al Hospital o Centro asistencial de la Mutua de Accidentes, más cercano a la obra.

En el caso de que el facultativo que atienda a la/s persona/s accidentada/s, califique las lesiones como grave, muy grave, causen el fallecimiento del accidentado o se lesionen en el mismo accidente cuatro o más trabajadores, se comunicará inmediatamente el suceso, a la oficina de la empresa contratista principal.

Mediante la utilización del procedimiento de cumplimentación del parte interno de accidente, se comunicarán todos los accidentes que sucedan en la obra.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

1.11.1. Accidente menor.

Interrumpir la situación de peligro sin arriesgar al afectado ni a ningún otro compañero y efectuar primeros auxilios y se avisará al encargado de obra.

Todos los accidentes se comunicarán al coordinador de seguridad y salud, con el fin de investigar sus causas y adoptar las correcciones oportunas.

Trasladar al accidentado a un centro hospitalario, si fuera necesario.

Realizar Declaración de accidente (con copia a la Dirección Facultativa).

1.11.2. Accidente grave o mortal.

Igual que en caso de accidente menor y, además, comunicar a los servicios de socorro la naturaleza, gravedad, nº afectados y situación de los mismos.

En caso de accidentes graves se trasladará al herido al HOSPITAL más cercano.

Se informará inmediatamente a la Mutua Patronal, Dirección Facultativa y Autoridades pertinentes, además de contactar con el personal de prevención de la empresa.

1.11.3. Asfixia o electrocución.

- Detener la causa que lo genera, sin exponerse uno mismo.
- Avisar a los efectivos de seguridad.
- Si el accidentado respira, situarlo en posición lateral de seguridad.
- Si no respira, realizar el boca a boca.

1.11.4. Quemaduras.

- En todos los casos, lavar abundantemente con agua del grifo.
- Si la quemadura es grave, por llama o líquidos hirvientes, no despojar de la ropa, y mojar abundantemente con agua fría.
- Si la hinchazón es profunda, desinfectarla con un antiséptico y recubrir con gasas.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

1.11.5. Heridas o cortes.

- Si son superficiales, desinfectar con productos antisépticos y recubrir con una protección adhesiva.
- Importante, recubrir la herida con compresas y, si sangra abundantemente, presionar con la mano o con una banda bien ajustada, sin interrumpir la circulación de la sangre.

1.12. Medidas de protección contra incendios.

Todas las obras de construcción están sujetas al riesgo de incendio, por lo que se establecen las siguientes normas de obligado cumplimiento como medidas preventivas:

- Queda prohibido la realización de hogueras, la utilización de mecheros, realización de soldaduras y asimilables en presencia de materiales inflamables, si antes no se dispone del extintor idóneo para la extinción del posible incendio.
- Se tendrán los extintores en lugares próximos a los puntos de trabajo, así como en las instalaciones fijas de la obra. Estando estos situados en todo momento en lugar visible y de fácil acceso a todo el personal de la obra.
- Los extintores a montar en la obra serán nuevos, a estrenar, de 6 kg de peso, de polvo ABC. Serán revisados y retimbrados según el mantenimiento exigido legalmente mediante concierto con una empresa autorizada.

Normas de seguridad para la instalación y uso de los extintores de incendios:

- Se instalarán sobre patillas de cuelgue o sobre carro.
- En cualquier caso, sobre la vertical del lugar donde se ubique el extintor en tamaño grande, se instalará una señal normalizada con el oportuno pictograma y la palabra “EXTINTOR”.

En actuaciones con riesgo de producir incendios, por generación de partículas incandescentes (soldaduras, perfilados, taladros, etc.), se debe proceder al riesgo, antes y después de la actuación, de la zona adyacente a la que se están efectuando los trabajos, comprobándose al final de la jornada que no existe riesgo de incendios por motivo de las actuaciones de la obra.

Cada contratista y subcontratista garantizarán a su personal el cumplimiento de las medidas de emergencia, según lo descrito en el artículo 20 de la Ley 31/95 de Prevención de riesgos laborales.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

En caso de evacuación durante el desarrollo de la obra, se establece como punto de reunión general de todo el personal existente en la misma, la puerta de acceso al edificio. En dicho lugar se realizará el recuento de los trabajadores, y si es posible, se podrá retornar al trabajo pasada la situación de emergencia.

1.13. Instalaciones para el personal.

1.13.1. Instalaciones provisionales.

1.13.1.1. Generalidades

El deber de protección de la seguridad y salud de los trabajadores que el artículo 14 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales de 8 de noviembre de 1995 encomienda al empresario, incluye todos los aspectos relacionados con el trabajo.

En este sentido amplio es contemplada la planificación de la prevención en el artículo 15 de la citada Ley, como uno de los principios generales de la acción preventiva, que debe buscar la integración de la técnica, la organización del trabajo, las condiciones de trabajo, las relaciones sociales y la influencia de los factores ambientales en el trabajo.

Precisamente entre dichas condiciones de trabajo, el artículo 4º.7 de la misma Ley enumera, en primer lugar, las características generales de los locales, instalaciones, equipos, productos y demás útiles existentes en el centro de trabajo.

Las obras de construcción como centro específico de trabajo encuadrado en el marco de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, no podían ser ajenas a las prescripciones anteriores.

Y así, en cumplimiento del principio de integración de la actividad preventiva desde el momento mismo del proyecto empresarial, que impregna el nuevo enfoque de la prevención, el artículo 5º del Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, establece, como parte del contenido mínimo del plan de seguridad y salud, la descripción de los servicios sanitarios y comunes de que deberá estar dotado el centro de trabajo de la obra, en función del número de trabajadores que vayan a utilizarlos.

En cumplimiento de las prescripciones citadas anteriormente se procede a analizar las características de estas instalaciones:

- Dado el volumen de trabajadores previsto, es necesario aplicar una visión global de los problemas que plantea el movimiento concentrado y simultáneo de personas dentro de ámbitos cerrados en los que se deben desarrollar actividades cotidianas, que exigen cierta intimidad o relación con otras personas. Esas circunstancias condicionan su diseño.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

- Al diseñarlas, se ha intentado dar un tratamiento uniforme, contrario a las prácticas que permiten la dispersión de los trabajadores en pequeños grupos repartidos descontroladamente por toda la obra, con el desorden por todos conocido y que es causa del aumento de los riesgos de difícil control, falta de limpieza de la obra en general y aseo deficiente de las personas.

Los principios de diseño han sido los que se expresan a continuación:

- Aplicar los principios que regulan estas instalaciones según la legislación vigente, con las mejoras que exige el avance de los tiempos.
- Dar el mismo tratamiento que se da a estas instalaciones en cualquier otra industria fija; es decir, centralizarlas metódicamente.
- Dar a todos los trabajadores un trato igualitario de calidad y confort, independientemente de su raza y costumbres o de su pertenencia a cualquiera de las empresas: principal o subcontratadas, o se trate de personal autónomo o de esporádica concurrencia.
- Resolver de forma ordenada y eficaz las posibles circulaciones en el interior de las instalaciones provisionales, sin graves interferencias entre los usuarios.
- Permitir que se puedan realizar en ellas de forma digna reuniones de tipo sindical o formativo, con tan sólo retirar el mobiliario o reorganizarlo.
- Organizar de forma seguro el ingreso, estancia en su interior y salida de la obra.

1.13.1.2. Instalaciones provisionales con módulos prefabricados.

- Ubicación y montaje.

Las instalaciones provisionales para los trabajadores se ubicarán en el interior de módulos metálicos prefabricados, comercializados en chapa emparedada con aislante térmico y acústico.

Se ha modulado cada una de las instalaciones de vestuario para 20 trabajadores, de tal forma que den servicio a todos los trabajadores adscritos a la obra según la curva de contratación.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

- Retretes.

Los retretes estarán dispuestos en las proximidades.

Estarán separados para hombres y mujeres, o se preverá su utilización por separado.

- Agua potable.

Los trabajadores dispondrán en la obra de agua potable y, en su caso, de otra bebida apropiada no alcohólica en cantidad suficiente, siendo suministrada periódicamente.

Los suelos, paredes y techos de los aseos, serán continuos, lisos, e impermeables y han de permitir el lavado, con líquidos desinfectantes o antisépticos.

Los elementos que conforman estos módulos, estarán permanentemente en perfecto estado de conservación y aptos para su utilización y uso.

1.14. Formación e información de los trabajadores.

La empresa constructora, se encargará de que todo su personal reciba la formación adecuada para la realización de su actividad laboral, de acuerdo con métodos de trabajo correctos, de tal manera que cada uno de ellos tenga conocimiento de los riesgos propios de dicha actividad laboral, así como de las conductas a observar en determinadas maniobras o situaciones de emergencia y, en el uso correcto de protecciones colectivas e individuales.

La realización de cada sesión informativa será comunicada con la suficiente antelación a los trabajadores, recogándose la asistencia al mismo en un registro, cuyo original deberán firmar todos los asistentes.

Independientemente de la formación que reciban de tipo convencional, como información específica, se entregará a cada jefe de brigada, una copia del presente Plan de Seguridad y Salud.

El personal que realice trabajos eléctricos contará con la formación requerida en el Real Decreto 614/2001 y, de acuerdo con los trabajos a realizar. Conocerá las Prescripciones de Seguridad para trabajos y maniobras en instalaciones eléctricas, debiendo poseer cada trabajador un ejemplar de esas normas o prescripciones.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

1.15. Reconocimientos médicos.

De acuerdo con el artículo 22 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, se garantizará a todos los trabajadores a su servicio la vigilancia de su estado de salud en función de los riesgos inherentes al puesto de trabajo que desempeñen.

De acuerdo con las disposiciones oficiales vigentes, el Contratista Principal, realizará los reconocimientos médicos de la siguiente forma:

- Reconocimiento de ingreso: todo el personal debe pasar un reconocimiento médico al ingreso en la empresa.
- Reconocimientos periódicos: Anualmente se practicará un reconocimiento médico voluntario a quien lo desee.
- Reconocimientos especiales: se efectuarán en un caso excepcional y cuando la empresa lo considere necesario.

De acuerdo con el principio de confidencialidad bajo el que se desarrolla el programa de la vigilancia de la salud, no se incluyen los datos médicos de carácter personal.

1.16. Organización de seguridad de la obra.

1.16.1. Responsable de seguridad de la obra.

La empresa Contratista Principal nombrará un responsable de seguridad, el cual estará a pie de obra desde el principio de la misma, siguiendo el buen seguimiento del Plan.

El responsable tendrá como principales misiones las siguientes:

- Conocer y llevar a la práctica el Plan de Seguridad y Salud.
- Comprobar que se colocan correctamente las protecciones colectivas, que éstas están en las debidas condiciones para ser usadas, que se almacenan correctamente (cuando no se usen) y, de que se realice un adecuado mantenimiento.
- Informar o asegurarse de que los trabajadores han recibido la preceptiva información respecto de los riesgos de sus puestos de trabajo.
- Comprobará que cada trabajador dispone de los correspondientes equipos de protección individual en las debidas condiciones de uso.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

- Tendrá en su poder siempre un croquis, plano o dibujo con los caminos de evacuación de los posibles accidentados desde su tarea hasta los centros asistenciales y hospitales (con las direcciones y teléfonos de los mismos). Como apoyo a esto tendrá que llevar un medio para comunicar con los centros asistenciales.
- Verificará que la documentación (autorizaciones, revisiones periódicas, seguros, etc.) de los vehículos y maquinaria de obra están en regla.
- Vigilará que los vehículos y máquinas sean manejados únicamente por operarios que disponen de autorización de la empresa para ello.
- Supervisará que las condiciones relativas al orden y la limpieza en la obra son correctas, así como que se cumplen las medidas preventivas establecidas para diferentes máquinas y tareas del trabajo en la obra.

1.16.2. Encargado de seguridad de las tareas de la obra.

Dentro de cada tarea, la empresa Contratista Principal delegará la función de responsable de seguridad en el jefe de equipo, que tendrá las mismas funciones que las del Responsable de Seguridad. Además, en caso de subcontratación se designarán vigilantes de seguridad.

1.16.3. Recurso preventivo.

El recurso preventivo será la medida a partir de la cual el empresario centralizará la coordinación de las medidas preventivas en la obra.

Según la Ley 54/2003, se consideran recursos preventivos:

- Uno o varios trabajadores designados de la empresa contratista.
- Uno o varios miembros del servicio de prevención de la empresa.
- Uno o varios miembros del o de los servicios de prevención concertados por la empresa contratista.

El empresario podrá asignar la presencia de forma expresa a uno o varios trabajadores de la empresa que, sin formar parte del servicio de prevención propio ni ser trabajadores designados, reúnan los conocimientos, la cualificación y la experiencia necesaria en las actividades y procesos y cuenten con la formación preventiva correspondiente, como mínimo, a las funciones de nivel básico.

En este supuesto, tales trabajadores deberán mantener la necesaria colaboración con los recursos preventivos del empresario.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

Las funciones del recurso preventivo son:

- Han de garantizar el desempeño correcto de las funciones de vigilancia del cumplimiento de las medidas incluidas en el plan de seguridad y salud y de la eficacia de éstas, debiendo permanecer a pie de obra para la efectividad de su objetivo.
- Será una ayuda para el cumplimiento de las funciones de los coordinadores de seguridad en ejecución de obra, al contar estos con una varias personas en la obra a las que podrán dirigirse para el correcto cumplimiento de las instrucciones impartidas y controlar la vigilancia diaria.
- Deberán disponer de los medios necesarios para poder llevar a cabo sus funciones.
- Deberán permanecer en el centro de trabajo durante el tiempo en que se mantenga la situación que determine su presencia.
- Vigilancia y control de los equipos de protección individual y colectiva, que, como consecuencia de los riesgos laborales evaluados en todas las fases de la obra, máquinas y equipos utilizados, pretenden controlarlos y reducirlos: utilización, uso adecuado, estado, mantenimiento, etc.
- Vigilar la organización de la obra, planificación, concurrencia entre empresas, control de ejecución de procesos y métodos, control de personal y control documental de modo satisfactorio. No significa en ningún caso que el recurso preventivo tenga que decidir sobre cómo hay que realizar la organización de la obra, ni mucho menos que tiene que planificar la concurrencia entre empresas por ejemplo. Se tiene que limitar a comprobar que las concurrentes en obra cumplen establecido en el plan: han sido informadas de los riesgos de la obra, han notificado a sus trabajadores dichos riesgos, etc.
- Comprobar que los riesgos evaluados en las diferentes unidades de obra se mantienen en los límites de probabilidad y consecuencia de daños considerados en el Plan, para garantizar la eficacia de las medidas adoptadas en el plan.
- Comprobar que las protecciones colectivas empleadas conforme se especifica en el Plan, mantienen su eficacia porque se utilizan para hacer frente a los riesgos previstos en los niveles evaluados y con las medidas preventivas en sus grados de eficacia establecidos. En cualquiera de estos casos no se trata de realizar ensayos, ni complejos análisis estadísticos o probabilísticos, se trata exclusivamente de leerse responsable y consecuentemente el Plan y comprobar si su aplicación in-situ es efectiva.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

- Los recursos preventivos pueden paralizar los trabajos en casos de riesgo grave e inminente.

Organización interna de la obra:

- Control del emplazamiento de los puestos y áreas de trabajo, condiciones de acceso y vías de desplazamiento y circulación de personal y vehículos conforme se especifica en el Plan de Seguridad.
- Control de los medios necesarios para el acceso a los puestos y áreas de trabajo, instalando escaleras, rampas, pasarelas, plataformas, etc.
- Control de la manipulación de los distintos materiales por medios mecánicos o manuales, controlar que realice el mantenimiento.
- Control previo a la puesta en servicio y control periódico de las instalaciones y dispositivos necesarios para la ejecución de la obra.
- Controlar la delimitación de zonas de almacenamiento y depósito de materiales (especialmente las peligrosas).
- Controlar la recogida de los materiales peligrosos utilizados (de acuerdo con la legislación específica, siguiendo las especificaciones del fabricante que figuran en las etiquetas del producto).
- Planificación de recursos:
 - ✓ Permite la planificación de la vigilancia y control de concurrencia entre empresas.
 - ✓ Planifica la vigilancia y control del montaje y desmontaje de protecciones colectivas.
 - ✓ Planifica la vigilancia y control de talleres y almacenes, acopios de materiales, etc.,
 - ✓ Planifica la vigilancia de entrega de documentación a los trabajadores.
 - ✓ Planifica la vigilancia de revisiones, inspecciones y auditorías internas de la obra.
 - ✓ Planifica la vigilancia de formación en materia de seguridad de los trabajadores.
 - ✓ Planifica la vigilancia de la salud de las subcontratas y trabajadores autónomos.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

- Control de personal: control de acceso de personal y vehículos autorizados a obra (procedimiento propuesto por el contratista, que será validado por el coordinador de seguridad y controlado por el recurso preventivo).
- No permitirá entrar en obra ningún contratista que no tenga su plan aprobado o no tenga realizada la consiguiente apertura de centro de trabajo.
- No permitirá entrar en obra ningún subcontratista que no haya recibido parte correspondiente del plan de seguridad aprobado.
- Control de la capacidad profesional de los trabajadores en materia de seguridad y salud para desarrollar su tarea.
- Control de la formación general y específica en materia de seguridad y salud personal.
- Control documental de personal de contratas, subcontratas, trabajadores de empresas de trabajo temporal y trabajadores autónomos.
- Controlar el mantenimiento e la obra en buen estado de orden y limpieza.

1.16.4. Subcontrata.

Si por razones de ejecución de obra se debiera subcontratar a otra/s empresa/a o trabajadores autónomos, la empresa Contratista Principal suministrará la información adecuada acerca de los riesgos y medidas de prevención generales y específicas para las tareas a realizar, cumpliendo con las obligaciones que establece la Ley 32/2006 de 18 de octubre, reguladora de la Subcontratación y R.D. 1109/2007 de 24 de agosto. Las subcontratas se adherirán a este Plan.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

1.17. Modalidad preventiva del contratista.

El contratista principal que realiza el presente Plan de seguridad y salud cuenta con una modalidad preventiva por medio de un Servicio de Prevención Ajeno, con el cual se tienen contratados los servicios de Seguridad, Higiene, Psicosociología y Ergonomía, y Vigilancia de la Salud.

Todas la subcontratas que participen en la ejecución de la obra, con independencia del contratista que procedan, deberán tener adquirida una modalidad preventiva, bien propia o ajena, en regla y en vigor.

2) Evaluación de riesgos.

2.1. Análisis de riesgos y su prevención.

Para el análisis de riesgos y medidas de prevención a adoptar, se dividirán las obras en una serie de trabajos por especialidades o unidades constructivas, dentro de los apartados correspondientes a la obra civil, así como en una serie de equipos técnicos y medios auxiliares necesarios para llevar a cabo la ejecución de las mismas.

- Obra civil.
 - ✓ Gremio albañilería.
 - ✓ Movimiento de tierras.
 - ✓ Hormigonado.
 - ✓ Gremio herrería- Ferrallas.
- Trabajos de montaje.
 - ✓ Montaje de equipos.
 - ✓ Montaje de paneles fotovoltaicos e inversores.
- Trabajos eléctricos en baja tensión.
 - ✓ Instalación eléctrica.
 - ✓ Montaje de instalaciones eléctricas.
 - ✓ Montaje y conexionado de equipos eléctricos.
 - ✓ Conexionado y pruebas.
- Manipulación de cargas.
 - ✓ Manipulación de cargas.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

- Trabajos con camión grúa.
 - ✓ Consideraciones generales.
 - ✓ Colocación del camión grúa.
 - ✓ Manejo de cargas.
 - ✓ Señalización del vehículo.
 - ✓ Circulación.

- Trabajos con maquinaria.
 - ✓ Grupo electrógeno.
 - ✓ Grúa autopropulsada.
 - ✓ Vehículo de transporte.
 - ✓ Retroexcavadora.
 - ✓ Rodillo compactador.
 - ✓ Dumper y mini-dumper.
 - ✓ Camión volquete y hormigonera.

- Trabajos con escaleras y andamios.
 - ✓ Escaleras simples y extensibles.
 - ✓ Escaleras de tijeras.
 - ✓ Andamio de borriqueta.

- Máquinas y herramientas.
 - ✓ Trabajos con radial.
 - ✓ Trabajos con taladro.
 - ✓ Trabajos pistola clavadora.
 - ✓ Trabajos soldadura eléctrica.
 - ✓ Trabajos con hormigonera.
 - ✓ Trabajos con cadenas y cables.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

2.2. Evaluación de los riesgos.

La acción preventiva de la empresa se planificará por el empresario a partir de una evaluación inicial de los riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores, que se realizará, con carácter general, teniendo en cuenta la naturaleza de la actividad, y en relación con aquellos que estén expuestos a riesgos especiales.

Igual evaluación deberá hacerse con ocasión de la elección de los equipos de trabajo, de las sustancias o preparados químicos y del acondicionamiento de los lugares de trabajo. La evaluación inicial tendrá en cuenta aquellas otras actuaciones que deban desarrollarse de conformidad con lo dispuesto en la normativa sobre protección de riesgos específicos y actividades de especial peligrosidad. La evaluación será actualizada cuando cambien las condiciones de trabajo y, en todo caso, se someterá a consideración y se revisará, si fuera necesario, con ocasión de los daños para la salud que se hayan producido. Cuando el resultado de la evaluación lo hiciera necesario, el empresario realizará controles periódicos de las condiciones de trabajo y de la actividad de los trabajadores en la prestación de sus servicios, para detectar situaciones potencialmente peligrosas.

En la evaluación de riesgos se identificarán todos aquellos riesgos que, aún habiéndose adoptado las necesarias medidas colectivas o individuales, pudieran materializarse en accidentes graves.

Si los resultados de la evaluación prevista en el apartado anterior lo hicieran necesario, el empresario realizará aquellas actividades de prevención, incluidas las relacionadas con los métodos de trabajo y de producción, que garanticen un mayor nivel de protección de la seguridad y la salud de los trabajadores. Estas actuaciones deberán integrarse en el conjunto de las actividades de la empresa y en todos los niveles jerárquicos de la misma.

Las actividades de prevención deberán ser modificadas cuando se aprecie por el empresario, como consecuencia de los controles periódicos previstos en el apartado anterior, su inadecuación a los fines de protección requeridos.

Cuando se haya producido un daño para la salud de los trabajadores o cuando, como ocasión de la vigilancia de la salud, prevista en el artículo 22, aparezcan indicios de que las medidas de prevención resultan insuficientes, el empresario llevará a cabo una investigación al respecto, a fin de detectar las causas de estos hechos.

Realizado el pertinente estudio de los trabajos a realizar según el Proyecto de la obra a realizar, así como identificados y estudiados los riesgos correspondientes a las diferentes actividades que se llevarán a cabo según dicho proyecto, el presente Plan de Seguridad y Salud se redacta en base a la identificación de los siguientes riesgos, como riesgos generales de la obra adjudicada:

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

- Caídas de personas a distinto nivel.
- Caídas de personas al mismo nivel.
- Caída de objetos en manipulación.
- Pisadas sobre objetos.
- Atrapamiento por o entre objeto.
- Golpes y cortes por objetos y herramientas.
- Proyección de fragmentos o partículas.
- Atrapamiento por vuelco de máquinas.
- Contactos eléctricos.
- Cortes.
- Incendios.

2.3. Método empleado.

La identificación de riesgos, protecciones y medidas preventivas de la obra es el compendio de tres factores, el entorno de trabajo (al aire libre), la propia actividad así como la maquinaria y medios auxiliares a emplear en las distintas fases de la misma.

La evaluación de riesgos en la obra se efectúa según el método elaborado por el INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo).

En función de su probabilidad estimada y las consecuencias esperadas se clasifican en:

		CONSECUENCIAS		
		Ligeramente dañino (LD)	Dañino (D)	Extremadamente dañino (ED)
PROBABILIDAD	BAJA (B)	TRIVIAL (Tr)	Tolerable (To)	Moderado (M)
	MEDIA (M)	Tolerable (To)	Moderado (M)	Importante (I)
	ALTA (A)	Moderado (M)	Importante (I)	Intolerable (I)
NIVELES DE RIESGO				

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

En el cual se define como:

PROBABILIDAD

Baja (B)	El daño ocurrirá varias veces
Media (M)	El daño ocurrirá en algunas ocasiones
Alta (A)	El daño ocurrirá siempre o casi siempre

Las consecuencias del daño en función de las partes del cuerpo afectadas y la propia naturaleza del daño, graduándose desde ligeramente dañino a extremadamente dañino:

CONSECUENCIAS

Ligeramente dañino (LD)	Daños superficiales (cortes, magulladuras, irritaciones en los ojos, dolor de cabeza, discomfort)
Dañino (D)	Quemaduras, conmociones, fracturas menores, laceraciones, sordera,
Extremadamente dañino (ED)	Amputaciones, fracturas, lesiones múltiples o fatales, cáncer, enfermedades crónicas, intoxicaciones.

Considerando los niveles de riesgo indicados como base para decidir si se requiere la mejora de los controles existentes o implantar otros nuevos, resulta:

Riesgos	Acciones y temporización
TRIVIAL	No se precisa acción específica
TOLERABLE	No se necesita mejorar la acción preventiva. Se deben considerar soluciones o mejoras que no supongan una carga económica importante. Se requieren comprobaciones periódicas para asegurar que se mantiene la eficacia de las medidas de control.
MODERADO	Se deben hacer esfuerzos para reducir el riesgo, determinando las inversiones precisas. Las medidas para reducir el riesgo deben implantarse en un período determinado. Cuando el riesgo moderado está asociado con consecuencias extremadamente dañinas, se precisará una acción posterior para establecer, con más precisión, la probabilidad del daño como base para determinar la necesidad de mejora de las medidas de control.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

IMPORTANTE

No debe comenzarse el trabajo hasta que se haya reducido el riesgo. Puede que se precisen recursos considerables para controlar el riesgo. Cuando el riesgo corresponda a un trabajo que se está realizando, debe remediarse el problema en un tiempo inferior al de los riesgos moderados.

INTOLERABLE

No se debe comenzar ni continuar el trabajo hasta que se reduzca el riesgo. Si no es imposible aún con recursos limitados, debe prohibirse el trabajo.

En el resultado final de la evaluación como conjunto de la actividad, con el entorno será la de carácter desfavorable cuyo cómputo final será el resultado de conjugar ésta con la de la maquinaria y medios auxiliares a intervenir en cada operación.

3) Identificación, evaluación y medidas preventivas.

3.1. Riesgos de actividades y maquinarias de obra.

Para el análisis de riesgos y medidas de prevención a adoptar, se dividirán las obras en una serie de trabajos por especialidades o unidades constructivas, dentro de los apartados correspondientes a la obra civil, así como en una serie de equipos técnicos y medios auxiliares necesarios para llevar a cabo la ejecución de las mismas.

Las diferentes tareas a realizar durante la ejecución de una obra con factores de riesgo son:

- Despeje y desbroce.
- Excavación.
- Encofrado.
- Colocación de acero.
- Cimientos de apoyo.
- Montaje de prefabricados.
- Montaje de paneles fotovoltaicos.
- Canalizaciones.
- Instalación eléctrica.
- Conexión a red eléctrica.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

3.1.1. Despeje y desbroce.

Esta actividad describe el proceso constructivo consistente en la extracción y retiro de la zona de obra de árboles, plantas, maleza, tocones, broza, basura o cualquier otro material no deseable que se encuentre dentro de dicho terreno.

Estas tareas se realizan en toda la superficie de terreno sobre el que se asienta la obra.

- Riesgos más frecuentes:
- Atropellos y colisiones originados por la maquinaria.
- Vuelcos y deslizamiento de las máquinas.
- Caídas en altura.
- Caídas al mismo nivel.
- Generación de polvo.
- Desprendimientos de tierras.

Medidas preventivas:

- Señalización de la zona de trabajo.
- Las maniobras de maquinaria serán dirigidas por personas diferentes al conductor.
- Siempre que la máquina esté trabajando tendrá las zapatas de anclaje apoyadas en el terreno.
- Control de paredes de excavación, sobre todo después de los días de lluvia, o interrupción de los trabajos más de 24 horas.
- Prohibición de estancia de personal en la proximidad de las máquinas durante el trabajo de éstas (5 metros).
- Aviso de salida de camiones a la vía pública por operario diferente al conductor.
- Correcta disposición de la carga de tierras en camiones.
- Las máquinas no se utilizarán en ningún caso como transporte de personal.
- No acopiar materiales en los bordes de las excavaciones.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

- No acopiar materiales en la zona de tránsito.
- Señalización del tráfico en forma ordenada y sencilla.

Protecciones colectivas:

- Señalización.
- Cinta de balizamiento delimitación zona de trabajo.
- Señales óptico-acústica de vehículos de obra.
- Iluminación.
- Protección de personas en instalación eléctrica.
- Prevención de incendios.

Equipos de protección individual (EPIS):

- Ropa de trabajo.
- Casco certificado.
- Trajes de agua en caso necesario.
- Guantes de cuero.
- Cinturón antivibratorio.
- Calzado de seguridad.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

3.1.2. Excavación

Riesgos más frecuentes:

- Atropellos y colisiones originarios por la maquinaria.
- Vuelcos y deslizamiento de las máquinas.
- Caídas en altura.
- Caídas al mismo nivel.
- Generación de polvo.
- Desprendimiento de tierras.

Normas básicas de seguridad:

- Realización de los trabajos por personal cualificado.
- Clara delimitación de las áreas de trabajo, con la mayor limpieza y orden en la zona de trabajo.
- Las maniobras de aproximación de vehículos al borde de las zanjas, serán dirigidas por persona distinta del conductor.
- Será recomendable colocar topes fijos a una distancia prudencial del borde de la zanja, para distanciar a las máquinas o camiones en fase de descarga de materiales.
- Siempre que no existan topes fijos, se colocarán calzos en las ruedas antes de iniciar la operación de descarga.
- Se establecerán las fortificaciones y revestimientos para la contención de tierras que sean necesarias, a fin de obtener la mayor seguridad para el personal. Las entibaciones habrán de ser revisadas al comenzar la jornada de trabajo.

Medidas preventivas:

- Señalización de la zona de trabajo.
- Las maniobras de maquinaria serán dirigidas por personas diferentes al conductor.
- Siempre que la máquina está trabajando tendrá las zapatas de anclaje apoyadas en el terreno.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

- Control de paredes de excavación, sobre todo después de los días de lluvia, o interrupción de los trabajos más de 24 horas.
- Prohibición de estancia de personal en la proximidad de las máquinas durante el trabajo de éstas (5 metros.).
- Aviso de salida de camiones a la vía pública por operario diferente al conductor.
- Correcta disposición de la carga de tierras en camiones.
- Las máquinas no se utilizarán en ningún caso como transporte de personal.
- No acopiar materiales en los bordes de las excavaciones.
- No acopiar materiales en la zona de tránsito.
- Señalización del tráfico en forma ordenada y sencilla.

Protecciones colectivas:

- Señalización.
- Cinta de balizamiento delimitación zona de trabajo.
- Señales óptico-acústica de vehículos de obra.
- Iluminación.
- Protección de personas en instalación eléctrica.
- Prevención de incendios.

Protecciones individuales:

- Ropa de trabajo.
- Casco Certificado.
- Trajes de agua en caso necesario.
- Guantes de cuero.
- Cinturón antivibratorio.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

- Calzado de seguridad.

3.1.3. Encofrados.

La tarea de encofrado se llevará a cabo con moldes de madera, que se deberán fijar bien para que la presión que ejerce el hormigón no las separe. Deberán estar limpias y exentas de clavos y herrajes. Para el relleno se utilizará un mortero de hormigón con las proporciones de materiales adecuados.

Riesgos más frecuentes:

- Caída de personas al mismo nivel.
- Caída de personas y/u objetos a distinto nivel.
- Pisadas sobre objetos punzantes.
- Atrapamientos.
- Contactos eléctricos.
- Desprendimientos por mal apilado de la madera de encofrado.
- Golpes en las manos y cuerpo durante la clavazón.
- Cortes al utilizar las sierras de mano o de sierra.
- Sobreesfuerzos.
- Golpes por caída o giro descontrolado de la carga suspendida.
- Inhalación de polvo.
- Los propios del manejo de máquinas y vehículos.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

Medidas preventivas:

- Se prohíbe la permanencia de operarios en las zonas de batido.
- Orden y Limpieza durante la ejecución de los trabajos.
- Ninguna persona permanecerá en el radio de acción de las máquinas.
- Apilar los materiales fuera de la zona de tránsito y sin producir sobrecarga en los bordes de las excavaciones.
- No transportar las cargas por encima de los trabajadores.
- Ningún trabajador permanecerá en la vertical de las cargas izadas.

Equipo de protección individual:

- Guantes de cuero.
- Calzado de seguridad.
- Cinturón porta-herramientas.
- Casco de polietileno certificado.
- Gafas de seguridad antiproyecciones.
- Trajes para tiempo lluvioso.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

3.1.4. Colocación de acero.

Riesgos más frecuentes:

- Caída de personas al mismo nivel.
- Caída de personas y/u objetos a distinto nivel.
- Pisadas sobre objetos punzantes.
- Atrapamientos.
- Contactos eléctricos.
- Golpes y cortes por herramientas.
- Cortes y heridas en manos y pies por manejo de redondos de acero.
- Tropiezos y torceduras al caminar sobre las armaduras.
- Sobreesfuerzos.
- Golpes por caída o giro descontrolado de la carga suspendida.
- Los propios del manejo de máquinas y vehículos.

Medidas preventivas:

- Se prohíbe la permanencia de operarios en las zonas de batido.
- Orden y Limpieza durante la ejecución de los trabajos.
- Ninguna persona permanecerá en el radio de acción de las máquinas.
- Apilar los materiales fuera de la zona de tránsito y sin producir sobrecarga en los bordes de las excavaciones. Se habilitará en obra un espacio dedicado al acopio clasificado de los redondos de ferralla próximo al lugar de montaje de armaduras.
- No transportar las cargas por encima de los trabajadores.
- Ningún trabajador permanecerá en la vertical de las cargas izadas.
- Los desperdicios o recortes de hierro y acero, se recogerán para su posterior carga y transporte al vertedero.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

Equipos de protección individual:

- Guantes de cuero.
- Calzado de seguridad.
- Cinturón porta-herramientas.
- Casco de polietileno certificado.
- Gafas de seguridad antiproyecciones.
- Trajes para tiempo lluvioso.

3.1.5. Cimentación.

Riesgos más frecuentes:

- Caída de personas al mismo nivel.
- Caída de personas y/u objetos a distinto nivel.
- Pisadas sobre objetos punzantes.
- Las derivadas de trabajos sobre suelos húmedos o mojados.
- Atrapamientos.
- Contactos eléctricos.
- Golpes en las manos y cuerpo durante la clavazón.
- Cortes al utilizar las sierras de mano o de sierra.
- Dermatitis por contactos con el cemento.
- Cortes y heridas en manos y pies por manejo de redondos de acero.
- Tropiezos y torceduras al caminar sobre las armaduras.
- Sobre esfuerzos.
- Golpes por caída o giro descontrolado de la carga suspendida.
- Inhalación de polvo.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

- Los propios del manejo de máquinas y vehículos.

Medidas preventivas:

- Se prohíbe la permanencia de operarios en las zonas de batido.
- Orden y Limpieza durante la ejecución de los trabajos.
- Ninguna persona permanecerá en el radio de acción de las máquinas.
- Apilar los materiales fuera de la zona de tránsito y sin producir sobrecarga en los bordes de las excavaciones.
- No transportar las cargas por encima de los trabajadores.
- Ningún trabajador permanecerá en la vertical de las cargas izadas.
- Vertido mediante cubo o cangilón.
- Se prohíbe cargar el cubo por encima de la carga máxima admisible de la grúa o camión grúa que lo sustente.
- La apertura del cubo para vertido se ejecutara accionando la palanca para ello, con las manos protegidas con guantes impermeables.
- Se procurará no golpear con el cubo los encofrados ni las entibaciones.
- Del cubo (o cubilete) penderán cabos de guía para ayuda a su correcta posición de vertido.
- Se prohíbe guiarlo o recibirlo directamente, en prevención de caídas por movimiento pendular del cubo.
- El vertido de hormigón en el interior del encofrado se hará repartiéndolo uniformemente a lo largo del mismo, por tongadas regulares.

Equipos de protección individual:

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

- Guantes de cuero.
- Calzado de seguridad.
- Cinturón porta-herramientas.
- Casco de polietileno certificado.
- Gafas de seguridad antiproyecciones.
- Botas de goma (Hormigonado).
- Trajes para tiempo lluvioso.

3.1.6. Montaje de paneles fotovoltaicos

Riesgos más frecuentes:

- Caídas del personal que interviene en los trabajos, al no utilizar correctamente los medios auxiliares adecuados.
- Desprendimiento de cargas suspendidas.
- Caídas de materiales y/o herramientas empleados en los trabajos.
- Riesgos derivados de la subida y recepción de materiales.
- Proyección de partículas durante los trabajos.
- Atrapamientos por objetos pesados.
- Caídas de personas a distinto nivel.
- Golpes en cabeza y extremidades.
- Caída al mismo nivel.
- Cortes y Golpes por manejo de maquinas herramientas manuales.
- Pisadas sobre objetos punzantes.
- Contactos eléctricos.
- Sobre esfuerzos.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

Medidas preventivas:

- Evitar en lo posible el paso del personal por la vertical de los trabajos.
- No sobrevolar las cargas por encima de los trabajadores, los cuales deberá, así mismo, situarse fuera de la vertical de la carga.
- El transporte mediante la grúa o camión-grúa de puntales, redondos, armadura, etc., se hará suspendiéndolos en dos puntos, asegurando a la vez la imposibilidad de deslizamiento de algún elemento del conjunto.
- No realizar trabajos de formación de la estructura cuando exista hielo, nieve, lluvia, ni vientos superiores a 50 km/hora o amenaza de tormenta.
- Antes de la utilización de cualquier máquina - herramienta, se comprobará que se encuentra en óptimas condiciones y con todos los mecanismos y protectores de seguridad instalados en buen estado, para evitar accidentes.
- Las maniobras de ubicación “in situ” del montaje de estructura serán gobernadas por los operarios necesarios para que las operaciones sean seguras.
- Los materiales se izarán cortados a la medida requerida por el montaje.
- El tendido de mangueras o cables eléctricos se hará, siempre que sea posible de forma ordenada.
- Se prohíbe trepar directamente sobre la estructura. Se prohíbe desplazarse a lo largo de la estructura sin atar el cinturón de seguridad.
- El izado de elementos se ejecutará suspendiendo la carga de dos puntos tales, que la carga permanezca estable.
- Orden y Limpieza durante la ejecución de los trabajos.
- En trabajos de altura a más de 2 m., será obligatorio el uso de arnés de seguridad.
- Se habilitará en obra un espacio dedicado al acopio clasificado de material próximo al lugar de montaje.
- Se mantendrán libres de fragmentos de módulos rotos los tajos, para evitar el riesgo de cortes.
- En las operaciones de almacenamiento, transporte y colocación, los módulos se mantendrán siempre en posición vertical.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

- Los acopios de módulos se ubicarán sobre durmientes de madera.

Protecciones colectivas:

- Conexión a tierra de todos los equipos eléctricos.
- Herramientas portátiles con doble aislamiento o reforzado.
- Protección diferencial de los cuadros eléctricos.

Protecciones individuales:

- Guantes de cuero.
- Calzado de seguridad.
- Cinturón porta-herramientas.
- Casco de polietileno certificado.
- Gafas de seguridad antiproyecciones.
- Cinturón de seguridad obligatorio en todos los trabajos desarrollados en altura carentes de protección colectiva adecuada.
- Trajes de agua para tiempo lluvioso.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

3.1.8. Montaje de prefabricados.

Riesgos más frecuentes:

- Caídas del personal.
- Desprendimiento de cargas suspendidas.
- Caídas de materiales y/o herramientas empleados en los trabajos.
- Riesgos derivados de la subida y recepción de la caseta prefabricada.
- Atrapamientos por objetos pesados.
- Golpes en cabeza y extremidades.
- Cortes y Golpes por manejo de maquinas herramientas manuales.
- Contactos eléctricos.
- Sobreesfuerzos.

Medidas preventivas:

- Evitar en lo posible el paso del personal por la vertical de los trabajos.
- No sobrevolar las cargas por encima de los trabajadores, los cuales deberá, así mismo, situarse fuera de la vertical de la carga.
- El transporte mediante la grúa o camión-grúa de la caseta prefabricada se hará suspendiéndola, asegurando a la vez la imposibilidad de deslizamiento de algún elemento del conjunto.
- No realizar trabajos de izado cuando exista hielo, nieve, lluvia, ni vientos superiores a 50 km/hora o amenaza de tormenta.
- Las maniobras de ubicación “in situ” del montaje de la caseta prefabricada serán gobernadas por los operarios necesarios para que las operaciones sean seguras.
- El izado de elementos se ejecutará suspendiendo la carga de dos puntos tales, que la carga permanezca estable.
- Orden y Limpieza durante la ejecución de los trabajos.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

- En trabajos de altura a más de 2 m., será obligatorio el uso de arnés de seguridad.
- En las operaciones de izado, transporte y colocación, la caseta prefabricada se mantendrá siempre en posición vertical.
- Se prohíbe permanecer o trabajar en la vertical del izado de la caseta.

Equipos de protección individual:

- Guantes de cuero.
- Calzado de seguridad.
- Cinturón porta-herramientas.
- Casco de polietileno certificado.
- Gafas de seguridad antiproyecciones.
- Cinturón de seguridad obligatorio en todos los trabajos desarrollados en altura carentes de protección colectiva adecuada.
- Trajes de agua para tiempo lluvioso.

3.1.9. Canalizaciones

Riesgos más frecuentes:

- Atropellos y colisiones originados por la maquinaria.
- Vuelcos y deslizamiento de las máquinas.
- Caídas en altura.
- Caídas al mismo nivel.
- Generación de polvo.
- Golpes/cortes con equipos y herramientas.
- Pisadas sobre objetos punzantes.
- Las derivadas de trabajos sobre suelos húmedos o mojados.
- Atrapamientos.
- Contactos eléctricos.
- Cortes al utilizar las sierras de mano o de sierra.
- Sobreesfuerzos.

Medidas preventivas:

- Señalización de la zona de trabajo.
- Las maniobras de maquinaria serán dirigidas por personas diferentes al conductor.
- Las máquinas no se utilizarán en ningún caso como transporte de personal.
- No acopiar materiales en los bordes de las excavaciones.
- No acopiar materiales en la zona de tránsito.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

Medidas colectivas:

- Señalización.
- Cinta de balizamiento delimitación zona de trabajo.
- Protección de personas en instalación eléctrica.
- Prevención de incendios.

Equipos de protección individual:

- Ropa de trabajo.
- Casco Certificado.
- Trajes de agua en caso necesario.
- Guantes de protección.
- Calzado de seguridad.

3.1.10. Instalaciones eléctricas.

Riesgos más frecuentes:

- Golpes contra objetos.
- Golpes/ cortes por herramientas manuales.
- Cortes por manejo de guías y conductores.
- Electrocuciiones por falta de atención.
- Caídas de personas al mismo nivel.
- Caídas de personas a distinto nivel.
- Contactos eléctricos directos e indirectos.
- Los derivados de caída de tensión en la instalación por sobrecarga.
- Mal comportamiento de las tomas de tierra (incorrecta instalación, picas que anulan los sistemas de protección del cuadro general).

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

- Quemaduras.
- Electrocutión por uso de herramientas sin aislamiento, por conexiones directos sin clavijas macho-hembra, o por puente de los mecanismos de protección.
- Sobreesfuerzos.
- Pisadas sobre objetos punzantes o materiales.

Medidas preventivas:

- Orden y limpieza.
- Realizar las conexiones sin tensión.
- Realizar las pruebas con tensión solo una vez acabada la instalación.
- La iluminación de los tajos no será inferior a 100 lux, medidos a 2 m. del suelo.
- Utilizar cinturones porta herramientas siempre que se trabaje en altura.
- El montaje eléctrico será llevado sólo y exclusivamente por personal autorizado para ello, debiendo ser personal cualificado y especializado.
- Las pruebas de funcionamiento de la instalación fotovoltaica serán anunciadas a todo el personal de la obra antes de ser iniciados los trabajos, para evitar posibles accidentes.
- Las herramientas utilizadas estarán protegidas con material aislante contra los contactos con la energía eléctrica. Cuando dicho aislamiento quede deteriorado, serán retiradas y sustituidas por otras en buen estado.
- Las partes activas se cubrirán con material aislante.
- Interposición de barreras o envolventes.
- Puesta fuera de alcance por alejamiento.
- Se pueden utilizar dispositivos de corriente diferencial residual, ajustados a una corriente de disparo de 100 mA. En caso de fallo de alguna de las medidas de la protección principal, o en caso de imprudencia por cualquiera de los usuarios.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

- Las masas se conectarán a tierra en las condiciones especificadas para cada tipo de conexiones. Las que sean accesibles simultáneamente deben conectarse a la misma toma de tierra.
- El dispositivo de protección impedirá que después de un defecto, entre una parte activa y una masa en el circuito o material, o se mantenga una tensión de contacto durante un tiempo suficiente como para crear un riesgo peligroso para la persona.
- Revisión periódica de herramientas y máquinas, sustituyendo aquellas que tengan deteriorado el aislamiento.
- Correcto aislamiento en máquinas portátiles.
- Las zonas de trabajo estarán siempre limpias, en orden y perfectamente iluminadas.
- Colocación de letreros de "NO CONECTAR: PERSONAL TRABAJANDO EN LA RED" durante las pruebas de las instalaciones.
- Escaleras y plataformas en perfectas condiciones.
- Escaleras dotadas de suela antideslizante; las de tijera llevarán tirantes para evitar su apertura.
- Toda la maquinaria auxiliar eléctrica se mantendrá en perfecto estado y estará dotada de toma de tierra.
- Conductores:
 - ✓ El calibre o sección del cableado será siempre el adecuado para la carga eléctrica a soportar en función del cálculo realizado para la maquinaria prevista o equipos previstos.
 - ✓ Los hilos tendrán la funda protectora aislante sin defectos apreciables.
 - ✓ El tendido de los cables y mangueras se efectuará a una altura mínima de 2 m. En los lugares peatonales y de 5 m. En los de paso de vehículos, medidos sobre el nivel de suelo.
 - ✓ Las mangueras de alargadera, por ser provisionales y de corta estancia, pueden llevarse tendidas por el suelo, pero arrimadas a los paramentos verticales.
 - ✓ Los empalmes provisionales entre mangueras se ejecutarán mediante conexiones normalizadas estancos antihumedad.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

- Cuadros eléctricos:
 - ✓ Los cuadros eléctricos metálicos tendrán la carcasa conectada a tierra.
 - ✓ Los cuadros eléctricos poseerán tomas de corriente para conexiones normalizadas blindadas para intemperie.
 - ✓ Cada toma de corriente suministrará energía eléctrica a un sólo aparato, máquina o máquina-herramienta.
 - ✓ Los cuadros eléctricos situados en intemperie, además del ser tipo adecuado, se protegerán del agua de lluvia mediante viseras eficaces como protección adicional.

- Tomas de tierra:
 - ✓ Las partes metálicas de todo equipo eléctrico dispondrán de toma de tierra.
 - ✓ El hilo de toma de tierra estará protegido con macarrón en color normalizado amarillo/verde.
 - ✓ La toma de tierra no podrá seccionarse en ninguna parte de su recorrido.
 - ✓ La toma de tierra de las máquinas-herramientas que no estén dotadas
 - ✓ de doble aislamiento se efectuará mediante hilo neutro en combinación con el cuadro de distribución correspondiente.

Protecciones colectivas:

- Señalización.
- Cinta de balizamiento delimitación zona de trabajo.
- Protección de personas en instalación eléctrica.
- Prevención de incendios.
- Herramientas aislantes.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

Equipos de protección individual:

- Ropa de trabajo.
- Guantes de protección aislantes.
- Casco certificado de seguridad.
- Botas aislantes de la electricidad (conexiones).
- Comprobadores de tensión.

3.1.11. Conexión a red eléctrica.

Riesgos más frecuentes:

- Contactos eléctricos directos e indirectos.
- Pisadas sobre objetos punzantes o materiales.
- Caída de objetos o desprendimientos.
- Quemaduras
- Golpes/cortes con equipos y herramientas.

Medidas preventivas:

- La iluminación de los tajos no será inferior a 100 lux, medidos a 2 m. del suelo.
- Las máquinas herramientas eléctricas, estarán conectadas mediante clavijas protegidas a los cuadros eléctricos.
- Toda la maquinaria auxiliar eléctrica se mantendrá en perfecto estado y estará dotada de toma de tierra.
- Orden y limpieza, revisión de las escaleras de mano, conexiones eléctricas y tomas de tierra de los aparatos en todos los oficios.
- Realizar las conexiones sin tensión.
- Revisión periódica de herramientas y máquinas, sustituyendo aquellas que tengan deteriorado el aislamiento.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

- Correcto aislamiento en máquinas portátiles.
- El montaje de aparatos eléctricos será llevado por personal especializado.
- La iluminación mediante portátiles se efectuará utilizando portalámparas estancos con mango aislante y rejilla de protección de la bombilla, alimentados por 24 V.
- Las pruebas de funcionamiento de la instalación fotovoltaica serán anunciadas a todo el personal de la obra antes de ser iniciados para evitar accidentes.
- Las herramientas a utilizar por los electricistas instaladores, estarán protegidas con material aislante normalizado contra los contactos con la energía eléctrica. Cuando dicho aislamiento esté deteriorado serán retiradas y sustituidas por otras en mejor estado.
- Se recubrirán las partes activas con material aislante.
- Interposición de barreras o envolventes.
- Interposición de obstáculos.
- Puesta fuera de alcance por alejamiento.
- Se pueden utilizar dispositivos de corriente diferencial residual, ajustados a una corriente de disparo de 100 mA. En caso de fallo de algunas de las medidas de la protección principal o en caso de imprudencia por parte de los usuarios.
- Las masas deben conectarse a tierra en las condiciones especificadas para cada tipo de conexiones. Las que sean accesibles simultáneamente deben de conectarse a la misma toma de tierra.
- El dispositivo de protección debe impedir que después de un defecto entre una parte activa y una masa, en el circuito o el material, se mantenga una tensión de contacto durante un tiempo suficiente como para crear un riesgo peligroso para la persona.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

Equipos de protección individual:

- Mono de trabajo.
- Casco certificado de seguridad.
- Cinturón de seguridad para trabajar en altura.
- Guantes aislantes electricidad.
- Calzado de seguridad.

3.1.12. Tipificación de los riesgos.

Una vez evaluados los riesgos que se derivan de las actividades y la maquinaria empleada, se realiza la valoración de los mismos, asignando colores con el siguiente criterio, atendiendo al método presentado anteriormente:

TIPO DE RIESGOS	CÓDIGO COLOR
TRIVIAL	TR
TOLERABLE	TO
MODERADO	M
INTOLERABLE	I

RIESGO IDENTIFICADO	OPERACIONES A REALIZAR						
	Excavación	Cimentación	Hormigonado	Movimiento de tierras	Relleno y compactación de zanjas	Izado y recibido poste	Trabajos eléctricos
Arrollamiento golpes con vehículo	TO			M	TO		
Atrapamiento por o entre objetos	TO	TR	TO		TO	M	
Atrapamiento por derrumbes de tierra	TR	TR	TO		TR		
Atrapamiento por vuelco de máquinas				M			
Caídas de objetos en manipulación	TO	TO		TO	TO		

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO
MEMORIA DE CÁLCULO

Caída de objetos por desplome o derrumbe	TO	TO	TO	M	TO	TO	
Caída de personal a distinto nivel	TR	TR	TR		TR	TO	M
Caídas de objetos al mismo nivel	TR					TO	TO
Choque contra objetos móviles				TO			
Choque contra objetos inmóviles				TO	TR		
Contactos térmicos	TR	TR	TR		TR		
Cortes, golpes, aplastamiento con objetos y herra.	TR	TR	TR		TR	TO	
Descargas o contactos eléctricos						M	
Exposición a condiciones atmosféricas adversas	TR	TR					
Exposición a ruidos							
Proyección de partículas o fragmentos		TR	TR				
Sobreesfuerzo	TR	TR	TR		TR	TO	
Torcedura por pisado de objetos	TO	TR	TR		TR	TR	
Atropellos o golpes con vehículos	TR	TR	TR				
Ambientes pulverígenos					TR		
Desprendimientos de terreno					TR		
Heridas punzantes en manos							M
Electrocución: trabajos en tensión							I
Electrocución: trabajar sin tensión pero sin cerciorarse que esté efectivamente interrumpida o que no puede conectarse inopinadamente							I
Electrocución: mal funcionamiento de los mecanismos y							I

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

sistemas de protección							
Electrocución: mal comportamiento o incorrecta instalación del sistema de protección contra contactos eléctricos indirectos en general, y de la toma de tierra en particular							I
Electrocución: Los derivados de las caídas de tensión en la instalación por sobrecarga							M
Quemaduras							I
Incendios							I

3.2. Maquinaria

Su utilización y mantenimiento se regirán por las normas de seguridad dadas por el fabricante en la documentación correspondiente.

Se prohíbe utilizar cualquier maquinaria que no disponga de los elementos y dispositivos de seguridad propios y en perfecto estado de funcionamiento.

No está prevista la manipulación de productos peligrosos. En el caso de que a lo largo del desarrollo de las obras hubiera que utilizar algún producto químico o peligroso, se adjuntará la ficha química correspondiente del proveedor que lo suministrara.

3.2.1. Servicio afectados y riesgos a terceros.

Se prestará atención a la incorporación de camiones a la vía pública y desde la misma al interior de la obra.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

3.2.2. Normas preventivas para maquinarias

Sólo está permitido el uso de la maquinaria en obra a las personas autorizadas. Si los operarios observaran algún riesgo o funcionamiento defectuoso en ellas, deberán comunicarlo inmediatamente al encargado de la obra.

Queda terminantemente prohibido anular, bloquear o desmontar cualquier dispositivo de seguridad de las máquinas.

Toda maquinaria que interviene en obra deberá ser utilizada de acuerdo con las instrucciones y recomendaciones especificadas en su ficha de seguridad.

Toda maquinaria deberá disponer de acústico de marcha atrás y luminosos.

La maquinaria en obra deberá seguir un programa de mantenimiento, revisándose de forma especial sus elementos de seguridad.

No se ha de tratar de manipular aparatos o cargas que se encuentren sujetos o atrapados. Puede provocar el vuelco o el movimiento brusco de la máquina que se emplee, siendo sumamente peligroso para las personas que intervienen en los trabajos.

3.2.3. Pala cargadora, motoniveladora, retroexcavadora.

Riesgos más comunes:

- Vuelcos y atrapamientos.
- Choques entre Máquinas.
- Atropellos a personas y atrapamientos.
- Ruido, Vibraciones, y Polvo ambiental.
- Caídas al subir y bajar de las Máquinas.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

Medidas preventivas en la organización del trabajo:

- Las máquinas para los movimientos de tierras a utilizar en esta obra, estarán dotadas de faros de marcha hacia adelante y de retroceso, retrovisores en ambos lados, pórtico de seguridad antivuelco y antimpactos y un extintor.
- Las máquinas para el movimiento de tierras a utilizar en esta obra, serán inspeccionadas diariamente controlando el buen funcionamiento del motor, sistemas hidráulicos, frenos, dirección, luces, bocina retroceso, transmisiones, cadenas y neumáticos.
- Se prohíbe trabajar o permanecer dentro del radio de acción de la maquinaria de movimiento de tierras, para evitar los riesgos por atropello.
- Se prohíbe en esta obra, el transporte de personas sobre las maquinas para el movimiento de tierras, para evitar los riesgos de caídas o de atropellos.
- Se instalarán topes de seguridad de fin de recorrido, ante la coronación de los cortes de taludes o terraplenes, a los que debe aproximarse la maquinaria empleada en el movimiento de tierras, para evitar los riesgos por caída de la máquina.
- Se prohíbe en esta obra la realización de replanteos o de mediciones en las zonas donde están operando las maquinas para el movimiento de tierras.
- Antes de proceder a las tareas enunciadas, será preciso parar la maquinaria, o alejarla a otras tareas.
- Se prohíbe el acopio de tierras a menos de 2 m. del borde de la excavación.
- No se admitirán en esta obra maquinas que no vengán con la protección de cabina antivuelco o pórtico de seguridad.
- Se prohíbe que los conductores abandonen la Máquina con el motor en marcha, con la cuchara izada y sin apoyar en el suelo.
- La cuchara durante los transportes de tierras, permanecerán lo más baja posible para poder desplazarse, con la máxima estabilidad.
- Se prohíbe transportar, o izar personas en el interior de la cuchara.
- Las máquinas a utilizar en esta obra, estarán dotadas de luces y bocina de retroceso.
- Se prohíbe arrancar el motor sin antes cerciorarse de que no hay nadie en el área de operación de la pala.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

- Los conductores se cerciorarán de que no existe peligro para los trabajadores que se encuentren en el interior de pozos o zanjas próximos al lugar de excavación.
- Se prohíbe en esta obra utilizar la Retroexcavadora como una grúa, para la introducción de piezas, tuberías, etc., en el interior de las zanjas.

Protecciones individuales:

- Casco de polietileno (de uso obligatorio para abandonar la cabina).
- Gafas de seguridad.
- Guantes de cuero.
- Protectores auditivos.
- Cinturón antivibratorio.
- Calzado de seguridad.

3.2.4. Camión transporte

Riesgos más importantes:

- Vuelcos y atrapamientos.
- Choques entre Máquinas.
- Atropellos a personas y atrapamientos.
- Ruido, Vibraciones, y Polvo ambiental.
- Caídas al subir y bajar de las Máquinas.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

Medidas preventivas en la organización del trabajo:

- Los camiones dedicados al transporte de tierras en obra estarán en perfectas condiciones de mantenimiento y conservación.
- La caja será bajada inmediatamente después de efectuada la descarga y antes de emprender la marcha.
- Las entradas y salidas a la obra se realizarán con precaución, auxiliado por las señales de un miembro de la obra.
- Si por cualquier circunstancia tuviera que parar en la rampa el vehículo quedará frenado y calzado con topes.
- Se prohíbe expresamente cargar los camiones por encima de la carga máxima marcada por el fabricante, para prevenir los riesgos de sobrecarga. El conductor permanecerá fuera de la cabina durante la carga.

Protecciones individuales:

Casco de polietileno (de uso obligatorio para abandonar la cabina).

- Gafas de seguridad.
- Guantes de cuero.
- Protectores auditivos.
- Cinturón antivibratorio.
- Calzado de seguridad.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

3.2.5. Camión o furgoneta de carretera.

Medidas preventivas en la organización del trabajo:

- El vehículo estará en perfectas condiciones de uso y con la documentación oficial al día.
- Estará dotado de extintor timbrado y con las revisiones al día.
- El vehículo será inspeccionado periódicamente controlando el buen funcionamiento del motor, sistemas hidráulicos, frenos, dirección, luces, transmisiones y ruedas.
- Las carcasas de protección estarán en perfecto estado e instaladas correctamente y sólo podrán ser retiradas con el motor parado, debiéndose reemplazar a su lugar de origen previamente a la puesta en marcha.
- Para subir o bajar de la cabina y caja, se utilizarán los peldaños y asideros dispuestos a tal fin y siempre se realizará de forma frontal agarrándose con las dos manos.
- Prohibido hacer desplazamientos con personal fuera de la cabina.
- Los desplazamientos del camión se adecuarán a la señalización de la obra.
- Las maniobras en las cercanías de zanjas, bordes de taludes y en general, toda alteración significativa del terreno que pueda posibilitar el vuelco de la máquina serán supervisadas por personal responsable.
- Al levantar la caja del camión se comprobará que no existen en las inmediaciones de líneas aéreas.
- La carga se dispondrá en la caja del camión de modo uniforme para evitar las compensaciones.
- Si por cualquier circunstancia hubiera que parar en la rampa el vehículo quedará frenado y calzado con topes.
- Mantener limpios los rótulos de seguridad instalados en el camión y reemplazar los que faltan.
- No se debe quitar ninguna pieza del sistema hidráulico hasta su total descarga de presión, abriendo su válvula de alivio.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

- La lubricación, conservación y reparación de este vehículo puede ser peligrosa si no se hacen de acuerdo con las especificaciones del fabricante:
 - ✓ Poner la palanca de transmisión en punto muerto.
 - ✓ Conectar el freno de estacionamiento.
 - ✓ Parar el motor.
 - ✓ Desconectar el interruptor general y saque la llave.
 - ✓ Mantener la caja bajada o si está levantada, hay que asegurarse de que esté fija.
 - ✓ Prevención contra aplastamiento, cortaduras y elementos móviles.
 - ✓ No lleve ropas sueltas, brazaletes, cadenas, etc.
 - ✓ No trate de realizar ajustes si se puede evitar, con el motor de la máquina en marcha.
 - ✓ Las rejillas y chapas de protección que evitan el contacto con piezas móviles deben permanecer en su sitio, bien ajustadas.
 - ✓ No utilicen cables torcidos o deshilachados, utilizando guantes para su manipulación.
 - ✓ Utilice gafas de protección cuando golpee objetos, como pasadores, bulones, etc.

- Prevención de quemaduras:
 - ✓ No abrir nunca la tapa de llenado del circuito de refrigeración, con el motor caliente, los circuitos de enfriamiento están en presión y el líquido caliente puede provocar quemaduras.
 - ✓ Utilice guantes protectores durante la sustitución o abastecimiento del aceite lubricante.
 - ✓ Evite el contacto con las partes calientes del motor.
 - ✓ Siempre que verifique el nivel de refrigerante con el motor parado y aflojando su tapa lentamente.
 - ✓ El sistema de enfriamiento contiene álcali, evite su contacto con la piel y los ojos.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

- ✓ El llenado de aceite hidráulico debe hacerse con el motor parado, quitando su tapa lentamente.
- ✓ Evite las salpicaduras de electrolito de la batería.

- Prevención de incendios y explosiones:
 - ✓ Todos los combustibles, la mayoría de los lubricantes y algunas mezclas de refrigerantes son inflamables.
 - ✓ No fume cuando esté repostando combustible, ni en zonas donde se carguen baterías o almacene materiales inflamables.
 - ✓ Evite tener trapos impregnados con grasa u otros materiales inflamables dentro de la cabina.
 - ✓ Limpie los derrames de aceite o de combustible, ni permita la acumulación de materias inflamables en el vehículo.
 - ✓ No suelde o corte con soplete tuberías que contengan líquidos inflamables.

- Prevención de caídas:
 - ✓ Suba y baje de la máquina por los lugares indicados para ello.
 - ✓ Utilice ambas manos para subir y bajar de la máquina y mire hacia ella.
 - ✓ Mientras la máquina está en movimiento, no intente subir o bajar de la misma.
 - ✓ No intente subir o bajar del camión si va cargado con suministros herramientas.

3.2.6. Hormigonera

Riesgos comunes:

- Atrapamientos (paletas, engranajes, etc.).
- Contactos con la energía eléctrica.
- Sobreesfuerzos.
- Golpes por elementos móviles.
- Polvo y Ruido ambiental.

Medidas preventivas en la organización del trabajo:

- Las hormigoneras a utilizar en esta obra, tendrán protegidos mediante una carcasa metálica los órganos de transmisión -correas, corona y engranajes -, para evitar los riesgos de atrapamiento.
- La carcasa y demás partes metálicas de las hormigoneras estarán conectadas a tierra.
- La botonera de mandos eléctricos de la hormigonera lo será de accionamiento estanco, en prevención del riesgo eléctrico.
- Las operaciones de limpieza directa - manual, se efectuaran previa desconexión de la red eléctrica de la hormigonera, para previsión del riesgo eléctrico y de atrapamientos.
- El cable de corriente será de tres hilos y de 1.000 voltios.

Protecciones individuales:

- Casco de polietileno.
- Gafas de seguridad antipolvo.
- Guantes de goma o P.V.C.
- Botas de seguridad.
- Trajes impermeables, en caso de lluvia.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

3.2.7. Grúas

Riesgos más comunes:

- Caídas al mismo nivel, por derrumbe de la Grúa.
- Caídas a distinto nivel, del personal.
- Cortes, golpes y atrapamientos por el manejo de herramientas y objetos pesados.
- Sobreesfuerzos.
- Contacto con la energía eléctrica.
- Derrame o desplome de la carga durante el transporte.
- Golpes por la carga a las personas o a las cosas durante su transporte aéreo.

Medidas preventivas en la organización del trabajo:

- La grúa a montar en esta obra, estarán dotadas de un letrero en lugar visible, en el que se fije claramente la carga máxima admisible en punta.
- Los cables de sustentación de cargas que presenten un 10% de hilos rotos, serán sustituidos de inmediato, dando cuenta de ello a la Dirección Facultativa o Jefatura de Obra.
- Las grúas o camiones-grúas a utilizar en esta obra, estarán dotadas de ganchos de acero normalizados dotados con pestillo de seguridad.
- Se prohíbe en esta obra, la suspensión o transporte aéreo de personas mediante el gancho de la grúa.
- En presencia de tormenta, se paralizarán los trabajos con la grúa, dejándose fuera de servicio en veleta hasta pasado el riesgo de agresión eléctrica.
- Al finalizar cualquier período de trabajo (mañana, tarde, fin de semana), se realizaran en la grúa las siguientes maniobras:
 - ✓ Izar el gancho libre de cargas a tope junto al mástil.
 - ✓ Dejar la pluma en posición "veleta".
 - ✓ Poner los mandos a cero.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

- ✓ Abrir los seccionadores del mando eléctrico de la maquina (desconectar la energía eléctrica). Esta maniobra implica la desconexión previa del suministro eléctrico de la grúa en el cuadro general de la obra.
- Se paralizarán los trabajos con la grúa en esta obra, por criterios de seguridad, cuando las labores deban realizarse bajo régimen de vientos iguales o superiores a 50 Km/h.
- Las grúas, estarán dotadas de mecanismos limitadores de carga (para el gancho) y de desplazamiento de carga (para la pluma), en prevención del riesgo de vuelco.
- El instalador de la grúa emitirá certificado de puesta en marcha de la misma en la que se garantice su correcto montaje y funcionamiento.
- Las grúas cumplirán la normativa emanada de la Instrucción Técnica Complementaria del Reglamento de aparatos elevadores.
- No intente izar cargas que por alguna causa estén adheridas al suelo. Puede hacer caer la grúa.
- No intente "arrastrar" cargas mediante tensiones inclinadas del cable. Puede hacer caer la grúa.
- No intente balancear la carga para facilitar su descarga en las zonas. Pone en riesgo la caída a sus compañeros que la reciben.
- Cuando interrumpa por cualquier causa su trabajo, eleve a la máxima altura posible el gancho. Ponga el carro portor lo más próximo posible a la torre; deje la pluma en veleta y desconecte la energía eléctrica.
- No deje suspendidos objetos del gancho de la grúa durante las noches o fines de semana.
- Esos objetos que se desea no sean robados, deben ser resguardados en los almacenes, no colgados del gancho.
- No eleve cargas mal flejadas, pueden desprenderse sobre sus compañero durante el transporte y causar lesiones.
- No permita la utilización de eslingas rotas o defectuosas para colgar las cargas del gancho de la grúa. Evitara accidentes.
- No intente izar cargas cuyo peso sea igual o superior al limitado por el fabricante para el modelo de grúa que usted utiliza, puede hacerla caer.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

Protecciones individuales:

- Casco de polietileno.
- Ropa de trabajo.
- Botas de seguridad.

3.2.8. Grupo electrógeno.

Riesgos más comunes:

- Heridas punzantes en manos.
- Caídas al mismo nivel.
- Electrocutión: contactos eléctricos directos e indirectos derivados.
- Riesgo de incendio.
- Riesgo de explosión.

Medidas preventivas:

- Cada cuadro y grupo electrógeno deberá estar identificado con una inscripción indeleble donde conste el nombre de la empresa propietaria y n° de orden, así como las fechas de las revisiones oficiales. La periodicidad de dichas revisiones se establece en 6 meses y, en cualquier caso, si se ha cambiado su ubicación o alterado las condiciones de algún elemento.
- Todas las puertas tendrán cerradura con llave a fin de que sólo puedan ser manipulados por personal autorizado.
- Las entradas y salidas de corriente a los cuadros y grupos electrógenos deberán tener prensaestopas reglamentarios.
- Las bases y clavijas serán las normalizadas y homologadas para las tensiones, intensidades y zona de utilización. Las conexiones por medio de bornes deben estar limitadas a las potencias mayores.
- Las barras y bornes de conexión estarán protegidos contra contactos directos.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

- Los grupos electrógenos que generen corriente alterna tendrán protección magnetotérmica adecuada a los consumos previstos, protección diferencial y paro de emergencia con enclavamiento, siendo las protecciones conformes con las exigencias reglamentarias de despejar el defecto en menos de 5 segundos y con tensión de defecto como máximo de 24 V. en zonas húmedas y 50 V. en zonas secas. En caso de no disponer de protección magnetotérmica y diferencial deberán ir conectados a un cuadro de distribución con las protecciones adecuadas.
- Los grupos autónomos que generen únicamente corriente de soldadura, tendrán instalada tierra a la carcasa del equipo, y en el caso de que generen corriente continua de 220 V., tendrán eliminada la salida de dicha corriente continua.
- El neutro será accesible y con posibilidad de ser distribuido. Estará conectado a tierra antes del diferencial. La carcasa del grupo llevará una toma de tierra independiente de la del neutro.
- El cuadro de distribución tendrá tierra independiente o conectada a la de la carcasa del grupo.
- La longitud mínima de la pica debe ser tal que la protección diferencial despeje el defecto como máximo en 5 segundos y con tensión de contacto como máximo de 24 V. en zonas húmedas y 50 V. en zonas secas. Si son necesarias 2 picas conectadas en paralelo con el fin de conseguir una resistencia de tierra admisible, la separación entre ellas será como mínimo de 2 metros.
- Todas las operaciones de instalación, uso y mantenimiento de cuadros, grupos electrógenos e instalaciones deben ser ejecutadas por personal cualificado y especializado.
- Las partes metálicas de todo equipo eléctrico dispondrán de toma de tierra.

Protecciones individuales:

- Ropa de trabajo.
- Casco de polietileno.
- Calzado de seguridad.
- Guantes aislantes.

3.2.9. Máquina – Herramientas en general.

Riesgos más comunes:

- Vuelcos.
- Hundimientos.
- Choques.
- Formación de atmósferas agresivas o molestas.
- Ruido.
- Explosión e incendios.
- Atropellos y atrapamientos.
- Cortes.
- Golpes y proyecciones.
- Contactos con la energía eléctrica.
- Los inherentes al propio lugar de utilización.
- Los inherentes al propio trabajo a ejecutar.

Medidas preventivas:

- Los motores con transmisión a través de ejes y poleas, o cualquier elemento móvil, estarán dotados de carcasas protectoras antiatrapamientos (cortadoras, sierras, compresores, etc.).
- Los motores eléctricos estarán cubiertos de carcasas protectoras eliminadoras del contacto directo con la energía eléctrica. Se prohíbe su funcionamiento sin carcasa o con deterioros importantes de estas.
- Los engranajes de cualquier tipo, de accionamiento mecánico, eléctrico o manual, estarán cubiertos por carcasa protectoras anti-atrapamientos.
- Las máquinas averiadas que no se puedan retirar se señalarán con carteles de aviso con la leyenda: "MAQUINA AVERIADA, NO CONECTAR".
- Solo el personal autorizado será el encargado de la utilización de una determinada máquina o máquina-herramienta.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

- Las máquinas que no sean de sustentación manual se apoyaran siempre sobre elementos nivelados y firmes.
- Las máquinas - herramientas eléctricas a utilizar en esta obra, estarán protegidas eléctricamente mediante doble aislamiento.
- Las transmisiones motrices por correas, estarán siempre protegidas mediante bastidor que soporte una malla metálica, dispuesta de tal forma, que permitiendo la observación de la correcta transmisión motriz, impida el atrapamiento de los operarios o de los objetos.
- Las máquinas - herramientas con capacidad de corte, tendrán el disco protegido mediante una carcasa antiproyecciones.
- Las máquinas - herramientas no protegidas eléctricamente mediante el sistema de doble aislamiento, tendrán sus carcasas de protección de motores eléctricos, etc., conectadas a la red de tierras en combinación con los disyuntores diferenciales del cuadro eléctrico general de la obra.
- Se prohíbe dejar las herramientas eléctricas de corte o taladro, abandonadas en el suelo, o en marcha aunque sea con movimiento residual en evitación de accidentes.

Protecciones individuales:

- Casco de polietileno.
- Ropa de trabajo.
- Botas de seguridad.
- Guantes de cuero.
- Gafas de seguridad antiproyecciones.
- Cascos para ruido.

3.2.10. Soldadura eléctrica.

Riesgos más frecuentes:

- Caída desde altura.
- Caídas al mismo nivel.
- Atrapamientos entre objetos.
- Aplastamiento de manos por objetos pesados.
- Los derivados de las radiaciones del arco voltaico.
- Los derivados de la inhalación de vapores metálicos.
- Quemaduras.
- Contacto eléctrico directo o indirecto.
- Incendios o Explosión.
- Proyección de partículas.

Medidas preventivas:

- En todo momento los lugares de trabajo estarán limpios y ordenados en prevención de tropiezos y pisadas sobre objetos punzantes.
- Los porta-electrodos a utilizar en esta obra, tendrán el soporte de manutención en material aislante de la electricidad.
- El personal encargado de soldar será especialista en estas tareas.
- No utilice el grupo sin que lleve instalado el protector. Evitar el riesgo de electrocución.
- Compruebe que su grupo está correctamente conectado a tierra antes de iniciar la soldadura.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

- No anule la toma de tierra de la carcasa de su grupo de soldar porque "salte" el disyuntor diferencial.
- Aguarde a que le reparen el grupo o bien utilice otro.
- Desconecte totalmente el grupo de soldadura cada vez que haga una pausa de consideración (almuerzo o comida, o desplazamiento a otro lugar).
- Compruebe antes de conectarlas a su grupo, que las mangueras eléctricas están empalmadas mediante conexiones estancas de intemperie. Evite las conexiones directas protegidas a base de cinta aislante.
- Cerciórese de que estén bien aisladas las pinzas porta-electrodos y los bornes de conexión.

Protecciones individuales:

- Casco de polietileno para desplazamientos por la obra.
- Yelmo de soldador (casco + careta de protección).
- Pantalla de soldadura de sustentación manual.
- Gafas de seguridad para protección de radiaciones por arco voltaico.
- Guantes de cuero.
- Botas de seguridad.
- Manguitos, Polainas y Mandil de cuero.
- Cinturón de seguridad clase A y C.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO
MEMORIA DE CÁLCULO

3.2.11. Tipificación de los riesgos.

RIESGO IDENTIFICADO	OPERACIONES A REALIZAR			
	Grupos electrógenos	Camión grúa	Vehículo de carretera	Máquinas-herramientas eléctricas portátiles
Caídas a distinto nivel		TO		
Caídas de objetos desprendidos		M		
Golpes contra objetos móviles de máquinas		M		
Atrapamiento por vuelco de máquinas	M	M		M
Atropellos, golpes y choques vehículo		M	M	
Golpes y contactos con elementos Móviles (incluidos los Atrapamientos)	M			
Contactos térmicos	TO			
Contactos eléctricos	M			
Inhalación o ingestión de sustancias nocivas				
Incendios	M			
Agentes físicos-ruido				
Accidentes de tráfico.			M	
Proyección de fragmentos y partículas				M
Exposición a contactos eléctricos				M

4) Equipos de protección colectiva e individual

4.1. Equipos de protección colectiva.

- Detectores de ausencia de tensión autoverificable.
- Equipo de puesta a tierra y cortocircuito.
- Barandillas.
- Señalización de vehículos.
- Sistema de comunicación apropiado (teléfono móvil, tren, tierra, etc.).
- Señal indicando la situación de botiquines y extintores.
- Señales o carteles de obligatoriedad del uso de EPI.
- Aviso de puesta en tensión (si procede).
- Embridado de la posición de cambios (si procede).
- Enclavamiento mediante barra o útil de cortocircuito (si procede).
- Organizar y coordinar los trabajos.
- Realizar parte de corte y de reposición tensión.
- Reuniones de seguridad.
- Señales de alto a la tracción eléctrica (si procede).
- Señales de parada manual (si procede).
- Iluminación adecuada.

4.2. Equipos de protección individual.

Los equipos de protección individual serán de empleo obligatorio siempre que exista algún riesgo que pueda afectar al trabajador, para el cual las medidas preventivas colectivas de control, no puedan emplearse o sean insuficientes para el control de los riesgos existentes. La protección individual no dispensará, en ningún caso, de la obligación de emplear medios preventivos de carácter general. Los equipos de protección individual deben permitir, en lo posible, la realización del trabajo sin molestias innecesarias para quien lo ejecute, no debiendo entrañar por sí mismos, peligros adicionales.

En muchas ocasiones, el uso de los equipos individuales de protección, es la única medida eficaz de prevención que permite controlar los riesgos existentes.

En general, deben de tenerse en cuenta las siguientes medidas preventivas:

- Se debe proporcionar a los trabajadores los equipos de protección individual adecuados para el desempeño de sus funciones, siendo una obligación del empresario entregar los equipos a sus trabajadores, a los trabajadores con relaciones de trabajo temporales, de duración determinada o de empresas de trabajo temporal que pudieran prestar servicio en la obra. Se recomienda que la entrega esté documentada y firmada por el trabajador.
- Los equipos de protección individual deben cumplir con la norma UNE de certificación de cada equipo. Las exigencias mínimas relativas a la elección y utilización de los EPI se fijan en la Directiva 89/656/CEE de 30 de noviembre, transpuesta al Derecho interno español por el R.D. 773/1997, de 30 de Mayo (BOE de 12 de junio).
- Es importante que la empresa vele para que los trabajadores utilicen los equipos de protección individual necesarios para los trabajos realizados, siendo una obligación del empresario garantizar el uso efectivo de los mismos. El jefe de obra y los encargados, deberán cumplir y hacer cumplir las normas de utilización.
- Dentro de la obra debe existir un stock suficiente de equipos de protección individual, suministrándose a los trabajadores el correspondiente recambio en caso de caducidad, pérdida o deterioro. El trabajador, por su parte, debe utilizar correctamente los medios y equipos de protección facilitados por el empresario, de acuerdo con las instrucciones recibidas de éste.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

4.2.1. Protección de la cabeza.

- El casco de seguridad debe estar certificado conforme a la norma EN397.
- Protege contra las proyecciones sólidas y líquidas, caídas, contactos eléctricos accidentales, golpes contra objetos y radiaciones producidas por el arco eléctrico. El uso correcto de éste exige ajustar el atalaje al perímetro craneal del usuario y el barboquejo a la barbilla, de forma que no pueda moverse debido a movimientos bruscos.
- Deberá llevar barboquejo si se prevén trabajos en posiciones tales que puedan dar lugar a la caída del mismo.
- Se debe comprobar visualmente su buen estado, en especial del atalaje y barboquejo, y se recomienda se limpie periódicamente con agua jabonosa.
- El casco se debe sustituir:
 - ✓ Después de un impacto violento, aunque no presente deterioro superficial.
 - ✓ Cuando presenten abolladuras o alguna perforación.
 - ✓ 10 años después de la fecha de fabricación, aunque no se haya usado.

4.2.2. Protección auditiva.

Se recomienda para aquellos trabajos en los que el nivel de ruido ambiental sea superior a 80 dbA, y, es obligatorio su uso en trabajos con niveles de ruido superiores a los 90 dbA, tales como aquéllos que impliquen la utilización de dispositivos de aire comprimido y trabajos de percusión en general.

Las protecciones auditivas habituales pueden ser tipo auricular o tapón, y estarán certificadas conforme EN352-1 ó 352-2, respectivamente. Siempre serán de uso individual.

El mantenimiento de los auriculares exige un lavado periódico con agua y jabón neutro, debiendo ser sustituidos cuando las almohadillas estén deterioradas.

4.2.3. Protección ocular y facial.

Deberán utilizarse gafas de protección o pantallas faciales en trabajos de soldadura, corte, etc. Las protecciones de ojos y cara deben estar certificadas conforme a la norma EN166.

En todos aquellos trabajos que presenten riesgos de proyección de partículas sólidas, líquidas frías o incandescentes (trabajos y maniobras en instalaciones eléctricas,...), se utilizarán gafas de montura tipo universal para protección contra impactos. Aquellos usuarios que lleven gafas graduadas pueden utilizar gafas panorámicas.

Para trabajos de soldadura eléctrica se utilizarán pantallas de soldador con oculares filtrantes, fabricadas de material térmicamente aislante e ignífugo. Debe ofrecer una protección total de la cabeza del soldador, respecto de las radiaciones procedentes del arco eléctrico. Las pantallas con casco incorporado permiten trabajos de soldadura simultáneos a otros trabajos a distinto nivel o con riesgo específico de golpes en la cabeza, ofreciendo, al mismo tiempo, la libertad de ambas manos. Además no precisan del uso simultáneo de gafas de seguridad.

4.2.4. Protección respiratoria.

Los riesgos a prevenir del aparato respiratorio son los originados por: polvos, humos y nieblas; vapores metálicos u orgánicos; gases tóxicos industriales; y óxido de carbono.

En general, en obras de construcción el problema principal suele ser el polvo, para el cual se pueden utilizar respiradores de partículas tipo FFP1S ó FFP2S, conforme EN149, aunque para polvo grueso, en determinados casos, puede ser necesario el uso de mascarillas con filtros específicos. Estos se utilizarán únicamente si la cantidad de oxígeno es superior al 18% en volumen. En caso contrario deberán utilizarse equipos de respiración autónomos.

4.2.5. Protección de las extremidades inferiores.

Puesto que en las obras de construcción existe riesgo evidente de accidentes mecánicos en los pies, deberá ser obligatorio el uso de botas o zapatos de seguridad con refuerzo metálico en la puntera. Es recomendable, también, el uso de plantillas de acero flexibles incorporadas a la misma suela o simplemente colocadas en el interior, para proteger frente a la posibilidad de perforación de las suelas por clavos, cristales, etc.

El calzado de seguridad debe estar certificado conforme a la norma EN345. Los trabajadores ocupados en trabajos con riesgo eléctrico, utilizarán calzado aislante sin ningún elemento metálico. En general, el calzado se debe sustituir cuando el deterioro merme el grado de protección que exige su utilización.

4.2.6. Protección de las extremidades superiores.

Para la protección mecánica de las manos durante la manipulación de materiales se utilizarán guantes de cuero, certificados conforme EN388.

Los soldadores deberán disponer de mandil, manguitos, polainas y guantes de cuero curtido al cromo para protegerlo de las partículas incandescentes desprendidas durante la soldadura.

Los instaladores eléctricos dispondrán de guantes de caucho sintético u otro material de similares características aislantes y mecánicas. Para la manipulación de productos agresivos como ácidos, bases, detergentes, amoníaco, etc., se utilizarán guantes impermeables al correspondiente agresivo.

En general, se sustituirán siempre que se observe algún defecto de perforación o de disminución de espesor en cualquiera de las zonas.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

4.2.7. Sistema de sujeción

Los sistemas de sujeción están destinados a sostener al trabajador en altura e impedirle la caída libre. No deben utilizarse con la intención de parar las caídas.

Sólo conviene utilizarlos cuando se haya previsto la utilización de medios de anclaje y si el trabajo puede realizarse con toda seguridad.

Los cinturones de sujeción, conforme EN358, se componen de:

- **Cinturón de sujeción:** La anchura de la banda que pasa alrededor de la cintura debe ser de 43 mm., como mínimo. Su diseño puede ser ergonómico y puede estar equipado con tirantes y con bandas subglúteas ajustables.
- **Elementos de amarre de sujeción:** Pueden ser cuerdas, bandas o cadenas. Deben estar equipados con un sistema de ajuste de longitud y, en circunstancias normales, deben tener una longitud máxima de 2 m.
- **Conectores:** Conforme EN362. Empleados para reducir la probabilidad de una apertura involuntaria y, como garantía de seguridad, los ganchos y los mosquetones del extremo libre del elemento de amarre de sujeción, debe ser de cierre automático y de bloqueo automático. Sólo deben poder abrirse procediendo como mínimo a dos operaciones consecutivas efectuadas deliberadamente. Se utilizan en los sistemas de sujeción y en los sistemas anticaídas.

4.2.8. Sistemas anticaídas.

En aquellas zonas donde el riesgo de caída a distinto nivel no quede cubierto de manera eficaz mediante protecciones como barandillas o redes de seguridad, o el montaje de éstas sea inviable a causa de las características constructivas del entorno donde se realizan los trabajos o a causa de las características inherentes a éstos, deberán disponerse sistemas anticaídas, conforme EN363.

La finalidad de estos sistemas de protección anticaídas es sostener, o sostener y frenar el cuerpo del trabajador durante la realización de actividades con riesgo de caída, evitando las consecuencias derivadas de la misma.

Los sistemas anticaídas constan de un arnés anticaídas (conforme EN361), un subsistema o un componente de conexión destinado a parar una caída de altura en condiciones de seguridad y, si no está incorporado, un elemento de amarre (conforme EN354).

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

Los componentes son:

Arnés anticaídas: Dispositivo de prensión del cuerpo destinado a parar las caídas, es decir, componente de un sistema anticaídas. Debe sujetar al trabajador durante una caída y después de la parada de ésta. Un arnés anticaídas puede ser equipado adicionalmente con elementos que permitan utilizarlo con un sistema de sujeción. Son los denominados arneses mixtos (sujeción y caídas).

Dispositivo anticaídas: Sistema que se bloquea automáticamente sobre la línea de anclaje cuando se produce una caída.

Elementos de amarre: Conforme EN354. Pueden ser cuerdas de fibras sintéticas, bandas o cintas, cables metálicos o cadenas. Pueden ser ajustables en longitud y pueden incorporar absorbedor de energía, conforme EN355. La longitud de un elemento de amarre fijo o ajustable que incluya un absorbedor de energía, dado el caso, y los terminales manufacturados, por ejemplo, conectores o gazas, no debe exceder de 2 m.

Punto de anclaje: Conforme EN795. Punto donde el dispositivo anticaídas puede montarse o desmontarse. Pueden ser:

- Clase A1: destinados a ser fijados sobre superficies verticales, horizontales e inclinadas.
- Clase A2: destinados a ser fijados sobre superficies inclinadas.
- Clase B: provisionales y transportables (por ejemplo: trípodes, eslingas de cinta o acero).
- Clase C: equipados de un soporte de seguridad flexible horizontal.
- Clase D: equipados de un soporte de seguridad rígido horizontal (por ejemplo: raíl).
- Clase E: sin sistema de fijación.

Ejemplos de sistemas anticaídas son:

- Sistemas anticaídas con dispositivo anticaídas retráctil. Se especifican en la Norma EN360.
- Sistemas anticaídas con dispositivo anticaídas deslizante sobre línea de anclaje rígida. Norma EN353-1.
- Sistemas anticaídas con dispositivo anticaídas deslizante sobre línea de anclaje flexible. Norma EN353-2.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

- Sistemas anticaídas con absorbedor de energía. Los absorbedores de energía se especifican en la Norma EN355.

4.2.9. Protecciones del cuerpo entero.

Son aquellos que protegen al individuo frente a riesgos que no actúan únicamente sobre partes o zonas determinadas del cuerpo, sino que afectan a su totalidad.

El cubrimiento total o parcial del cuerpo del trabajador tiene por misión defenderlo frente a unos riesgos determinados, los cuales pueden ser de origen térmico, químico, mecánico, radiactivo o biológico.

La protección se realiza mediante el empleo de prendas tales como mandiles, chaquetas, monos, etc., cuyo material debe ser apropiado al riesgo existente.

Las características técnicas de la ropa de trabajo vienen recogidas en las normas EN340, EN366, EN367, EN368, EN369, EN467, EN531 y EN532.

Las prendas de señalización serán aquellas prendas reflectantes que deban utilizarse, sea en forma de brazaletes, guantes, chalecos, etc., en aquellos lugares que forzosamente tengan que estar oscuros o poco iluminados y existan riesgos de colisión, atropellos, etc. Las características técnicas de las prendas de alta visibilidad se encuentran recogidas en las normas EN 340 y EN 471.



UCA

Universidad
de Cádiz



EPS
ALGECIRAS



TOMO IV

PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS

INSTALACIÓN SOLAR
FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO
DE OCIO

TITULACIÓN: INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL, ESP.ELECTRÓNICA INDUSTRIAL

AUTOR: JOSÉ CARLOS MAURICIO REDONDO

CONVOCATORIA: JUNIO 2012

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

ÍNDICE

Contenido

1) Objeto	4
2) Generalidades.....	5
3) Definiciones	6
3.1. Radiación solar.....	6
3.2. Instalaciones	6
3.3. Módulos.....	7
4) Diseño.....	8
4.1. Diseño del generador fotovoltaico.....	8
4.1.1. Generalidades.....	8
4.1.2. Orientación e inclinación y sombras.	8
5) Componentes y materiales	9
5.1. Generalidades.....	9
5.2. Sistemas generadores fotovoltaicos.....	10
5.3. Estructura soporte	11
5.4. Inversores	12
5.5. Cableado.....	15
5.6. Centro de transformación.....	15
5.6.1. Calidad de los materiales.....	15
5.6.2. Normas de ejecución de las instalaciones.....	18
5.6.3. Pruebas reglamentarias.	19
5.6.4. Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad.....	19
5.6.5. Certificados y documentación.....	22
5.6.6. Libro de órdenes.	22
5.7. Conexión a red.	22
5.8. Medidas.....	22
5.9. Protecciones.....	23
5.10. Puesta a tierra de las instalaciones fotovoltaicas.....	23
5.11. Armónicos y compatibilidad electromagnética	23
5.12. Medidas de seguridad.....	23
6) Recepción y pruebas.....	24

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

7)	Requerimientos técnicos del contrato de mantenimiento.....	25
7.1.	Generalidades.....	25
7.2.	Programa de mantenimiento.	25
7.3.	Garantías.	27
7.3.1.	Ámbito general de la garantía.....	27
7.3.2.	Plazos.....	27
7.3.3.	Condiciones económicas.	27
7.3.4.	Anulación de garantía.	28
7.3.5.	Lugar y tiempo de la prestación.	28

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

1) Objeto

Fijar las condiciones técnicas mínimas que deben cumplir las instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a red.

Valorar la calidad final de la instalación en cuanto a su rendimiento, producción e integración.

El ámbito de aplicación de este Pliego de Condiciones Técnicas (en lo que sigue, PCT) se extiende a todos los sistemas mecánicos, eléctricos y electrónicos que forman parte de las instalaciones.

En determinados supuestos, para el proyecto se podrá adoptar, por la propia naturaleza de los mismos o del desarrollo tecnológico, soluciones diferentes a las exigidas en este PCT, siempre que quede suficientemente justificada su necesidad y que no impliquen una disminución de las exigencias mínimas de calidad especificadas en el mismo.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

2) Generalidades

Este Pliego es de aplicación a las instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a la red de distribución. Quedan excluidas expresamente las instalaciones aisladas de la red.

En todo caso serán de aplicación todas las normativas que afecten a instalaciones solares fotovoltaicas, y en particular las siguientes:

- Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico.
- Norma UNE-EN 62466: Sistemas fotovoltaicos conectados a red. Requisitos mínimos de documentación, puesta en marcha e inspección de un sistema.
- Resolución de 31 de mayo de 2001 por la que se establecen modelo de contrato tipo y modelo de factura para las instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.
- Real Decreto 1663/2000, de 29 de septiembre, sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión.
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (B.O.E. de 18-9-2002).
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.
- Real Decreto 1578/2008, de 26 de septiembre, de retribución de la actividad de producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica para instalaciones posteriores a la fecha límite de mantenimiento de la retribución del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, para dicha tecnología.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

3) Definiciones

3.1. Radiación solar

- *Radiación solar*: energía procedente del Sol en forma de ondas electromagnéticas.
- *Irradiancia*: densidad de potencia incidente en una superficie o la energía incidente en una superficie por unidad de tiempo y unidad de superficie. Se mide en kW/m².
- *Irradiación*: energía incidente en una superficie por unidad de superficie y a lo largo de un cierto período de tiempo. Se mide en kWh/m², o bien en MJ/m².

3.2. Instalaciones

- *Instalaciones fotovoltaicas*: aquellas que disponen de módulos fotovoltaicos para la conversión directa de la radiación solar en energía eléctrica sin ningún paso intermedio.
- *Instalaciones fotovoltaicas interconectadas*: aquellas que disponen de conexión física con las redes de transporte o distribución de energía eléctrica del sistema, ya sea directamente o a través de la red de un consumidor.
- *Línea y punto de conexión y medida*: la línea de conexión es la línea eléctrica mediante la cual se conectan las instalaciones fotovoltaicas con un punto de red de la empresa distribuidora o con la acometida del usuario, denominado punto de conexión y medida.
- *Interruptor automático de la interconexión*: dispositivo de corte automático sobre el cual actúan las protecciones de interconexión.
- *Interruptor general*: dispositivo de seguridad y maniobra que permite separar la instalación fotovoltaica de la red de la empresa distribuidora.
- *Generador fotovoltaico*: asociación en paralelo de ramas fotovoltaicas.
- *Rama fotovoltaica*: subconjunto de módulos interconectados en serie o en asociaciones serie-paralelo, con voltaje igual a la tensión nominal del generador.
- *Inversor*: convertidor de tensión y corriente continua en tensión y corriente alterna. También se denomina ondulator.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

- *Potencia nominal del generador*: suma de las potencias máximas de los módulos fotovoltaicos.
- *Potencia de la instalación fotovoltaica o potencia nominal*: suma de la potencia nominal de los inversores (la especificada por el fabricante) que intervienen en las tres fases de la instalación en condiciones nominales de funcionamiento.

3.3. Módulos

- *Célula solar o fotovoltaica*: dispositivo que transforma la radiación solar en energía eléctrica.
- *Célula de tecnología equivalente (CTE)*: célula solar encapsulada de forma independiente, cuya tecnología de fabricación u encapsulado es idéntica a la de los módulos fotovoltaicos que forman la instalación.
- *Módulo o panel fotovoltaico*: conjunto de células solares directamente interconectadas y encapsuladas como único bloque, entre materiales que las protegen de los efectos de la intemperie.
- *Condiciones Estándar de Medida (CEM)*: condiciones de irradiancia y temperatura en la célula solar, utilizadas para caracterizar células, módulos y generadores solares y definidas del modo siguiente:
 - ✓ Irradiancia solar: 1000 W/m^2
 - ✓ Distribución espectral: AM 1.5 G.
 - ✓ Temperatura de célula: $25 \text{ }^\circ\text{C}$.
- *Potencia pico*: potencia máxima del panel fotovoltaico en CEM.
- *TONC*: temperatura de operación nominal de la célula, definida como la temperatura que alcanzan las células solares cuando se somete al módulo a una irradiancia de 800 W/m^2 con distribución espectral AM 1.5 G, la temperatura ambiente es de $20 \text{ }^\circ\text{C}$ y la velocidad del viento, de 1 m/s .

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

4) Diseño

4.1. Diseño del generador fotovoltaico

4.1.1. Generalidades

El módulo fotovoltaico seleccionado cumplirá las especificaciones del apartado 5.2.

Todos los módulos que integren la instalación serán del mismo modelo, o en el caso de modelos distintos, el diseño debe garantizar totalmente la compatibilidad entre ellos y la ausencia de efectos negativos en la instalación por dicha causa.

En aquellos casos excepcionales en que se utilicen módulos no cualificados, deberá justificarse debidamente y aportar documentación sobre las pruebas y ensayos a los que han sido sometidos. En cualquier caso, han de cumplirse las normas vigentes de obligado cumplimiento.

4.1.2. Orientación e inclinación y sombras.

La orientación e inclinación del generador fotovoltaico y las posibles sombras sobre el mismo serán tales que las pérdidas sean inferiores a los límites de la tabla 1. Se considerarán tres casos: general, superposición de módulos e integración arquitectónica. En todos los casos han de cumplirse tres condiciones: pérdidas por orientación e inclinación, pérdidas por sombreado y pérdidas totales inferiores a los límites estipulados respecto a los valores óptimos.

	Orientación e inclinación (OI)	Sombras (S)	Total (OI + S)
General	10%	10%	15%
Superposición	20%	15%	30%
Integración arquitectónico	40%	20%	50%

Tabla I. Sombras

Cuando, por razones justificadas, y en casos especiales en los que no se puedan instalar de acuerdo con este apartado, se evaluará la reducción en las prestaciones energéticas de la instalación, incluyéndose en la Memoria del Proyecto.

En todos los casos deberán evaluarse las pérdidas por orientación e inclinación del generador y sombras.

Cuando existan varias filas de módulos, se debe realizar el cálculo de la distancia mínima entre ellas.

5) Componentes y materiales

5.1. Generalidades.

Como principio general se ha de asegurar, como mínimo, un grado de aislamiento eléctrico de tipo básico clase I en lo que afecta tanto a equipos (módulos e inversores), como a materiales (conductores, cajas y armarios de conexión), exceptuando el cableado de continua, que será de doble aislamiento de clase 2 y un grado de protección mínimo de IP65.

La instalación incorporará todos los elementos y características necesarios para garantizar en todo momento la calidad del suministro eléctrico.

El funcionamiento de las instalaciones fotovoltaicas no deberá provocar en la red averías, disminuciones de las condiciones de seguridad ni alteraciones superiores a las admitidas por la normativa que resulte aplicable.

Asimismo, el funcionamiento de estas instalaciones no podrá dar origen a condiciones peligrosas de trabajo para el personal de mantenimiento y explotación de la red de distribución.

Los materiales situados en intemperie se protegerán contra los agentes ambientales, en particular contra el efecto de la radiación solar y la humedad.

Se incluirán todos los elementos necesarios de seguridad y protecciones propias de las personas y de la instalación fotovoltaica, asegurando la protección frente a contactos directos e indirectos, cortocircuitos, sobrecargas, así como otros elementos y protecciones que resulten de la aplicación de la legislación vigente.

En la Memoria de Diseño o Proyecto se incluirán las fotocopias de las especificaciones técnicas proporcionadas por el fabricante de todos los componentes.

Por motivos de seguridad y operación de los equipos, los indicadores, etiquetas, etc. de los mismos estarán en castellano y además, si procede, en alguna de las lenguas españolas oficiales del lugar de la instalación.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

5.2. Sistemas generadores fotovoltaicos

Los módulos fotovoltaicos deberán incorporar el marcado CE, según la Directiva 2006/95/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de diciembre de 2006, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre el material eléctrico destinado a utilizarse con determinados límites de tensión.

Además, deberán cumplir la norma UNE-EN 61730, armonizada para la Directiva 2006/95/CE, sobre cualificación de la seguridad de módulos fotovoltaicos, y la norma UNE-EN 50380, sobre informaciones de las hojas de datos y de las placas de características para los módulos fotovoltaicos. Adicionalmente, en función de la tecnología del módulo, éste deberá satisfacer las siguientes normas:

- UNE-EN 61215: Módulos fotovoltaicos (FV) de silicio cristalino para unos terrestre. Cualificación del diseño y homologación.
- UNE-EN61646: Módulos fotovoltaicos (FV) de lámina delgada para aplicaciones terrestres. Cualificación del diseño y aprobación de tipo.
- UNE-EN 62108: Módulos y sistemas fotovoltaicos de concentración (CPV). Cualificación del diseño y homologación.

Los módulos que se encuentren integrados en la edificación, aparte de que deben cumplir la normativa indicada anteriormente, además deberán cumplir con lo previsto en la Directiva 89/106/CEE del Consejo de 21 de diciembre de 1988 relativa a la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas de los Estados miembros sobre los productos de construcción.

Aquellos módulos que no puedan ser ensayados según estas normas citadas, deberán acreditar el cumplimiento de los requisitos mínimos establecidos en las mismas por otros medios, y con carácter previo a su inscripción definitiva en el registro de régimen especial dependiente del órgano competente.

Será necesario justificar la imposibilidad de ser ensayados, así como la acreditación del cumplimiento de dichos requisitos, lo que deberá ser comunicado por escrito a la Dirección General de Política Energética y Minas, quien resolverá sobre la conformidad o no de la justificación y acreditación presentadas.

El módulo fotovoltaico llevará de forma claramente visible e indeleble el modelo y nombre o logotipo del fabricante, así como una identificación individual o número de serie trazable a la fecha de fabricación.

Se utilizarán módulos que se ajusten a las características técnicas descritas a continuación:

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

- Los módulos deberán llevar los diodos de derivación para evitar las posibles averías de las células y sus circuitos por sombreados parciales y tendrán un grado de protección IP65.
- Los marcos laterales, si existen, serán de aluminio o acero inoxidable.
- Para que un módulo resulte aceptable, su potencia máxima y corriente de cortocircuito reales referidas a condiciones estándar deberán estar comprendidas en el margen del $\pm 3 \%$ de los correspondientes valores nominales de catálogo.
- Será rechazado cualquier módulo que presente defectos de fabricación como roturas o manchas en cualquiera de sus elementos así como falta de alineación en las células o burbujas en el encapsulante.

Será deseable una alta eficiencia de las células.

La estructura del generador se conectará a tierra.

Por motivos de seguridad y para facilitar el mantenimiento y reparación del generador, se instalarán los elementos necesarios (fusibles, interruptores, etc.) para la desconexión, de forma independiente y en ambos terminales, de cada una de las ramas del resto del generador.

Los módulos fotovoltaicos estarán garantizados por el fabricante durante un período mínimo de 10 años y contarán con una garantía de rendimiento durante 25 años.

5.3. Estructura soporte

Las estructuras soporte deberán cumplir las especificaciones de este apartado. En todos los casos se dará cumplimiento a lo obligado en el Código Técnico de la Edificación respecto a seguridad.

El diseño y la construcción de la estructura y el sistema de fijación de módulos, permitirá las necesarias dilataciones térmicas, sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los módulos, siguiendo las indicaciones del fabricante.

Los puntos de sujeción para el módulo fotovoltaico serán suficientes en número, teniendo en cuenta el área de apoyo y posición relativa, de forma que no produzcan flexiones en los módulos superiores a las permitidas por el fabricante y los métodos homologados para el modelo de módulo.

El diseño de la estructura se realizará para la orientación y el ángulo de inclinación especificado para el generador fotovoltaico, teniendo en cuenta la facilidad de montaje y desmontaje, y la posible necesidad de sustituciones de elementos.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

La estructura se protegerá superficialmente contra la acción de los agentes ambientales. La realización de taladros en la estructura se llevará a cabo antes de proceder, en su caso, al galvanizado o protección de la estructura.

La tornillería será realizada en acero inoxidable. En el caso de que la estructura sea galvanizada se admitirán tornillos galvanizados, exceptuando la sujeción de los módulos a la misma, que serán de acero inoxidable.

Los topes de sujeción de módulos y la propia estructura no arrojarán sombra sobre los módulos.

En el caso de instalaciones integradas en cubierta que hagan las veces de la cubierta del edificio, el diseño de la estructura y la estanquidad entre módulos se ajustarán a las exigencias vigentes en materia de edificación.

Se dispondrán las estructuras soporte necesarias para montar los módulos, tanto sobre superficie plana (terraza) como integrados sobre tejado, cumpliendo lo especificado en el punto 4.1.2 sobre sombras. Se incluirán todos los accesorios y bancadas y/o anclajes.

Si está construida con perfiles de acero laminado conformado en frío, cumplirán las normas UNE-EN 10219-1 y UNE-EN 10219-2 para garantizar todas sus características mecánicas y de composición química.

Si es del tipo galvanizada en caliente, cumplirá las normas UNE-EN ISO 14713 (partes 1, 2 y 3) y UNE-EN ISO 10684 y los espesores cumplirán con los mínimos exigibles en la norma UNE-EN ISO 1461.

5.4. Inversores

Serán del tipo adecuado para la conexión a la red eléctrica, con una potencia de entrada variable para que sean capaces de extraer en todo momento la máxima potencia que el generador fotovoltaico puede proporcionar a lo largo de cada día.

Las características básicas de los inversores serán las siguientes:

- Principio de funcionamiento: fuente de corriente.
- Autoconmutados.
- Seguimiento automático del punto de máxima potencia del generador.
- No funcionarán en isla o modo aislado.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

Las características de los inversores deberán hacerse según las normas siguientes:

- UNE-EN 62093: componentes de acumulación, conversión y gestión de energía de sistemas fotovoltaicos. Cualificación del diseño y ensayos ambientales.
- UNE-EN 61683: sistemas fotovoltaicos. Acondicionadores de potencia. Procedimiento para la medida del rendimiento.
- IEC 62116: Testing of islanding preventing measures for utility interactive photovoltaic inverters.

Los inversores cumplirán con las directivas comunitarias de Seguridad Eléctrica y Compatibilidad Electromagnética (ambas serán certificadas por el fabricante), incorporando protecciones frente a:

- Cortocircuitos en alterna.
- Tensión de red fuera de rango.
- Sobretensiones de red fuera de rango.
- Sobretensiones, mediante varistores o similares.
- Perturbaciones presentes en la red como microcortes, pulsos, defectos de ciclos, ausencia y retorno de la red, etc.

Adicionalmente, han de cumplir con la Directiva 2004/108/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de diciembre de 2004, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros en materia de compatibilidad electromagnética.

Cada inversor dispondrá de las señalizaciones necesarias para su correcta operación, e incorporará los controles automáticos imprescindibles que aseguren su adecuada supervisión y manejo.

Cada inversor incorporará, al menos, los controles manuales siguientes:

- Encendido y apagado general del inversor.
- Conexión y desconexión del inversor a la interfaz de CA.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

Las características eléctricas de los inversores serán las siguientes:

- El inversor seguirá entregando potencia a la red de forma continuada en condiciones de irradiancia solar un 10% superior a las CEM. Además soportará picos de un 30% superior a las CEM durante períodos de hasta 10 segundos.
- El rendimiento de potencia del inversor (cociente entre la potencia activa de salida y la potencia activa de entrada), para una potencia de salida en corriente alterna igual al 50 % y al 100% de la potencia nominal, será como mínimo del 92% y del 94% respectivamente. El cálculo del rendimiento se realizará de acuerdo con la norma UNE-EN 6168: Sistemas fotovoltaicos. Acondicionadores de potencia. Procedimiento para la medida del rendimiento.
- El autoconsumo de los equipos (pérdidas en “vacío”) en “stand-by” o modo nocturno deberá ser inferior al 2 % de su potencia nominal de salida.
- El factor de potencia de la potencia generada deberá ser superior a 0.95, entre el 25 % y el 100 % de la potencia nominal.
- A partir de potencias mayores del 10 % de su potencia nominal, el inversor deberá inyectar en red.

Los inversores tendrán un grado de protección mínima IP 20 para inversores en el interior de edificios y lugares inaccesibles, IP 30 para inversores en el interior de edificios y lugares accesibles, y de IP 65 para inversores instalados a la intemperie. En cualquier caso, se cumplirá la legislación vigente.

Los inversores estarán garantizados para operación en las siguientes condiciones ambientales: entre 0 °C y 40 °C de temperatura y entre 0 % y 85 % de humedad relativa.

Los inversores para instalaciones fotovoltaicas estarán garantizados por el fabricante durante un período mínimo de 3 años.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

5.5. Cableado

Los positivos y negativos de cada grupo de módulos se conducirán separados y protegidos de acuerdo a la normativa vigente.

Los conductores serán de cobre y tendrán la sección adecuada para evitar caídas de tensión y calentamientos. Concretamente, para cualquier condición de trabajo, los conductores deberán tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior del 1,5 %.

El cable deberá tener la longitud necesaria para no generar esfuerzos en los diversos elementos ni posibilidad de enganche por el tránsito normal de personas.

Todo el cableado de continua será de doble aislamiento y adecuado para su uso en intemperie, al aire o enterrado, de acuerdo con la norma UNE 21123.

5.6. Centro de transformación

5.6.1. Calidad de los materiales

5.6.1.1. Obra civil

El edificio destinado a alojar en su interior las instalaciones será una construcción prefabricada de hormigón modelo EHC-5T2L.

Sus elementos constructivos son los descritos en el apartado correspondiente de la Memoria del presente proyecto.

De acuerdo con la Recomendación UNESA 1303-A, el edificio prefabricado estará construido de tal manera que, una vez instalado, su interior sea una superficie equipotencial.

La base del edificio será de hormigón armado con un mallazo equipotencial.

Todas las varillas metálicas embebidas en el hormigón que constituyan la armadura del sistema equipotencial, estarán unidas entre sí mediante soldaduras eléctricas. Las conexiones entre varillas metálicas pertenecientes a diferentes elementos, se efectuarán de forma que se consiga la equipotencialidad entre éstos.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

Ningún elemento metálico unido al sistema equipotencial podrá ser accesible desde el exterior del edificio.

Todos los elementos metálicos del edificio que están expuestos al aire serán resistentes a la corrosión por su propia naturaleza, o llevarán el tratamiento protector adecuado que en el caso de ser galvanizado en caliente cumplirá con lo especificado en la RU.-6618-A.

5.6.1.2. Aparamenta de Alta Tensión.

La aparamenta de A.T. estará constituida por conjuntos compactos serie RM6 de Merlin Gerin, equipados con dicha aparamenta, bajo envolvente única metálica, para una tensión admisible de 24 kV, acorde a las siguientes normativas:

- ✓ UNE 20-090, 20-135.
 - ✓ UNE-EN 60265-1, 60129.
 - ✓ CEI 60298, 60420, 60265, 60129.
 - ✓ UNESA Recomendación 6407 A.
- Características constructivas.

Los conjuntos compactos deberán tener una envolvente única con dieléctrico de hexafluoruro de azufre. Toda la aparamenta estará agrupada en el interior de una cuba metálica estanca rellena de hexafluoruro de azufre con una sobrepresión de 0'1 bar sobre la presión atmosférica, sellada de por vida y acorde a la norma CEI 56-4-17, clase III.

En la parte posterior se dispondrá de una membrana que asegure la evacuación de las eventuales sobrepresiones que se puedan producir, sin daño ni para el operario ni para las instalaciones.

El dispositivo de control de aislamiento de los cables será accesible, fase por fase, después de la puesta a tierra y sin necesidad de desconectar los cables.

La seguridad de explotación será completada por los dispositivos de enclavamiento por candado existentes en cada uno de los ejes de accionamiento.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

En caso de avería en un elemento mecánico se deberá poder retirar el conjunto de mandos averiado y ser sustituido por otro en breve tiempo, y sin necesidad de efectuar trabajos sobre el elemento activo del interruptor, así como realizar la motorización de las funciones de entrada/salida con el centro en servicio.

- Características eléctricas.

- ✓ Tensión nominal : 24 kV.
- ✓ Nivel de aislamiento:
 - a la frecuencia industrial de 50 Hz : 50 kV ef. 1 minuto.
 - a impulsos tipo rayo : 125 kV cresta.
- ✓ Intensidad nominal funciones línea : 400 A.
- ✓ Intensidad nominal otras funciones: 200 A.
- ✓ Intensidad de corta duración admisible : 16 kA ef. 1 segundo.

- Interruptores

El interruptor y el seccionador de puesta a tierra deberá ser un único aparato de tres posiciones (abierto, cerrado y puesto a tierra), a fin de asegurar la imposibilidad de cierre simultáneo del interruptor y el seccionador de puesta a tierra.

La apertura y cierre de los polos será simultánea, debiendo ser la tolerancia de cierre inferior a 10 ms.

Los contactos móviles de puesta a tierra serán visibles a través de visores, cuando el aparato ocupe la posición de puesto a tierra.

El interruptor deberá ser capaz de soportar al 100% de su intensidad nominal más de 100 maniobras de cierre y apertura, correspondiendo a la categoría B según la norma CEI 60265.

En servicio, se deberán cumplir las exigencias siguientes:

- ✓ Poder de cierre nominal sobre cortocircuito: 40 kA cresta.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

- ✓ Poder de corte nominal sobre transformador en vacío: 16 A.
 - ✓ Poder de corte nominal de cables en vacío: 30 A.
 - ✓ Poder de corte (sea por interruptor-fusibles o por interruptor automático): 16 kA.
- Cortacircuitos – Fusibles.

En el caso de utilizar protección ruptor-fusibles, se utilizarán fusibles del modelo y calibre indicados en el capítulo de Cálculos de esta memoria. Los fusibles cumplirán la norma DIN 43-625 y la R.U. 6.407-A y se instarán en tres compartimentos individuales, estancos y metalizados, con dispositivo de puesta a tierra por su parte superior e inferior.

5.6.1.3. Transformadores

El transformador a instalar será trifásico, con neutro accesible en B.T., refrigeración natural, en baño de aceite, con regulación de tensión primaria mediante conmutador accionable estando el transformador desconectado, servicio continuo y demás características detalladas en la memoria.

5.6.2. Normas de ejecución de las instalaciones.

Todas las normas de construcción e instalación del centro se ajustarán, en todo caso, a los planos, mediciones y calidades que se expresan, así como a las directrices que la Dirección Facultativa estime oportunas.

Además del cumplimiento de lo expuesto, las instalaciones se ajustarán a las normativas que le pudieran afectar, emanadas por organismos oficiales y en particular las de Endesa Distribución (Compañía Sevillana de Electricidad - C.S.E.).

El acopio de materiales se hará de forma que estos no sufran alteraciones durante su depósito en la obra, debiendo retirar y reemplazar todos los que hubieran sufrido alguna descomposición o defecto durante su estancia, manipulación o colocación en la obra.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

5.6.3. Pruebas reglamentarias.

La aparamenta eléctrica que compone la instalación deberá ser sometida a los diferentes ensayos de tipo y de serie que contemplen las normas UNE o recomendaciones UNESA conforme a las cuales esté fabricada.

Asimismo, una vez ejecutada la instalación, se procederá, por parte de entidad acreditada por los organismos públicos competentes al efecto, a la medición reglamentaria de los siguientes valores:

- Resistencia de aislamiento de la instalación.
- Resistencia del sistema de puesta a tierra.
- Tensiones de paso y de contacto.

5.6.4. Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad

- Prevenciones generales.
 - ✓ Queda terminantemente prohibida la entrada en el local de esta estación a toda persona ajena al servicio y siempre que el encargado del mismo se ausente, deberá dejarlo cerrado con llave.
 - ✓ Se pondrán en sitio visible del local, y a su entrada, placas de aviso de "Peligro de muerte".
 - ✓ En el interior del local no habrá más objetos que los destinados al servicio del centro de transformación, como banqueta, guantes, etc.
 - ✓ No está permitido fumar ni encender cerillas ni cualquier otra clase de combustible en el interior del local del centro de transformación y en caso de incendio no se empleará nunca agua.
 - ✓ No se tocará ninguna parte de la instalación en tensión, aunque se esté aislado.
 - ✓ Todas las maniobras se efectuarán colócanse convenientemente sobre la banqueta.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

- ✓ En sitio bien visible estarán colocadas las instrucciones relativas a los socorros que deben prestarse en los accidentes causados por electricidad, debiendo estar el personal instruido prácticamente a este respecto, para aplicarlas en caso necesario. También, y en sitio visible, debe figurar el presente Reglamento y esquema de todas las conexiones de la instalación, aprobado por la Consejería de Industria, a la que se pasará aviso en el caso de introducir alguna modificación en este centro de transformación, para su inspección y aprobación, en su caso.

- Puesta en servicio:
 - ✓ Se conectará primero los seccionadores de alta y a continuación el interruptor de alta, dejando en vacío el transformador. Posteriormente, se conectará el interruptor general de baja, procediendo en último término a la maniobra de la red de baja tensión.
 - ✓ Si al poner en servicio una línea se disparase el interruptor automático o hubiera fusión de cartuchos fusibles, antes de volver a conectar se reconocerá detenidamente la línea e instalaciones y, si se observase alguna irregularidad, se dará cuenta de modo inmediato a la empresa suministradora de energía.

- Separación de servicio.
 - ✓ Se procederá en orden inverso al determinado en apartado 8, o sea, desconectando la red de baja tensión y separando después el interruptor de alta y seccionadores.
 - ✓ Si el interruptor fuera automático, sus relés deben regularse por disparo instantáneo con sobrecarga proporcional a la potencia del transformador, según la clase de la instalación.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

- ✓ Si una vez puesto el centro fuera de servicio se desea realizar un mantenimiento de limpieza en el interior de la aparamenta y transformadores no bastará con haber realizado el seccionamiento que proporciona la puesta fuera de servicio del centro, sino que se procederá además a la puesta a tierra de todos aquellos elementos susceptibles de ponerlos a tierra. Se garantiza de esta forma que en estas condiciones todos los elementos accesibles estén, además de seccionados, puestos a tierra. No quedarán afectadas las celdas de entrada del centro cuyo mantenimiento es responsabilidad exclusiva de la compañía suministradora de energía eléctrica.

- ✓ La limpieza se hará sobre banqueta, con trapos perfectamente secos, y muy atentos a que el aislamiento que es necesario para garantizar la seguridad personal, sólo se consigue teniendo la banqueta en perfectas condiciones y sin apoyar en metales u otros materiales derivados a tierra.

- Prevenciones especiales.
 - ✓ No se modificarán los fusibles y al cambiarlos se emplearán de las mismas características de resistencia y curva de fusión.
 - ✓ Para transformadores con líquido refrigerante (aceite o silicona) no podrá sobrepasarse un incremento relativo de 60K sobre la temperatura ambiente en dicho líquido. La máxima temperatura ambiente en funcionamiento normal está fijada, según norma CEI 76, en 40°C, por lo que la temperatura del refrigerante en este caso no podrá superar la temperatura absoluta de 100°C.
 - ✓ Deben humedecerse con frecuencia las tomas de tierra. Se vigilará el buen estado de los aparatos, y cuando se observase alguna anomalía en el funcionamiento del centro de transformación, se pondrá en conocimiento de la compañía suministradora, para corregirla de acuerdo con ella.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

5.6.5. Certificados y documentación.

Se aportará, para la tramitación de este proyecto ante los organismos públicos, la documentación siguiente:

- Autorización Administrativa.
- Proyecto, suscrito por técnico competente.
- Certificado de tensiones de paso y contacto, por parte de empresa homologada.
- Certificado de Dirección de Obra.
- Contrato de mantenimiento.
- Escrito de conformidad por parte de la Compañía Eléctrica suministradora.

5.6.6. Libro de órdenes.

Se dispondrá en este centro del correspondiente libro de órdenes en el que se harán constar las incidencias surgidas en el transcurso de su ejecución y explotación.

5.7. Conexión a red.

Todas las instalaciones de hasta 100 kW cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1663/2000 (artículos 8 y 9) sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

5.8. Medidas.

Todas las instalaciones cumplirán con el Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

5.9. Protecciones.

Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1663/2000 (artículo 11) sobre protecciones en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

En conexiones a la red trifásicas las protecciones para la interconexión de máxima y mínima frecuencia (51 Hz y 49 Hz respectivamente) y de máxima y mínima tensión (1,1 Um y 0,85 Um respectivamente) serán para cada fase.

5.10. Puesta a tierra de las instalaciones fotovoltaicas.

Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1663/2000 (artículo 12) sobre las condiciones de puesta a tierra en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

Cuando el aislamiento galvánico entre la red de distribución de baja tensión y el generador fotovoltaico no se realice mediante un transformador de aislamiento, se explicarán en la Memoria de Descriptiva los elementos utilizados para garantizar esta condición.

5.11. Armónicos y compatibilidad electromagnética.

Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1663/2000 (artículo 13) sobre armónicos y compatibilidad electromagnética en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

5.12. Medidas de seguridad.

Las centrales fotovoltaicas, independientemente de la tensión a la que estén conectadas a la red, estarán equipadas con un sistema de protecciones que garantice su desconexión en caso de un fallo en la red o fallos internos en la instalación de la propia central, de manera que no perturben el correcto funcionamiento de las redes a las que estén conectadas, tanto en la explotación normal como durante el incidente.

La central fotovoltaica debe evitar el funcionamiento no intencionado en isla con parte de la red de distribución, en el caso de desconexión de la red general. La protección anti-isla deberá detectar la desconexión de red en un tiempo acorde con los criterios de protección de la red de distribución a la que se conecta, o en el tiempo máximo fijado por la normativa o especificaciones técnicas correspondientes. El sistema utilizado debe funcionar correctamente en paralelo

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

con otras centrales eléctricas con la misma o distinta tecnología, y alimentando las cargas habituales en la red, tales como motores.

Las centrales fotovoltaicas deberán estar dotadas de los medios necesarios para admitir un reenganche de la red de distribución sin que se produzcan daños.

Asimismo, no producirán sobretensiones que puedan causar daños en otros equipos, incluso en el transitorio de paso a isla, con cargas bajas o sin carga. Igualmente, los equipos instalados deberán cumplir los límites de emisión de perturbaciones indicados en las normas nacionales e internacionales de compatibilidad electromagnética.

6) Recepción y pruebas.

El instalador entregará al usuario un documento-albarán en el que conste el suministro de componentes, materiales y manuales de uso y mantenimiento de la instalación. Este documento será firmado por duplicado por ambas partes, conservando cada una un ejemplar. Los manuales entregados al usuario estarán en alguna de las lenguas oficiales españolas para facilitar su correcta interpretación.

Antes de la puesta en servicio de todos los elementos principales (módulos, inversores, contadores) éstos deberán haber superado las pruebas de funcionamiento en fábrica, de las que se levantará oportuna acta que se adjuntará con los certificados de calidad.

Las pruebas a realizar por el instalador, con independencia de lo indicado con anterioridad en este PCT, serán como mínimo las siguientes:

- Funcionamiento y puesta en marcha de todos los sistemas.
- Pruebas de arranque y parada en distintos instantes de funcionamiento.
- Pruebas de los elementos y medidas de protección, seguridad y alarma, así como su actuación, con excepción de las pruebas referidas al interruptor automático de la desconexión.
- Determinación de la potencia instalada.

Concluidas las pruebas y la puesta en marcha se pasará a la fase de la Recepción Provisional de la Instalación. No obstante, el Acta de Recepción Provisional no se firmará hasta haber comprobado que todos los sistemas y elementos que forman parte del suministro han funcionado correctamente durante un mínimo de 240 horas seguidas, sin interrupciones o paradas causadas por fallos o errores del sistema suministrado, y además se hayan cumplido los siguientes requisitos:

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

- Entrega de toda la documentación requerida en este PCT, y como mínimo la recogida en la norma UNE-EN 62466: Sistemas fotovoltaicos conectados a red. Requisitos mínimos de documentación, puesta en marcha e inspección de un sistema.
- Retirada de obra de todo el material sobrante.
- Limpieza de las zonas ocupadas, con transporte de todos los desechos a vertedero.

Durante este período el suministrador será el único responsable de la operación de los sistemas suministrados, si bien deberá adiestrar al personal de operación.

Todos los elementos suministrados, así como la instalación en su conjunto, estarán protegidos frente a defectos de fabricación, instalación o diseño por una garantía de tres años, salvo para los módulos fotovoltaicos, para los que la garantía mínima será de 10 años contados a partir de la fecha de la firma del acta de recepción provisional.

No obstante, el instalador quedará obligado a la reparación de los fallos de funcionamiento que se puedan producir si se aprecia que su origen procede de defectos ocultos de diseño, construcción, materiales o montaje, comprometiéndose a subsanarlos sin cargo alguno. En cualquier caso, deberá atenerse a lo establecido en la legislación vigente en cuanto a vicios ocultos.

7) Requerimientos técnicos del contrato de mantenimiento.

7.1. Generalidades

Se realizará un contrato de mantenimiento preventivo y correctivo de al menos tres años.

El contrato de mantenimiento de la instalación incluirá todos los elementos de la misma, con las labores de mantenimiento preventivo aconsejados por los diferentes fabricantes.

7.2. Programa de mantenimiento.

El objeto de este apartado es definir las condiciones generales mínimas que deben seguirse para el adecuado mantenimiento de las instalaciones de energía solar fotovoltaica conectadas a red.

Se definen dos escalones de actuación para englobar 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:

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

- Mantenimiento preventivo.
- Mantenimiento correctivo.

Plan de mantenimiento preventivo: 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 misma.

Plan de mantenimiento correctivo: todas las operaciones de sustitución necesarias para asegurar que el sistema funciona correctamente durante su vida útil. Incluye:

- La visita a la instalación en los plazos indicados en el punto 7.3.5 y cada vez que el usuario lo requiera por avería grave en la misma.
- El análisis y elaboración del presupuesto de los trabajos y reposiciones necesarias para el correcto funcionamiento de la instalación.
- 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.

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

El mantenimiento preventivo de la instalación incluirá, al menos, una visita (anual para el caso de instalaciones de potencia de hasta 100 kWp y semestral para el resto) en la que se realizarán las siguientes actividades:

- Comprobación de las protecciones eléctricas.
- Comprobación del estado de los módulos: comprobación de la situación respecto al proyecto original y verificación del estado de las conexiones.
- Comprobación del estado del inversor: funcionamiento, lámparas de señalizaciones, alarmas, 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.

Realización de un informe técnico de cada una de las visitas, en el que se refleje el estado de las instalaciones y las incidencias acaecidas.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

Registro de las operaciones de mantenimiento realizadas en un libro de mantenimiento, en el que constará la identificación del personal de mantenimiento (nombre, titulación y autorización de la empresa).

7.3. Garantías.

7.3.1. Ámbito general de la garantía.

Sin perjuicio de cualquier posible reclamación a terceros, la instalación será reparada de acuerdo con estas condiciones generales si ha sufrido una avería a causa de un defecto de montaje o de cualquiera de los componentes, siempre que haya sido manipulada correctamente de acuerdo con lo establecido en el manual de instrucciones.

La garantía se concede a favor del comprador de la instalación, lo que deberá justificarse debidamente mediante el correspondiente certificado de garantía, con la fecha que se acredite en la certificación de la instalación.

7.3.2. Plazos

El suministrador garantizará la instalación durante un período mínimo de 3 años, para todos los materiales utilizados y el procedimiento empleado en su montaje. Para los módulos fotovoltaicos, la garantía mínima será de 10 años.

Si hubiera de interrumpirse la explotación del suministro debido a razones de las que es responsable el suministrador, o a reparaciones que el suministrador haya de realizar para cumplir las estipulaciones de la garantía, el plazo se prolongará por la duración total de dichas interrupciones.

7.3.3. Condiciones económicas.

La garantía comprende la reparación o reposición, en su caso, de los componentes y las piezas que pudieran resultar defectuosas, así como la mano de obra empleada en la reparación o reposición durante el plazo de vigencia de la garantía.

Quedan expresamente incluidos todos los demás gastos, tales como tiempos de desplazamiento, medios de transporte, amortización de vehículos y herramientas, disponibilidad de otros medios y eventuales portes de recogida y devolución de los equipos para su reparación en los talleres del fabricante.

Asimismo, se deben incluir la mano de obra y materiales necesarios para efectuar los ajustes y eventuales reglajes del funcionamiento de la instalación.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

Si en un plazo razonable el suministrador incumple las obligaciones derivadas de la garantía, el comprador de la instalación podrá, previa notificación escrita, fijar una fecha final para que dicho suministrador cumpla con sus obligaciones. Si el suministrador no cumple con sus obligaciones en dicho plazo último, el comprador de la instalación podrá, por cuenta y riesgo del suministrador, realizar por sí mismo las oportunas reparaciones, o contratar para ello a un tercero, sin perjuicio de la reclamación por daños y perjuicios en que hubiere incurrido el suministrador.

7.3.4. Anulación de garantía.

La garantía podrá anularse cuando la instalación haya sido reparada, modificada o desmontada, aunque sólo sea en parte, por personas ajenas al suministrador o a los servicios de asistencia técnica de los fabricantes no autorizados expresamente por el suministrador, salvo lo indicado en el punto 7.3.3.

7.3.5. Lugar y tiempo de la prestación.

Cuando el usuario detecte un defecto de funcionamiento en la instalación lo comunicará fehacientemente al suministrador. Cuando el suministrador considere que es un defecto de fabricación de algún componente, lo comunicará fehacientemente al fabricante.

El suministrador atenderá cualquier incidencia en el plazo máximo de una semana y la resolución de la avería se realizará en un tiempo máximo de 10 días, salvo causas de fuerza mayor debidamente justificadas.

Las averías de las instalaciones se repararán en su lugar de ubicación por el suministrador. Si la avería de algún componente no pudiera ser reparada en el lugar, el componente deberá ser enviado al taller oficial designado por el fabricante por cuenta y a cargo del suministrador.

El suministrador realizará las reparaciones o reposiciones de piezas a la mayor brevedad posible una vez recibido el aviso de avería, pero no se responsabilizará de los perjuicios causados por la demora en dichas reparaciones siempre que sea inferior a 10 días naturales.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO
MEMORIA DE CÁLCULO

ANEXO I

MEDIDA DE LA POTENCIA INSTALADA DE UNA CENTRAL FOTOVOLTAICA CONECTADA A LA RED ELÉCTRICA.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

1) Introducción.

Definimos la potencia instalada en corriente alterna (CA) de una central fotovoltaica (FV) conectada a la red, como la potencia de corriente alterna a la entrada de la red eléctrica para un campo fotovoltaico con todos sus módulos en un mismo plano y que opera, sin sombras, a las condiciones estándar de medida (CEM).

La potencia instalada en CA de una central fotovoltaica puede obtenerse utilizando instrumentos de medida y procedimientos adecuados de corrección de unas condiciones de operación bajo unos determinados valores de irradiancia solar y temperatura a otras condiciones de operación diferentes. Cuando esto no es posible, puede estimarse la potencia instalada utilizando datos de catálogo y de la instalación, y realizando algunas medidas sencillas con una célula solar calibrada, un termómetro, un voltímetro y una pinza amperimétrica. Si tampoco se dispone de esta instrumentación, puede usarse el propio contador de energía. En este mismo orden, el error de la estimación de la potencia instalada será cada vez mayor.

2) Procedimiento de la medida.

Se describe a continuación el equipo mínimo necesario para calcular la potencia instalada:

- 1 célula solar calibrada de tecnología equivalente.
- 1 termómetro de temperatura ambiente.
- 1 multímetro de corriente continua (CC) y corriente alterna (CA).
- 1 pinza amperimétrica de CC y CA.

El propio inversor actuará de carga del campo fotovoltaico en el punto de máxima potencia.

Las medidas se realizarán en un día despejado, en un margen de ± 2 horas alrededor del mediodía solar.

Se realizará la medida con el inversor encendido para que el punto de operación sea el punto de máxima potencia.

Se medirá con la pinza amperimétrica la intensidad de CC de entrada al inversor y con un multímetro la tensión de CC en el mismo punto. Su producto es $(P_{CC})_{INV}$.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

El valor así obtenido se corrige con la temperatura y la irradiancia usando las ecuaciones (I.2) y (I.3).

La temperatura ambiente se mide con un termómetro situado a la sombra, en una zona próxima a los módulos FV. La irradiancia se mide con la célula (CTE) situada junto a los módulos y en su mismo plano.

Finalmente, se corrige esta potencia con las pérdidas.

Ecuaciones:

$$(P_{CC}) = (P_{CC})_{FOV} * (1 - L_{CAB}) \quad (I.1)$$

$$(P_{CC})_{FOV} = P_o * (R_{TO})_{VAR} * [1 - g * (T_c - 25)] \quad (I.2)$$

$$T_c = T_{AMB} + (T_{ONC} - 20) * E/800 \quad (I.3)$$

Donde:

- $(P_{CC})_{FOV}$ Potencia de CC inmediatamente a la salida de los paneles FV, en W.
- L_{CAB} Pérdidas de potencia en los cableados de CC entre los paneles FV y la entrada del inversor, incluyendo, las pérdidas en fusibles, conmutadores, conexiones, diodos, antiparalelo si hay, etc.
- E Irradiancia solar, en W/m², medida con la CTE calibrada.
- g Coeficiente de temperatura de la potencia, en 1/°C
- T_c Temperatura de las células solares, en °C.
- T_{AMB} Temperatura ambiente en la sombra, en °C, medida con el termómetro.
- T_{ONC} Temperatura de operación nominal del módulo.
- P_o Potencia nominal del generador en CEM, en W.
- $(R_{TO})_{VAR}$ Rendimiento, que incluye los porcentajes de pérdidas debidas a que los módulos fotovoltaicos operan, normalmente, en condiciones diferentes de las CEM.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

Se indican a continuación los valores de los distintos coeficientes:

- A. Todos los valores indicados pueden obtenerse de las medidas directas. Si no es posible realizar medidas, pueden obtenerse, parte de ellos, de los catálogos de características técnicas de los fabricantes.
- B. Cuando no se dispone de otra información más precisa pueden usarse los valores indicados en la tabla II.

Parámetro	Valor estimado, media anual	Valor estimado, día despejado *	Ver observación
L_{CAB}	0.02	0.02	(1)
$g(1/^\circ\text{C})$	-	0.0035 **	-
$T_{ONC} (^\circ\text{C})$	-	45	-

Tabla II. Parámetros

(*) Al medio día solar ± 2 h. de un día despejado.

(**) Válido para silicio cristalino.

(1) Las pérdidas principales de cableado pueden calcularse conociendo la sección de los cables y su longitud, por la ecuación:

$$L_{CAB} = R * I^2 \quad (I.4)$$

$$R = 0.000002 * L/S \quad (I.5)$$

Donde:

- R es el valor de la resistencia eléctrica de todos los cables, en ohmios.
- L es la longitud de todos los cables (sumando la ida y la vuelta), en cm.
- S es la sección de cada cable, en cm^2

Normalmente, las pérdidas en conmutadores, fusibles y diodos son muy pequeñas y no es necesario considerarlas. Las caídas en el cableado pueden ser muy importantes cuando son largos y se opera a baja tensión en CC. Las pérdidas por cableado en % suelen ser inferiores en plantas de gran potencia que en plantas de pequeña potencia.

ANEXO II

OPERACIONES DE MANTENIMIENTO

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

1) Introducción

El mantenimiento de una instalación fotovoltaica es uno de los aspectos que más depende del tipo, la configuración y la aplicación de la propia instalación. La ubicación, las condiciones ambientales, la accesibilidad y la presencia de personal no técnico (usuarios), son algunos de los factores determinantes a la hora de establecer un plan de mantenimiento que se adapte a las necesidades y requerimientos, tanto generales como específicos, de un sistema fotovoltaico.

Es de sobra conocido que, en general, los sistemas FV se caracterizan por precisar muy poco mantenimiento, debido principalmente a la ausencia de partes móviles y de consumibles (lubricantes, piezas sometidas a desgaste, etc.). Y así se refleja en los manuales de los fabricantes de los distintos componentes, en los que las referencias al mantenimiento se limitan a una breve descripción de operaciones periódicas sencillas.

1.1. Mantenimiento preventivo y correctivo.

El mantenimiento preventivo, como su nombre indica, tiene por objeto prevenir el funcionamiento ineficiente de un sistema, manteniendo las mismas condiciones óptimas que existían en su puesta en marcha inicial y minimizando el riesgo de aparición de averías. Se puede afirmar que, salvo circunstancias especiales, todas las labores de mantenimiento preventivo de una instalación FV se pueden llevar a cabo por personal no especializado. El mantenimiento no preventivo, es decir, todas aquellas operaciones de comprobación, sustitución y reparación, puede requerir, al margen de otras consideraciones, unos conocimientos de sistemas eléctricos convencionales que el usuario no tiene por qué poseer.

Las operaciones de mantenimiento preventivo se caracterizan por su periodicidad, es decir, por el tiempo transcurrido entre dos operaciones iguales y consecutivas. La determinación de esta periodicidad es fundamental y debe obedecer a criterios lógicos, racionales y justificados.

1.2. Comprobación e inspección.

En muchos casos, algunas de las operaciones designadas en la literatura técnica como de mantenimiento periódico preventivo, no pueden considerarse como tales, pues que su realización obedece más a la solución de problemas que a su prevención. Éste es el caso de la comprobación periódica del funcionamiento de todos los elementos de la instalación (paneles, inversores, protecciones, etc.). Esta comprobación permite detectar fallos, incluso no aparentes, que afectan en mayor o menor medida al funcionamiento eficiente del sistema, pero no los previene.

Otra cosa bien distinta es la inspección visual, que permite detectar defectos que, a la larga, afectarían de forma negativa a dicho funcionamiento.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

Una vez puesta en marcha la instalación, técnico y usuario deben determinar qué operaciones quedan bajo la responsabilidad de cada uno. Son varios los factores que hay que tener en cuenta a la hora de realizar esta división de competencias, y en cualquier caso debe especificarse cómo, cuándo y por qué hay que llevar a cabo una operación de mantenimiento.

2) Mantenimiento a cargo del usuario.

Generalmente, el mantenimiento a cargo del usuario es de tipo preventivo (ocasional o programado) y abarca todas aquellas comprobaciones y verificaciones que, ya sea por su sencillez o por su periodicidad, no justifican en modo alguno la intervención del técnico. La finalidad de estas tareas de mantenimiento es doble:

- Mantener la instalación (en la medida de lo posible) en un estado óptimo de conservación y funcionamiento similar al correspondiente a la puesta en marcha de la instalación.
- Detectar a tiempo posibles anomalías o defectos que influyan negativamente en el rendimiento general de la instalación FV y en su prestación de servicio.

En la práctica, la presencia del usuario favorece la realización de las tareas de mantenimiento de forma frecuente y ocasional, algo muy recomendable, al menos hasta que el usuario conozca cómo se comporta su instalación y pueda determinar la necesidad y la periodicidad más conveniente de dichas tareas de mantenimiento.

A continuación se indican y describen las operaciones de mantenimiento a cargo del usuario que se podrían incluir en los manuales generales del usuario de instalaciones FV conectadas a red.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

2.1. Operación de mantenimiento 1.

2.1.1. Objeto.

Inspección general del estado del campo FV.

2.1.2. Periodicidad.

Ocasional y ante condiciones ambientales especialmente adversas (de viento, nieve, lluvia, sol).

2.1.3. Descripción.

Evitar el sombreado no previsto de los módulos FV debido a variaciones en la vegetación circundante o a la colocación de objetos próximos a los módulos. Este sombreado puede disminuir considerablemente la producción de energía eléctrica y, por tanto, las prestaciones de la instalación.

Evitar la acumulación prolongada y permanente de objetos y depósitos de suciedad en la superficie de los módulos (especialmente los procedentes de aves). Sus efectos son análogos a los del sombreado.

ATENCIÓN:

Cuando sea necesario, la limpieza de los módulos se debe realizar de forma manual, utilizando agua y productos no abrasivos, y sin emplear estropajos que puedan rayar la superficie de los módulos.

Advertir al técnico ante cualquier indicio de degradación o alteración en el estado de los módulos (células, cajas de conexiones, etc.): roturas, penetración de agua, etc.

No abrir las cajas de conexiones de los módulos.

Advertir al técnico ante cualquier indicio de degradación o alteración en el estado de la estructura soporte (cimentación, sujeción de los paneles, tornillería, etc.): aflojamientos, roturas, corrosión, etc.

Advertir al técnico ante cualquier indicio de degradación o alteración en el estado del cableado del campo FV (conductores, conductos de protección, canalizaciones, cajas y armarios de intemperie, sujeciones, etc.): deterioro, defectos de aislamiento o estanqueidad, etc.

No manipular el interior de las cajas o armarios de conexiones.

2.2. Operación de mantenimiento 2.

2.2.1. Objeto.

Comprobación de la generación eléctrica del campo FV.

2.2.2. Periodicidad.

Ocasional y ante cualquier indicio de mal funcionamiento en la instalación FV.

2.2.3. Descripción.

En las horas centrales de un día soleado: comprobar, observando señalizaciones e indicaciones en el inversor u otros aparatos de monitorización, que la tensión e intensidad del campo FV son las previstas (según se indica en el manual del usuario, en el apartado de funcionamiento de la instalación). Advertir al técnico ante cualquier anomalía o discrepancia considerable.

2.3. Operación de mantenimiento 3.

2.3.1. Objeto.

Inspección general del estado de los aparatos.

2.3.2. Periodicidad.

Ocasional.

2.3.3. Descripción.

Comprobar que los estados de conservación, limpieza y sujeción del inversor y demás aparatos eléctricos presentes en la instalación FV se mantienen en condiciones similares a las de la puesta en marcha de la instalación. Cuando sea necesario, eliminar los restos de polvo y suciedad con un paño humedecido en agua o limpiador multiusos. Advertir al técnico en caso de ser necesario la manipulación del aparato (por roturas, defectos de estanqueidad, etc.).

Ante cualquier indicio de degradación o alteración en el estado de conservación de los aparatos (desgaste, quemaduras, golpes, etc.), comprobar si el funcionamiento de los mismos se ha visto afectado y, en su caso, advertir al técnico.

2.4. Operación de mantenimiento 4.

2.4.1. Objeto.

Comprobación del funcionamiento de los aparatos.

2.4.2. Periodicidad.

Ocasional y ante cualquier indicio de mal funcionamiento de la instalación FV.

2.4.3. Descripción.

Seguir los procedimientos de comprobación rutinaria (no técnica) del funcionamiento de los aparatos facilitados por el fabricante (en los manuales de operación de los aparatos) o por el instalador (en el manual del usuario, en el apartado de funcionamiento de la instalación). En cualquier caso, comprobar:

- Indicaciones correctas de estado de funcionamiento y monitorización.
- Ausencia de fallos, alarmas, zumbidos extraños, calentamientos, etc.

Advertir al técnico ante cualquier indicio de mal funcionamiento de los aparatos.

ATENCIÓN:

No quitar la carcasa protectora de los aparatos ni manipular sus conexiones.

2.5. Operación de mantenimiento 5.

2.5.1. Objeto

Inspección general del estado de toda la instalación eléctrica.

2.5.2. Periodicidad.

Ocasional.

2.5.3. Descripción.

Advertir al técnico ante cualquier indicio de degradación o alteración en el estado de la instalación eléctrica del elemento de desconexión y protección como fusibles, magnetotérmicos y otros, conductores, conductos de protección, canalizaciones, cajas, armarios, sujeciones, etc.): deterioro, defectos de aislamiento o estanqueidad, desgaste, quemaduras, etc.

2.6. Operación de mantenimiento 6.

2.6.1. Objeto.

Comprobación del funcionamiento de los elementos de desconexión.

2.6.2. Periodicidad.

Ocasional.

2.6.3. Descripción.

Realizar maniobras de conexión – desconexión (según indicación del instalador) y advertir al técnico ante cualquier indicio de mal funcionamiento de los elementos de desconexión.

2.7. Operación de mantenimiento 7.

2.7.1. Objeto.

Comprobación de la inyección de energía en la red.

2.7.2. Periodicidad.

Ocasional.

2.7.3. Descripción.

En las horas centrales de un día soleado: comprobar que el contador de salida de la instalación FV se mueve y/o comparar la lectura de dicho contador con la correspondiente a la comprobación anterior para verificar que la inyección de energía en la red es la prevista (según se indica en el manual del usuario, en el apartado de funcionamiento de la instalación). Advertir al técnico ante cualquier anomalía o discrepancia considerable.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

3) Mantenimiento a cargo del técnico.

3.1. Introducción

Al margen del tipo de contrato de mantenimiento y otros acuerdos establecidos entre la empresa instaladora y el usuario (propietario) de la instalación FV, es muy recomendable la realización de dos visitas técnicas programadas a la instalación, previas al inicio del período invernal y estival.

Ni que decir tiene que serán las características particulares de cada instalación las que determinen en última instancia la periodicidad de estas tareas de mantenimiento. En cualquier caso, en una instalación FV bien diseñada, bien montada, bien utilizada y permanentemente atendida (presencia del usuario), la periodicidad de las intervenciones programadas del técnico debería ser, como máximo, trimestral y como mínimo, anual.

El objeto de estas visitas es, como ya se ha mencionado, llevar a cabo una nueva puesta en marcha de la instalación, valiéndose para ello de los procedimientos (convenientemente adaptados) contemplados en el manual de recepción correspondiente.

Por último, conviene recordar que durante las operaciones de mantenimiento es muy probable que el suministro se vea interrumpido de forma temporal. De ser así, el técnico debe informar al usuario o responsable de la instalación y obtener la autorización o permiso correspondiente.

3.2. Averías y detección de errores.

En ocasiones, las averías no afectan en modo aparente al funcionamiento de la instalación FV (provocando, por ejemplo, una interrupción del suministro eléctrico), sino que afectan al rendimiento, las prestaciones o la durabilidad de la instalación. Esto obliga al técnico a realizar un diagnóstico exhaustivo de todo el sistema, cuyo resultado ponga de manifiesto la existencia de dichas averías y se pueda proceder a la identificación y reparación de las mismas. Entre las dificultades con que suele topar el técnico a la hora de realizar el diagnóstico de una instalación FV cabe señalar:

- Baja calidad en la realización de las instalaciones: cableado desordenado y no identificado y ausencia de elementos de desconexión que faciliten la labor del técnico.
- Ausencia de planos, esquemas y manuales.
- Ausencia de indicaciones y señalizaciones en los aparatos: escasa o nula monitorización.
- Ausencia de un plan de mantenimiento que permita analizar el histórico de la instalación y el seguimiento de las intervenciones correspondientes.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

Si importante es detectar y corregir una avería, importante es también detectar y corregir las causas de la misma y prevenir su aparición futura.

Generalmente, las causas de una avería son los errores que se hayan podido cometer en algún momento de las fases de diseño, montaje o utilización de la instalación FV. Ni que decir tiene que, en estos casos, la reparación y prevención de la avería requiere la subsanación del error correspondiente.

A continuación se muestran las averías más comunes encontradas en las instalaciones FV, sus posibles causas y los errores que han podido producirlas.

MÓDULOS FOTOVOLTAICO

- Avería: **Deterioro de la superficie de captación**
 - ✓ Causa: Caídas.
 - Error: Montaje inadecuado (sujeción a la estructura inadecuada).
 - ✓ Causa: Golpes fortuitos.
 - Error: Montaje inadecuado.
 - Utilización del usuario inadecuada (descuidada).
 - ✓ Causa: Actos vandálicos.
 - Error: Ausencia de medidas preventivas.
- Avería: **Deterioro del circuito de las células.**
 - ✓ Causa: Penetración de agua por rotura de cristal.
 - Error: Según causa de la rotura.
 - ✓ Causa: “Puntos calientes” por sombreado.
 - Error: Ausencia de diodos de paso.
 - ✓ Causa: Disipación excesiva de potencia.
 - Ausencia de elementos de protección (diodos o fusibles) en las ramas del circuito FV.
- Avería: **Cortocircuito de los diodos de paso.**
 - ✓ Causa: Sobretensión de origen atmosférico.
 - Error: Ausencia de medidas de protección anti-rayo.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

MEMORIA DE CÁLCULO

EFFECTOS: Cese o disminución de generación fotovoltaica.

APARATOS

- **Avería: Fallo interno.**
 - ✓ Causa: Inversión de polaridad.
 - Error: Montaje inadecuado.
 - Error: Tomas de corriente para elementos de consumo inadecuado.
 - ✓ Causa: Sobretensión , sobrecarga o cortocircuito por avería en la instalación eléctrica o utilización inadecuada.
 - Error: Ausencia de elementos de protección .

EFFECTOS: Interrupción del suministro eléctrico.

INSTALACIÓN ELÉCTRICA

- **Avería: Fallos y defectos eléctrico.**
 - ✓ Causa: Corrosión, aflojamiento, desconexión y cortocircuito de las conexiones (por desconexión o por contacto con agua).
 - Error: Montaje inadecuado (terminales inadecuados, aprietes inadecuados, conexiones defectuosas, ausencia de protección contra la corrosión, sellado de cajas de conexión inadecuado).
 - ✓ Causa: Puesta a tierra del campo FV defectuosa (ineficaz).
 - Error: Continuidad del tendido de tierra inadecuado (contacto paneles – estructura sólo mecánico, no eléctrico, y ausencia de electrodo de tierra).
 - ✓ Causa: Deterioro del aislamiento del cableado.
 - Error: Montaje inadecuado.
 - Error: Ausencia de conductores de protección.
 - ✓ Causa: Sobrecalentamiento o incendio del cableado.
 - Error: Dimensionado del cableado inadecuado.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DE CÁLCULO

- ✓ Causa: Deterioro o fallo de la aparamenta eléctrica.
 - Error: Dimensionado del calibre y/o capacidad inadecuado.
 - Error: Utilización en continua de aparamenta para alterna.

EFFECTOS: Interrupción del suministro eléctrico , accidentes eléctricos.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA



UCA

Universidad
de Cádiz



TOMO V

**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL, PRESUPUESTOS
Y PLANOS.**

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO

TITULACIÓN: INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL, ESP.ELECTRÓNICA INDUSTRIAL

AUTOR: JOSÉ CARLOS MAURICIO REDONDO

CONVOCATORIA: JUNIO 2012

**ESTUDIO
IMPACTO
AMBIENTAL**

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

ÍNDICE

Contenido

1) Introducción.....	5
2) Legislación y normativa de aplicación.....	6
3) Análisis del ciclo de vida.	7
4) Acciones y residuos susceptibles de producir impacto.....	8
4.1. Fase de fabricación de materiales.	8
4.2. Fase de construcción.....	8
4.3. Fase de explotación.	9
4.4. Fase de abandono.	9
5) Identificación y valoración de impactos.	10
5.1. Fase de fabricación de materiales.	10
5.2. Fase de construcción.....	10
5.2.1. Impacto sobre la atmósfera.....	10
5.2.2. Impacto sobre el suelo.....	10
5.2.3. Impacto sobre las aguas.....	10
5.2.4. Impacto sobre la vegetación.	11
5.2.5. Impacto sobre la fauna.	11
5.2.6. Impacto sobre el paisaje.....	11
5.2.7. Impacto socioeconómico.....	12
5.3. Fase de explotación.	12
5.3.1. Impacto sobre la atmósfera.....	12
5.3.2. Impacto sobre el agua.....	13
5.3.3. Impacto sobre la vegetación.	13
5.3.4. Impacto sobre la fauna.	13
5.3.5. Impacto sobre el paisaje.....	14
5.3.6. Impacto socioeconómico.....	14
5.3.7. Impacto sobre el patrimonio histórico y arqueológico.....	14
5.4. Fase de abandono.....	14
6) Medidas preventivas y correctivas.....	15
6.1. Corrección del impacto atmosférico.....	15
6.1.1. Contaminación del aire.....	15

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

6.1.2.	Ruidos.....	15
6.2.	Corrección del impacto sobre el suelo.....	16
6.3.	Corrección del impacto sobre la fauna.....	16
6.4.	Corrección del impacto sobre el paisaje.....	16
7)	Sostenibilidad energética del proyecto.....	17
7.1.	Evaluación de las emisiones evitadas.....	17
7.2.	Tarifa de venta de la energía generada.....	19
7.3.	Estimación de la producción económica.....	21

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

1) Introducción

El objetivo principal de este estudio es identificar y valorar los efectos que puede tener el proyecto de una instalación solar fotovoltaica de conexión a red sobre el medio en que está previsto implantarla. La estimación de dichos efectos servirá para poder minimizar, controlar o incluso anular los impactos ambientales negativos, a la vez que se potenciarán en lo posible los aspectos en los que el proyecto pueda resultar positivo para el medio que lo rodea.

La energía solar fotovoltaica, como fuente renovable, representa una fórmula energética radicalmente más respetuosa con el medio ambiente que las energías convencionales debido a que se dispone de recursos inagotables, a escala humana, para cubrir las necesidades energéticas.

Las principales cargas ambientales se producen en las operaciones extractivas de las materias primas, aunque la mayor parte de las células fotovoltaicas que se fabrican en la actualidad son de silicio, material obtenido a partir de la arena y por tanto muy abundante, y del que no se requieren cantidades significativas, así como en el proceso industrial de fabricación de las células y módulos fotovoltaicos y de la estructura de montaje. En la fase de uso, las cargas ambientales son prácticamente despreciables y no implican emisiones de productos tóxicos, ya que sólo suponen ligeras tareas manuales de limpieza y supervisión.

En el medio físico no existen afecciones sobre la calidad del aire ni sobre los suelos, no provocándose ruidos ni afectándose tampoco a la hidrología existente, aunque hay que tener especial cuidado con los impactos que se puedan derivar de una mala gestión de los módulos fotovoltaicos una vez agotada su vida útil, implementando estrategias de reciclado y reutilización de los materiales que constituyen el módulo fotovoltaico.

El principal impacto sobre el medio físico es el del efecto visual sobre el paisaje, susceptible de ser enmascarado o reducido en la mayoría de las instalaciones, para lo cual debe buscarse una integración respetuosa con el medio ambiente y los edificios. Respecto al medio biótico, no existen efectos significativos sobre flora y fauna.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

2) Legislación y normativa de aplicación.

En el proyecto presentado, tanto el diseño como los componentes utilizados cumplen las recomendaciones establecidas en la Normativa siguiente:

- RD 2414/1961 de 30 de noviembre por el que se establece el Reglamento de actividades molestas, insalubres, nocivas y peligrosas.
- RDL 1302/1986 de 28 de junio, de evaluación de impacto ambiental.
- RD 1131/1988 del 30 de septiembre por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución del RDL 1302/86 de 28 de junio de Evaluación de Impacto Ambiental.
- Decreto 114/1988 de 7 de abril, Evaluación de impacto ambiental.
- Ley 4/1989 de 27 de marzo, de Conservación de los Espacios Naturales y de la fauna y flora silvestre.
- Ley básica de residuos tóxicos y peligrosos. Ley 20-19/86 de 14 de mayo, BOE 1220 de mayo de 1996.
- Ley 11/1990 de 13 de julio, de Prevención del Impacto Ecológico.
- Ley de residuos, 10/1998 de 21 de abril.
- Ley 5/1999 de 8 de abril, sobre evaluación del impacto ambiental.
- RDL 9/2000, de 6 de octubre, de modificación del Real Decreto legislativo 1302/1986 de 28 de junio, de Evaluación de Impacto Ambiental.
- RD 436/2004 de 12 de marzo que permite en España que cualquier interesado pueda convertirse en productor de electricidad a partir de la energía del Sol.
- RDL 7/2006 de 23 de junio, por el que se adoptan medidas urgentes en el sector energético.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

3) Análisis del ciclo de vida.

La vida útil de una planta fotovoltaica, la define la vida útil de sus componentes, principalmente el generador o módulo fotovoltaico, que constituye más del 50% del valor de la instalación. El mantenimiento es escaso, pero necesario para una vida más larga de la instalación. Los módulos tienen una vida esperada de más de 40 años, aunque los fabricantes dan como periodo garantizado de generación de potencia, entre 25 y 30 años. Esta garantía se refiere a que se asegura que, los módulos darán una potencia superior al 80%, de la especificada inicialmente en el momento de la compra.

Centrándonos principalmente en los módulos fotovoltaicos, podemos observar que principalmente generan emisiones en la fase de fabricación, sobretodo indirectamente, por la energía invertida. Una vez amortizada la inversión energética, la energía producida no generará más emisiones, evitando así las que se podrían generar utilizando otra tecnología.

La vida útil de los restantes elementos que componen la planta fotovoltaica, inversores y medidores, así como los elementos auxiliares, cableado, canalizaciones, cajas de conexión etc., es la vida útil típica de todo equipo electrónico y material eléctrico, la cual es compatible con la larga vida útil del generador fotovoltaico, con el adecuado mantenimiento.

La vida del proyecto se divide en cuatro fases bien diferenciadas: fabricación de materiales, la construcción de la instalación, el funcionamiento y el desmantelamiento.

En la fase de fabricación de materiales nos centraremos principalmente en la producción de paneles solares, debido a que es el proceso más contaminante. Los paneles fotovoltaicos están formados por módulos de silicio, la producción de éstos representan la agresión al medio más importante de todo el ciclo de vida del parque. El silicio es el semiconductor más abundante de la corteza terrestre, a causa de su sensible banda electromagnética debe ser obtenido con el grado más puro posible por la desintegración del cuarzo en hornos eléctricos que trabajan a altas temperaturas. Pero el silicio utilizado para estas aplicaciones es aquél inservible para la industria electrónica, se aprovechan, por lo tanto, los subproductos de las extracciones mineras destinadas principalmente a los circuitos electrónicos.

La segunda fase del proyecto es la construcción de la instalación fotovoltaica, incluyéndose en esta etapa la adecuación del terreno, la colocación de paneles y la construcción de los elementos necesarios para el funcionamiento de la instalación.

La fase de funcionamiento comprende desde el inicio de la venta de energía hasta su fin. Como anteriormente se ha comentado, se espera que la instalación asegure una producción del 80% en comparación al momento de la compra, al menos durante 30 años, aunque no se descarta que se prolongue la vida útil de la instalación.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

La última fase del proyecto es el desmantelamiento, en la cual se realiza la desconstrucción de la instalación, el tratamiento de residuos y la adaptación del terreno al medio. Se prevé tanto los paneles fotovoltaicos como las estructuras, siendo materias primas para la elaboración de módulos fotovoltaicos y acero, respectivamente. El proceso de reciclaje y su posterior uso, puede cambiar en el futuro, debido a los posibles avances tecnológicos. Se prevé la reforestación del terreno o bien habilitar el terreno para el cultivo, aunque estos usos pueden variar debido a un crecimiento de la presión urbanística y de infraestructuras de la zona.

4) Acciones y residuos susceptibles de producir impacto.

Se detalla una relación de todas las acciones, inherentes al proyecto, susceptibles de producir un impacto sobre el entorno, mediante un examen de las diferentes fases del proyecto.

4.1. Fase de fabricación de materiales.

Energía necesaria para la producción de materiales, principalmente los paneles fotovoltaicos.

4.2. Fase de construcción.

- Ocupación del suelo.
- Cambios en la topografía del terreno.
- Emisión de sólidos.
- Emisión de residuos.
- Introducción de elementos ajenos al entorno.
- Molestias generales en obras.
- Aumento del riesgo de incendios.
- Producción de sobrantes y residuos.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

4.3. Fase de explotación.

- Introducción de elementos ajenos al entorno.
- Labores de mantenimiento.
- Aumento del riesgo de incendios.
- Impacto visual.

4.4. Fase de abandono.

- Emisión de sólidos.
- Emisión de ruidos.
- Introducción de elementos ajenos al entorno.
- Molestias generales en obras.
- Producción de sobrantes y residuos.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

5) Identificación y valoración de impactos.

5.1. Fase de fabricación de materiales.

El proceso de elaboración de las células fotovoltaicas exige una cantidad de energía eléctrica, procedente generalmente de una generación eléctrica con una fuerte componente térmica, nuclear o eólica.

5.2. Fase de construcción.

5.2.1. Impacto sobre la atmósfera.

El uso de maquinaria pesada para el transporte de material, construcción de zanjas y preparación del terreno de la instalación, producirá una contaminación atmosférica, aunque los casos serán de escasa magnitud por lo que se considera mínima su incidencia en las comunidades vegetales y animales.

Las emisiones de polvo y ruido debido al movimiento y a la operación de la maquinaria de obra, pueden repercutir sobre la población cercana así como en la fauna terrestre y sobre la vegetación.

La magnitud del impacto derivado de la emisión del ruido dependerá de varios factores, entre los que destacan: niveles sonoros emitidos, duración de la emisión, franja horaria y proximidad de la población al foco emisor.

5.2.2. Impacto sobre el suelo.

La erosión será mínima en la fase de construcción, no es necesario realizar desmontes, pues la zona donde se ubicará la instalación es prácticamente zona llana y despejada. Se considera el efecto de incremento en la erosión muy bajo y compatible con el medio.

5.2.3. Impacto sobre las aguas.

El único impacto a considerar sería la contaminación de acuíferos por pérdida de hidrocarburos de la maquinaria destinada a la preparación de terreno. Pero este impacto se puede considerar prácticamente despreciable debido a que las pérdidas de la maquinaria serán muy bajas y, por otro lado, consideramos que no existen en la zona acuíferos para ser afectados.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

5.2.4. Impacto sobre la vegetación.

En la fase de obra se producirá pérdida de matorrales y pequeña vegetación propia de la zona debido a la preparación del terreno, zanjas para la ubicación de conductores, etc.

De todos modos, este impacto será compatible puesto que la vegetación existente es escasa, al tratarse de un terreno poco fértil.

5.2.5. Impacto sobre la fauna.

Los movimientos de tierras que será necesario realizar podrán causar molestias a las especies que habitan la zona. El impacto en la fase de obras se ciñe a los posibles daños en las aves que nidifican, debido a los movimientos y desplazamiento de las máquinas y del personal de la obra. Pero estos daños serán inapreciables ya que la utilización de maquinaria en la creación de la instalación es mínima.

5.2.6. Impacto sobre el paisaje.

La magnitud del impacto sobre el paisaje intrínseco se determinará en función del tiempo de duración de las obras y el tiempo esperado de regeneración de la cubierta vegetal en las áreas alteradas. La magnitud del impacto sobre el paisaje extrínseco, en esta fase, dejará de tener efecto al finalizar las obras.

Una vez finalizadas las obras, el aspecto de emplazamiento de la instalación mejorará debido a la desaparición de la maquinaria pesada, materiales de obra sobrante, etc.

Se debe comentar que el acercamiento de la red eléctrica podría suponer una intrusión visual en el paisaje que es la objeción más frecuente hecha contra las líneas aéreas, pero en el caso que nos ocupa la línea eléctrica pasa cercana al terreno en el que se realizará la instalación, de modo que el impacto visual asociado a la línea eléctrica es previo a la realización del proyecto objeto de estudio.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

5.2.7. Impacto socioeconómico.

La afección al suelo es mínima, pues al tratarse de suelo rústico sin cultivar, los matorrales que actualmente ocupan estas tierras no son rentables para el propietario.

La creación de una instalación de energía fotovoltaica genera diversas reacciones en la población.

Al ser una planta relativamente pequeña, no podemos decir que llegue a favorecer la creación de empleos en la zona, pero sí que puede llegar a provocar un aumento de sensibilidad con el medio en la población afectada por el proyecto percibiendo que colabora en la conservación del medio ambiente de forma activa.

5.3. Fase de explotación.

5.3.1. Impacto sobre la atmósfera.

La generación de energía solar fotovoltaica como alternativa a otras no renovables y contaminantes supone una mejoría de la calidad del aire, debido a que se evitan las emisiones contaminantes (CO₂, metano, óxidos de azufre, etc.) que los otros sistemas provocarían al producir la misma cantidad de energía.

Las instalaciones fotovoltaicas no emiten a la atmósfera contaminantes de ningún tipo, se considera una energía limpia, pues transforma la energía fotovoltaica del Sol en energía eléctrica.

Así pues, se puede considerar como positivo el impacto ambiental sobre la calidad atmosférica por parte de la instalación objeto de estudio.

En cuanto a la producción de ruido, la instalación fotovoltaica es prácticamente silenciosa, de modo que no se considera la existencia de impacto ambiental derivado de este aspecto.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

5.3.2. Impacto sobre el agua.

Durante la fase de funcionamiento de la instalación, no existe elemento alguno que pueda contaminar este medio.

El único material que podría ser fuente de contaminación es la estructura metálica sobre la que se sustentan los paneles, pero está previsto que ésta sea de un material suficientemente resistente y de calidad como para que no sufra degradación alguna. De este modo queda descartada la presencia de partículas metálicas provenientes de la instalación en el suelo y la consiguiente transferencia de éstas hacia las aguas subterráneas.

5.3.3. Impacto sobre la vegetación.

Una vez la instalación esté en funcionamiento, difícilmente se verá comprometida la vegetación circundante.

Cabe tener en cuenta que la instalación emite calor, de modo que se favorece la proliferación de plantas heliófilas en las zonas soleadas del solar, mientras que otro tipo de vegetación oportunista podrá crecer en las zonas en sombra, alrededor de las estructuras que sustentan los paneles. Esta posibilidad podrá ser confirmada al observar el desarrollo de la zona una vez la instalación esté en funcionamiento.

De cualquier modo, no se puede considerar ningún impacto negativo sobre la vegetación teniendo en cuenta que ésta ya es escasa actualmente en la zona determinada para la instalación.

5.3.4. Impacto sobre la fauna.

En cuanto a los animales, los paneles fotovoltaicos no suponen ningún tipo de peligro para ellos, puesto que no pueden dar lugar de ningún modo a riesgo de electrocución ni impiden el vuelo o movimiento normal de los posibles animales que habiten la zona.

Con relación al acercamiento de la red eléctrica hay que tener en cuenta que las líneas de alta y media tensión, en ocasiones provocan la muerte de numerosas aves silvestres ya que utilizan los postes eléctricos como atalayas de caza o posaderas. Para este proyecto, se aprovecha la red eléctrica existente.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

5.3.5. Impacto sobre el paisaje.

Es el mayor impacto que se produce. Aunque, la presencia de paneles solares, viales y tendido eléctrico no son visibles desde muchos lugares a efectos de paisaje.

5.3.6. Impacto socioeconómico.

La instalación fotovoltaica prevista tendrá un impacto positivo durante la fase de funcionamiento, ya nivel local se producirán ingresos vía impuestos.

5.3.7. Impacto sobre el patrimonio histórico y arqueológico.

El campo fotovoltaico instalado no va a afectar a ningún bien declarado de interés cultural, construcción singular o yacimientos arqueológico conocido. Se realizará una prospección arqueológica intensiva en la zona antes de iniciarse las obras de la instalación.

5.4. Fase de abandono.

En la fase de abandono se procede al desmantelamiento de la instalación fotovoltaica. Durante dicha operación se producirá impacto paisajístico, pero a su finalización, el terreno volverá a quedar como en un inicio ya que una vez finalizada la vida útil de la instalación, se procederá a desmantelar los equipos y a restaurar el área afectada.

Durante la fase de abandono, los terrenos donde estuvo la instalación mostrarán un estado similar al que tenía antes de la construcción, puesto que todos los impactos ambientales detectados son reversibles.

Los impactos durante el proceso de desmantelamiento serán los mismos que en la fase de construcción.

Los materiales residuales se gestionan según la normativa vigente y teniendo en cuenta que son reciclables. Una vez terminado el desmantelamiento y cuando se regenere la vegetación, el área de estudio volverá a su estado original.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

6) Medidas preventivas y correctivas.

En este apartado se tratará de dar soluciones que disminuyan la importancia y magnitudes de los impactos señalados anteriormente. A continuación se señalan las medidas correctoras tomadas y en la fase en la que se han considerado.

6.1. Corrección del impacto atmosférico.

6.1.1. Contaminación del aire.

- **Impacto.**

Debido principalmente a las partículas sólidas, polvo, gases derivados de las operaciones de excavación y al tráfico de maquinaria pesada, durante la fase de construcción. Los máximos niveles de contaminación atmosférica se producirán durante las fases de planificación y realización del proyecto.

- **Medidas correctoras.**

Será condición la utilización de maquinaria en correctas condiciones, que realicen la combustión liberando niveles de gases nocivos de acuerdo a lo estimado en la normativa vigente en la fecha de fabricación de dicha maquinaria, incorporando si es preciso sistemas de recirculación de gases quemados y catalizadores monolíticos de oxidación, reducción y trifuncionales.

6.1.2. Ruidos.

- **Impacto.**

Contaminación debida principalmente a las operaciones de excavación y movimiento de tierras que va a producir una contaminación sonora temporal.

- **Medida correctora.**

Instalación de silenciadores en equipos móviles y máquinas y reducción de la velocidad de circulación.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

6.2. Corrección del impacto sobre el suelo.

- **Impacto.**

Pérdida de vegetación por los movimientos de tierras y paso de la maquinaria de obra, en la fase de construcción.

- **Medida correctora.**

Retirada de la capa de tierra vegetal en las operaciones de excavación y almacenamiento en montículos sin sobrepasar los 2m de profundidad, para evitar la pérdida de sus propiedades orgánicas bióticas.

Reutilización de la tierra previamente retirada por excavadoras para acelerar así el proceso de regeneración de la cubierta.

6.3. Corrección del impacto sobre la fauna.

- **Impacto.**

La instalación de tendido eléctrico necesaria, puede producir la muerte de aves por electrocución o colisión.

- **Medida correctora.**

Señalización de cables con cintas, bandas o tubos de colores vistosos.

6.4. Corrección del impacto sobre el paisaje.

- **Impacto.**

Perturbación de carácter global en el paisaje, sobretodo en la fase de construcción.

- **Medida correctora.**

Los materiales de hormigón de rechazo, embalajes, así como otros residuos generados durante la fase de construcción caracterizados como inertes tendrán como destino un vertedero de residuos inertes que reúna las condiciones necesarias.

Los accesos minimizan su impacto evitando al máximo posible el movimiento de tierras durante la fase de construcción, recuperando inmediatamente la cubierta vegetal afectada y autorizándose el paso sólo al personal de explotación de las instalaciones.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

7) Sostenibilidad energética del proyecto.

Los módulos fotovoltaicos son un instrumento de producción de energía, ya que producen mucha más energía de la que consumen y la obtienen de una fuente inagotable y no contaminante como el Sol. Los principales consumos energéticos se producen en la fabricación del módulo y de la estructura de montaje, siendo favorable su balance energético con un período de recuperación energético ó Payback energético que actualmente es de 2-3 años.

Para los sistemas conectados a la red eléctrica, el elemento fundamental es el inversor, que debe ser suficiente para no generar inconvenientes en la red, por lo que deberá cumplir una serie de condiciones técnicas para evitar averías y que su funcionamiento no disminuya la seguridad ni provoque alteraciones en la red eléctrica superiores a las admitidas.

7.1. Evaluación de las emisiones evitadas.

La creciente preocupación por las consecuencias ambientales, sociales y económicas del cambio climático, y su reflejo en los compromisos derivados de los acuerdos alcanzados con el Protocolo de Kyoto, junto al hecho de que la producción y el consumo de energía son los principales responsables de las emisiones de gases de efecto invernadero, sitúan al sector energético como clave para alcanzar los objetivos y a la eficiencia energética y el desarrollo de las energías renovables como los principales instrumentos para conseguirlos.

De los seis gases o grupos de gases de efecto invernadero contemplados en el Protocolo de Kyoto, el CO₂ representa por sí solo las tres cuartas partes del total, y más del 90% de aquél es de origen energético. De ahí la gran importancia de las políticas capaces de limitar las emisiones de CO₂ para cualquier estrategia de limitación de gases de efecto invernadero y el destacado papel que juega en ella el desarrollo de las energías renovables, como sucede igualmente en otros importantes objetivos de protección medioambiental.

En el caso del CO₂, la actuación rápida cobra mayor importancia por el largo plazo que transcurre entre la adopción de medidas y su incidencia efectiva sobre las emisiones.

Para muchos problemas medioambientales hay tratamientos de final de proceso relativamente rápidos o se pueden combatir con modificaciones de la tecnología actual, como ocurre con la disminución de emisiones de SO₂ o la eliminación del plomo en las gasolinas, pero no ocurre lo mismo con el CO₂, para cuyas emisiones, inherentes a la utilización de combustibles fósiles, no existe actualmente ninguna tecnología viable capaz de absorberlas.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

Por tanto, la única forma actual de limitar las emisiones de CO₂ es a través de la modificación de estructuras, procesos, equipos y comportamientos relacionados con la utilización de la energía. La larga vida útil de las inversiones en el sector energético hace que las estrategias relativas al CO₂ tengan unos plazos de aplicación mucho más largos que las aplicadas a otros problemas medioambientales. Y es aquí donde la planificación del desarrollo a largo plazo de las energías renovables, y en consecuencia, de las instalaciones fotovoltaicas, juegan un papel decisivo.

Teniendo en cuenta las informaciones publicadas en 2008 por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (I.D.A.E.), la reducción de emisiones contaminantes por cada kW/h producido por energía solar es de 0,70 kg.CO₂/kWh; 1,33 gr.SO₂/kWh y 1,67 gr.NO₂/kWh.

Por lo tanto, la instalación fotovoltaica compuesta por la cubierta del edificio de bomberos (de 117 kW), detallada en este proyecto, permitiría ahorrar las siguientes cantidades anuales de emisiones consideradas inductoras del efecto invernadero o dañinas para el medio.

REDUCCIÓN DE GASES				
MES	PRODUCCIÓN MENSUAL (Kwh)	CO₂ (kg)	SO₂ (gr)	NO₂ (gr)
ENERO	13350	9345	17755.5	22294.5
FEBRERO	12908	9035.6	17167.6	21556.3
MARZO	18089	12662.3	24058.4	30208.6
ABRIL	16965	11875.5	22563.5	28331.5
MAYO	20227	14158.9	26901.9	33779.1
JUNIO	19611	13727.7	26082.6	32750.4
JULIO	19928	13949.6	26504.2	33279.8
AGOSTO	19672	13770.4	26163.8	32852.2
SEPTIEMBRE	17721	12404.7	23568.9	29594.1
OCTUBE	16540	11578	21998.2	27621.8
NOVIEMBRE	12007	8404.9	15969.3	20051.7
DICIEMBRE	11462	8023	15244.5	19141.5
MEDIA ANUAL	16540	11578	21998.2	27621.8
PRODUCCIÓN TOTAL ANUAL	198481	138935.6	263978.4	331461.5

Tabla 1. Reducción de gases.

Como se puede observar, más de 138 toneladas de CO₂, se dejarían de emitir cada año a la atmósfera con una instalación fotovoltaica realizada con paneles solares FV. Además, se ahorraría una gran cantidad de otros compuestos contaminantes, también responsables del efecto invernadero, la lluvia ácida, la inversión térmica, el “smog” y tantos otros fenómenos que se producen a causa de este tipo de emisión gaseosas a la atmósfera.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

7.2. Tarifa de venta de la energía generada.

A continuación vamos a realizar una estimación de las retribuciones económicas de la planta solar fotovoltaica.

A continuación vamos a realizar una estimación de las retribuciones económicas de la planta solar fotovoltaica (solo el huerto solar), los valores de las tarifas que serán de aplicación para la convocatoria del año 2011 son:

- Subtipo I.1: 31.3542 c€/kWh*.
- Subtipo I.2: 27.8887 c€/kWh*.
- Tipo II: 25.1714 c€/kWh*.

Donde:

- Subtipo I.1: instalación en cubierta de potencia menor a 20 kWp
- Subtipo I.2: instalación en cubierta de potencia superior a 20 kWp
- Tipo II: instalación sobre suelo.

*Tarifas calculadas en aplicación de lo dispuesto en la Disposición adicional cuarta del Real Decreto 1565/2010, de 19 de noviembre.

Mes	Producción mensual (kWh)	€ _M
Enero	13350	3723,14
Febrero	12908	3599,87
Marzo	18089	5044,79
Abril	16965	4731,32
Mayo	20227	5641,05
Junio	19611	5469,25
Julio	19928	5557,66
Agosto	19672	5486,26
Septiembre	17721	4942,16
Octubre	16540	4612,79
Noviembre	12007	3348,60
Diciembre	11462	3196,60
Media Anual	16540	4612,79
Total Anual	198481	59966,28

Obtendremos una retribución anual de la planta de 59966,28€.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

7.3. Balance económico y período de retorno de la inversión.

A continuación enunciaremos los elementos que intervienen en el cálculo de la rentabilidad económica. Son los siguientes:

- **Inversión:** Totalidad del coste de la instalación, incluido el proyecto y los trámites administrativos.
- **Subvenciones a la inversión:** Cantidad total recibida en forma de ayudas o subvenciones a fondo perdido. En este proyecto las consideraremos nulas, a efectos de comprobar el caso más desfavorable posible.
- **Prima:** Cantidad cobrada anualmente en concepto de venta primada de la energía de origen solar.
- **Generación eléctrica:** El total de la electricidad generada por la instalación solar, en función de la potencia de la instalación.
- **Costes de explotación:** Conjunto de gastos que supone la gestión y explotación de la instalación fotovoltaica. En este concepto se contemplan los siguientes gastos:
 - ✓ Emisión de facturas.
 - ✓ Elaboración de las liquidaciones de IVA.
 - ✓ Póliza del seguro de responsabilidad civil sobre el valor de la instalación.
 - ✓ Mantenimiento preventivo y correctivo.

A continuación se calculará el periodo de retorno de la inversión inicial, mediante la siguiente fórmula:

$$P = \frac{I}{E - M}$$

Siendo:

- P : Período de retorno de la instalación, en años.
- I : Inversión total del proyecto:
 - ✓ I (ins) : Costes de la inversión de la instalación.
 - ✓ I (proy) : Coste de la realización del proyecto.
- E : Beneficio anual estimado por la venta de la energía eléctrica.
- M : Costes estimados de mantenimiento por año (Aproximadamente será el 1% del coste total de la instalación).

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

$$P = \frac{I}{E - M} = \frac{692.047,87 + 20.000}{59.966,28 - 6.920,78} \cong 13,42 \text{ años}$$

Como vemos obteniendo una retribución económica de 59.966,28€ anuales y un presupuesto de 692.047,87€, el período de retorno (o amortización) de la instalación es de aproximadamente 13 años.

7.3. Estimación de la producción económica.

La producción de energía esperada de esta instalación formada por 572 paneles solares se desglosa en la siguiente tabla obtenida con el software online PVGIS, con una potencia total aproximada de 117 kWp es:

Producción de electricidad FV por: Potencia nominal=117.0 kW, Pérdidas del sistema=0.0%		
Inclin.=33 grado, Orient.=0 grado		
Mes	Producción mensual (kWh)	Producción diaria (kWh)
Ene	13350	431
Feb	12908	461
Mar	18089	584
Abr	16965	565
May	20227	652
Jun	19611	654
Jul	19928	643
Ago	19672	635
Sep	17721	591
Oct	16540	534
Nov	12007	400
Dic	11462	370
Media anual	16540	544
Producción total anual (kWh)		198481

Tabla XXX. Estimación energética anual.

Obtendremos una producción de energía estimada anual de **198481 kWh**.

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

PRESUPUESTOS

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

ÍNDICE

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA	24
OBRA CIVIL	25
RED BAJA TENSIÓN	27
CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	28
SEGURIDAD Y SALUD LABORAL	33
RESUMEN	35

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

1) Instalación solar fotovoltaica.

Código	Resumen	Cantidad	Precio	Importe
1.1	PANEL SOLAR FV 205 Wp. Suministro y colocación de panel solar fotovoltaico fabricado en cristal de vidrio templado, EVA, células de alto rendimiento, marco de aluminio pintado y caja de conexiones IP-65, de dimensiones 1515 x 994x45 mm, 17.1 kg, marca ISOFOTON incluso cableado para conexión en serie.	572	805,00	460.317€
1.2	ESTRUCTURA SOPORTE PANELES. Suministro, montaje e instalación de estructura soporte sobre cubierta plana para instalación de paneles FV.	1	47.462,55	47.462,55€
1.3	INVERSOR TRIFÁSICO 36.6 kW. Suministro, montaje e instalación de inversor trifásico conectado a red, marca FRONIUS mod. CL 36.	4	14.031,00	56.124€

TOTAL CAPÍTULO 1: Instalación solar fotovoltaica **563.903,55 €**

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

2) Obra civil.

Código	Resumen	Cantidad	Precio	Importe
2.1	EXCAVACIÓN. Excavación y nivelado de terreno, incluyendo carga y transporte a vertedero o zonas de terraplenado	1	9.565,50	9.656,50
2.2	EXCAVACIÓN. Excavación de un foso de dimensiones 3.500 x 6.000 mm. para alojar el edificio prefabricado compacto EHC50, con un lecho de arena nivelada de 150 mm.(quedando una profundidad de foso libre de 530 mm.) y acondicionamiento perimetral una vez montado.	1	969,10	969,10€
2.3	CANALIZACIONES Y ZANJAS. Apertura y cierres de zanja, para canalización de corriente alterna (BT) en zona terriza. Con extracción de tierras a los bordes, limpieza y compactación de los fondos	546.47 m	36,00	19.708,92€
2.4	CASETA INVERSORES. Suministro y montaje de caseta para ubicar los inversores. Dimensiones: 1800 x 2500 x 2500 mm. con aislamiento panel sándwich de 40 mm. con estructura de suelo reforzada. Consta de una puerta de doble hoja en el lateral de 1800 mm,			

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

fabricadas con perfiles metálicos y hojas de lamas. Sin ventanas, llevará extractor de aire LHV 160 y rejilla de ventilación de 500 x 500 mm. Totalmente instalada, incluido obra civil si fuese necesario.

		4	8000	32.000€
2.5	EDIFICIO DE TRANSFORMACIÓN. Edificio de hormigón compacto modelo EHC-5T2L, de dimensiones exteriores 5370 x 2500 y altura útil 2535 mm. incluyendo su transporte y montaje.	1	8718,15	8718,15€

TOTAL CAPÍTULO 2: Obra Civil

71.052, 67 €

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

3) Red de Baja Tensión

Código	Resumen	Cantidad	Precio	Importe
3.1	LÍNEA FILA PANELES A CAJA DE CONEXIÓN. PSUN SP (PRYSMIAN) 2 X 16 mm2 0,6/1 kV.	73 m	1,75	127,75€
3.2	LÍNEA CAJA DE CONEXIÓN A INVERSOR. PSUN SP (PRYSMIAN) 2 X 35 mm2 0,6/1 kV.	140,54 m	4,28	601,51€
3.3	LÍNEA INVERSOR A C.G.P. RETENAX FLEX , 3 (1 X 95 mm2) + 1 X 95 mm2, RV-K 0.6/1 Kv	502,90	16,99 / 10,92	7.784,90€
3.4	TUBO DE 160 mm. DE DIÁM. Rojo, con capa interior lisa	502,90	3,40	1709,86€
3.5	ARQUETA TIPO A-1. Incluido materiales auxiliares y mano de obra	18	163,82	2.948,76€
3.6	ARQUETA TIPO A-2. Incluido materiales auxiliares y mano de obra.	4	520,30	2081.20€

TOTAL CAPÍTULO 3: Red de Baja Tensión

15.253,98 €

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

4) Centro de Transformación

4.1. Aparamenta de Alta Tensión.

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
4.1.1	Ud. Compacto Merlin Gerin gama RM6, modelo RM6 2IQ(DE) (2L+1P), referencia JLJRM62IQCSE/DE, extensible a derecha, para dos funciones de línea 400 A y una de protección, equipadas con bobina de apertura y fusibles, según memoria, con capotes cubrebornas e indicadores de tensión.	1	7.764,75	7.764,75€
4.2.2	Ud. Juego de 3 conectores apantallados en "T" roscados M16 400 A para celda RM6.	2	497,70	995,40€
4.2.3	Ud. Juego de 3 conectores apantallados enchufables rectos lisos 200 A para celda RM6.	1	231,00	231,00€

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

4.2. Transformadores

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
4.2.1	Ud. Transformador reductor de llenado integral, marca Merlin Gerin, de interior y en baño de aceite mineral (según Norma GE FND001). Potencia nominal: 1000 kVA. Relación: 20/0.42 KV. Tensión secundaria vacío: 420 V. Tensión cortocircuito: 6 %. Regulación: 0, +/- 2,5%, +/-5%, +10%. Grupo conexión: Dyn11. Referencia: JLJ1EN1000GZ	1	13.887,30	13.887,30€
4.2.2	Ud. Complemento de 3 pasatapas para conexión a bornas enchufables en MT en la tapa del transformador.	1	94,50	94,50€
4.2.3	Ud. Juego de puentes III de cables AT unipolares de aislamiento seco RHZ1, aislamiento 12/20 kV, de 95 mm ² en Al con sus correspondientes elementos de conexión.	1	605,85	605,85€
4.2.4	Ud. Juego de 3 conectores apantallados enchufables rectos lisos 200 A para transformador.	1	231,00	231,00€
4.2.5	Ud. Juego de puentes de cables BT unipolares de aislamiento seco			

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

	0.6/1 kV de Al, de 4x240mm ² para las fases y de 2x240mm ² para el neutro y demás características según memoria.	1	922,95	922,95€
4.2.6	Ud. Termómetro para protección térmica de transformador, incorporado en el mismo, y sus conexiones a la alimentación y al elemento disparador de la protección correspondiente, debidamente protegidas contra sobrecargas, instalados.	1	315,00	315,00€

4.3. Equipos Baja Tensión.

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
4.3.1	Ud. Cuadro de distribución baja tensión modelo CBT4SND, con fusibles NH, instalado.	1	1.617,00	1.617,00€
4.3.2	Ud. Extensionamiento del cuadro de distribución baja tensión modelo AMCBT4SND, con fusibles NH, instalado.	1	738,15	738,15€

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

4.4 Sistema de puesta a tierra

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
4.4.1	Ud. de tierras exteriores código 5/32 Unesa, incluyendo 3 picas de 2,00 m. de longitud, cable de cobre desnudo, cable de cobre aislado de 0,6/1kV y elementos de conexión, instalado, según se describe en proyecto.	2	699,52	1.399,04€
4.4.2	Ud. tierras interiores para poner en continuidad con las tierras exteriores, formado por cable de 50mm ² de Cu desnudo para la tierra de protección y aislado para la de servicio, con sus conexiones y cajas de seccionamiento, instalado, según memoria.	1	610,50	610,50€

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

4.5. Otros gastos

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
4.5.1	Ud. Punto de luz incandescente adecuado para proporcionar nivel de iluminación suficiente para la revisión y manejo del centro, incluidos sus elementos de mando y protección, instalado.	2	208,80	417,60€
4.5.2	Ud. Banqueta aislante para maniobrar aparamenta.	1	154,80	154,80€
4.5.3	Ud. Par de guantes de maniobra.	1	55,70	55,70€
4.5.4	Ud. Placa reglamentaria PELIGRO DE MUERTE, instaladas.	2	12,40	24,80€
4.5.5	Ud. Placa reglamentaria PRIMEROS AUXILIOS, instalada.	1	12,40	12,40€

SUBTOTAL APARAMENTA ALTA TENSIÓN: **8.991,15 €**

SUBTOTAL TRANSFORMADORES: **16.056,60 €**

SUBTOTAL EQUIPOS BAJA TENSIÓN: **2.355,15 €**

SUBTOTAL SISTEMA PUESTA A TIERRA: **2.009,54 €**

SUBTOTAL OTROS GASTOS: **665,30 €**

TOTAL CAPÍTULO 4: Centro de Transformación. **30.077,74 €**

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

5) Seguridad y Salud Laboral

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
5.1	Cascos de seguridad homologado.	5	3,20	16€
5.2	Pantalla de soldadura con fijación en cabeza.	1	8,50	8,50€
5.3	Gafas de seguridad homologadas.	5	4,59	22,95€
5.5	Mono de trabajo.	5	13,91	69,55€
5.6	Mandil de cuero para soldador	1	12,60	12,60€
5.7	Pares de botas homologadas	5	13,50	67,50€
5.8	Pares de guantes de trabajo de piel	5	2,73	13,65€
5.11	Arnés para trabajo en altura	3	22,50	67,50€
5.12	Cuerda de doble mosquetón y gancho. Eslinga anticaída con absorbedor de energía compuesta por doble cuerda drisse de 11 mm. de diámetro y 1.5 m. de longitud con un mosquetón de 17 mm. de apertura y un gancho de 60 mm. de apertura	3	29,38	88,14€
5.13	Acometida provisional de electricidad a caseta prefabricada de obra	1	184,50	184,50€
5.14	Acometida provisional con saneamiento en zanja			
		1	143,34	143,34€

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

5.15	Mes de alquiler de caseta de aseo, de medidas 5,98 x 2,45 x 2,63 m	6	200,80	1.204,80€
5.16	Mes de alquiler de caseta prefabricada para almacén de obra de 5,98 x 2,45 x 2,45 m. de 14,65 m ²	6	120,45	722,70€
5.19	Espejos para aseos	2	25,00	50,00€
5.22	Botiquín de urgencias para obras, color blanco con contenidos mínimos obligatorios	1	88,20	88,20€
5.23	Vigilante de seguridad. Formación profesional y experiencia en vigilancia de obras industriales	6	1.500,00	9.000,00€

TOTAL CAPÍTULO 5: Seguridad y Salud Laboral

11.759,93 €

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

6) Resumen.

- TOTAL INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA: 563.903,55€
 - TOTAL OBRA CIVIL: 71.052,67 €
 - TOTAL RED BAJA TENSIÓN: 15.253,98 €
 - TOTAL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN: 30.077,74 €
 - TOTAL SEGURIDAD Y SALUD LABORAL: 11.759,93 €
-

TOTAL: 692.047,87 €

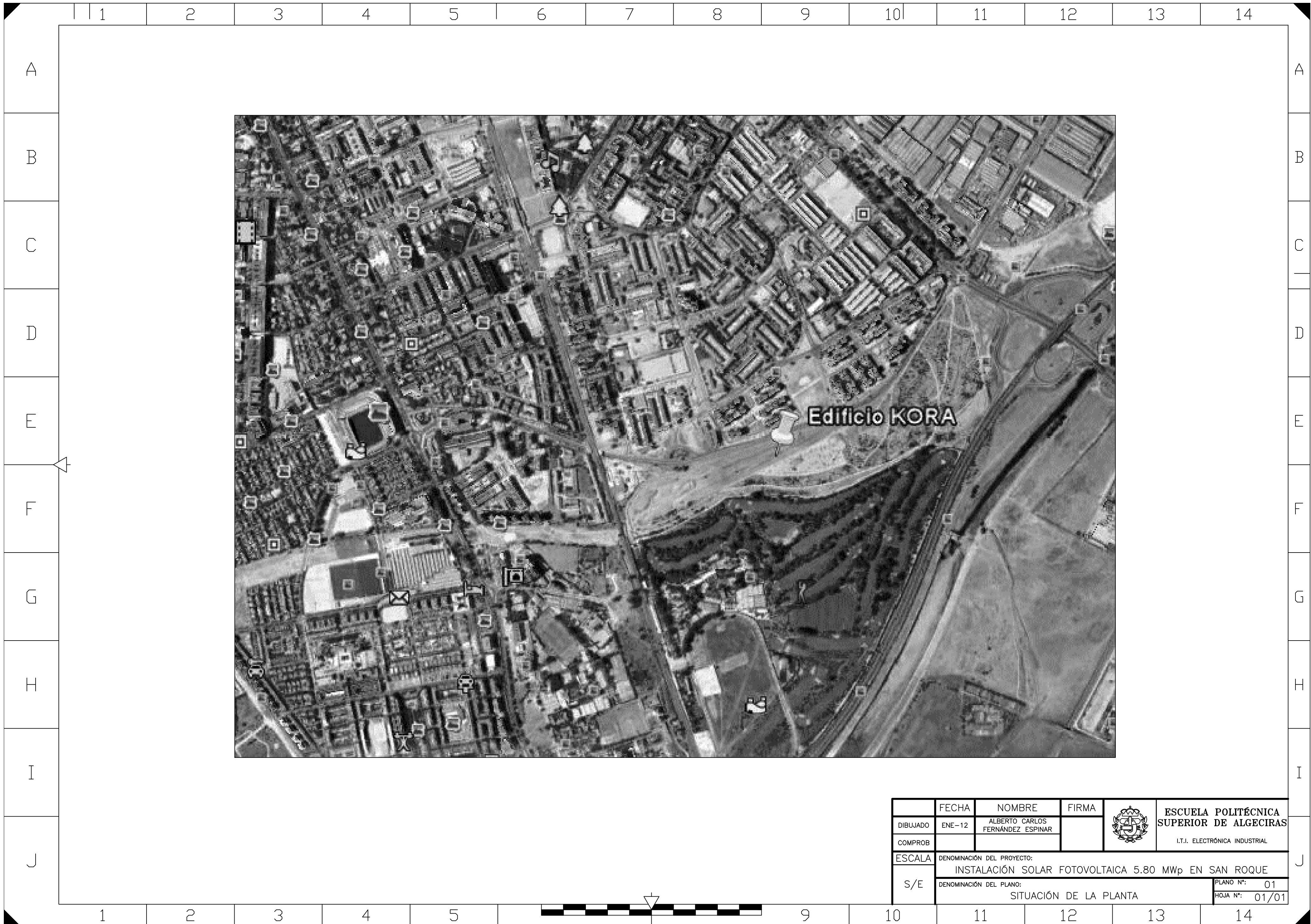
Asciende el presente proyecto a un total de **SEISCIENTOS
NOVENTA Y DOS MIL CUARENTA Y SIETE EUROS CON
OCHENTA Y SIETE CÉNTIMOS.**

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE OCIO MEMORIA DESCRIPTIVA

PLANOS

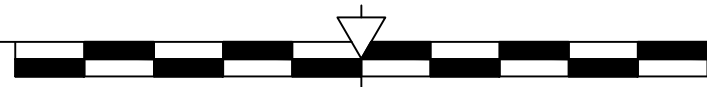
ÍNDICE:PLANOS

1. SITUACIÓN
2. EMPLAZAMIENTO
3. EDIFICIO
4. MÓDULO FOTOVOLTAICO
5. ESTRUCTURA SOPORTE
6. RED BAJA TENSIÓN
7. ARQUETAS
8. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN
9. FOSO CENTRO TRANSFORMACIÓN
- 10.ESQUEMA UNIFILAR DE LA INSTALACIÓN



Edificio KORA

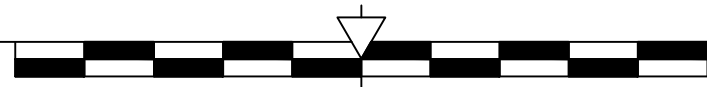
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	 ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS <small>I.T.I. ELECTRÓNICA INDUSTRIAL</small>
DIBUJADO	ENE-12	ALBERTO CARLOS FERNÁNDEZ ESPINAR		
COMPROB				
ESCALA	DENOMINACIÓN DEL PROYECTO: INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA 5.80 MWp EN SAN ROQUE			
S/E	DENOMINACIÓN DEL PLANO: SITUACIÓN DE LA PLANTA			PLANO N°: 01 HOJA N°: 01/01

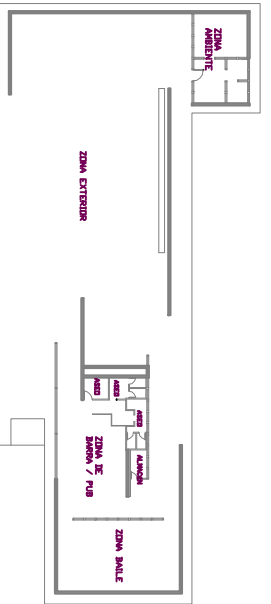
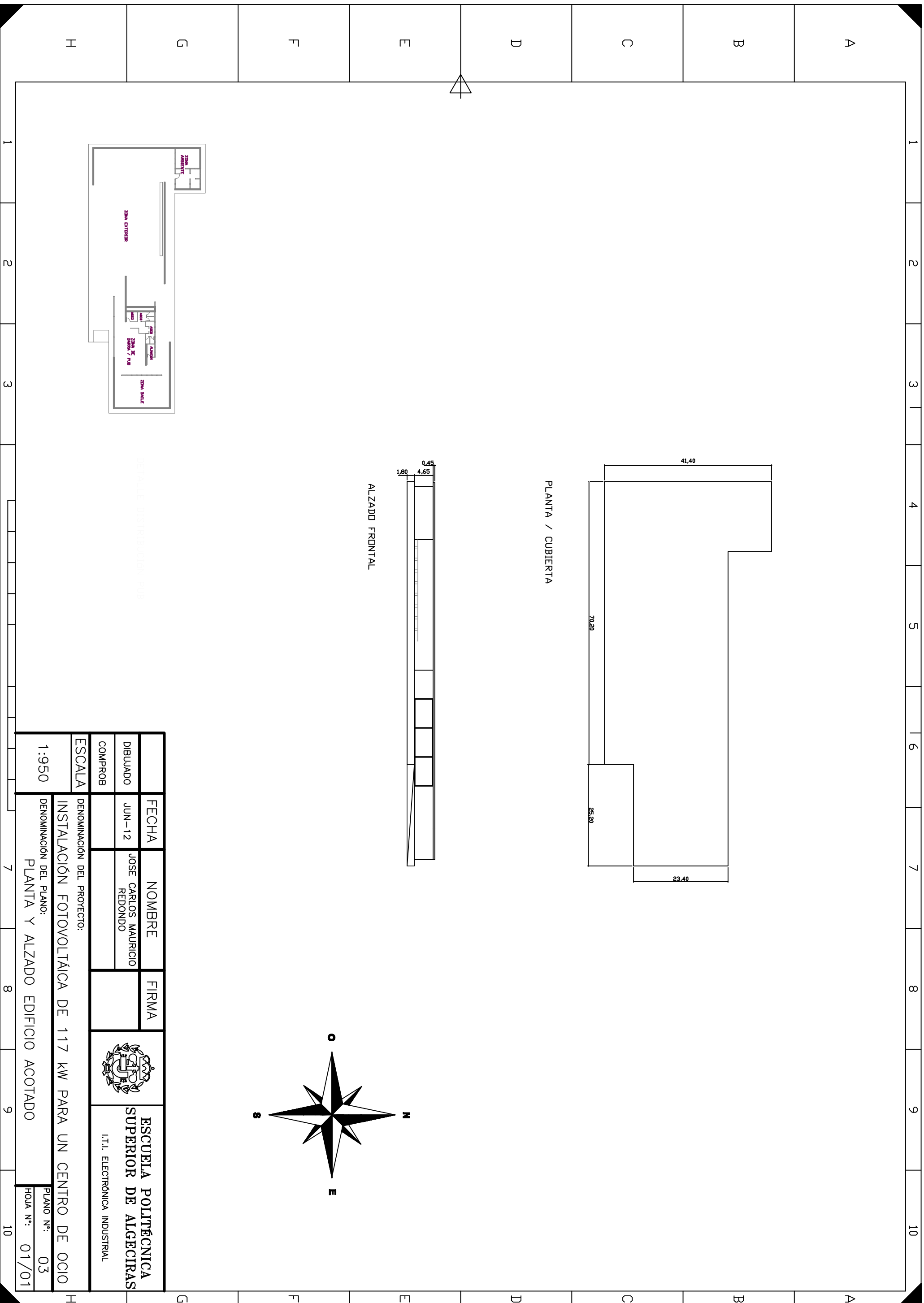




EDIFICIO KORA

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	 ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS <small>I.T.I. ELECTRÓNICA INDUSTRIAL</small>
DIBUJADO	ENE-12	ALBERTO CARLOS FERNÁNDEZ ESPINAR		
COMPROB				
ESCALA	DENOMINACIÓN DEL PROYECTO: INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA 5.80 MWp EN SAN ROQUE			
S/E	DENOMINACIÓN DEL PLANO: EMPLAZAMIENTO DE LA PLANTA			PLANO N°: 02 HOJA N°: 01/01




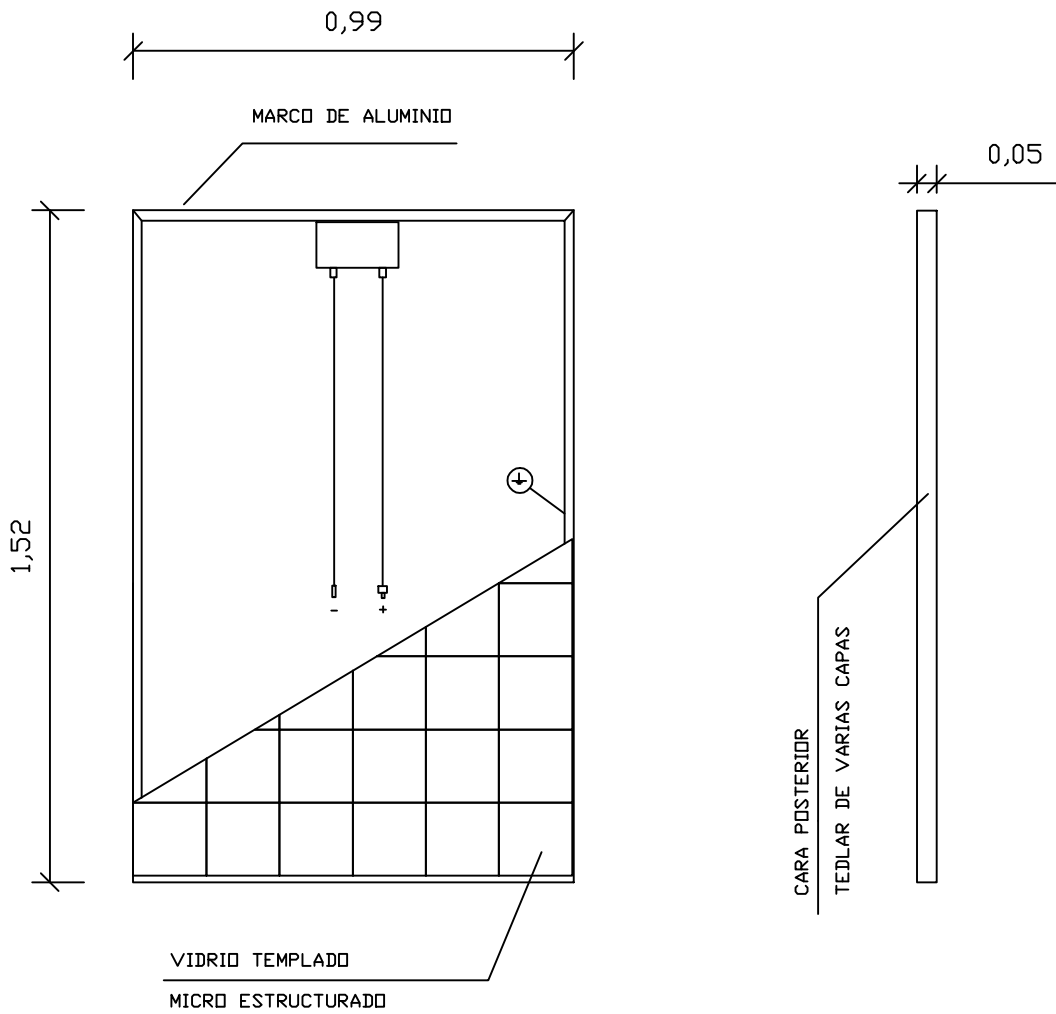


DETALLE DE DESARROLLO DE PASADIZO

ALZADO FRONTAL

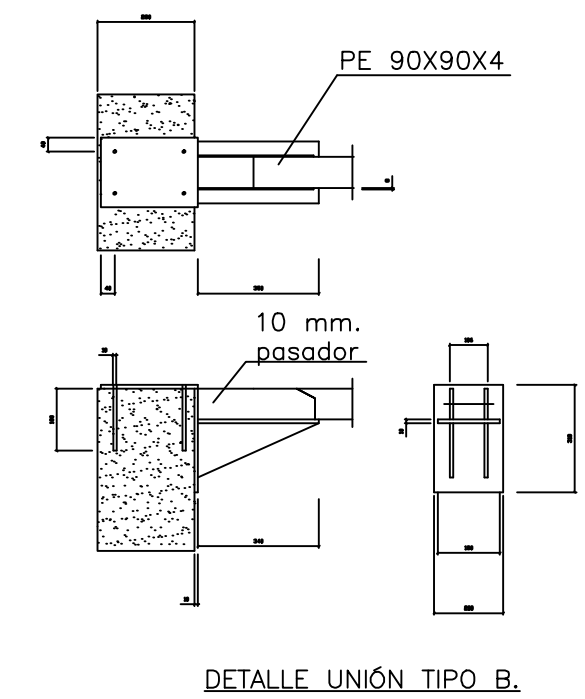
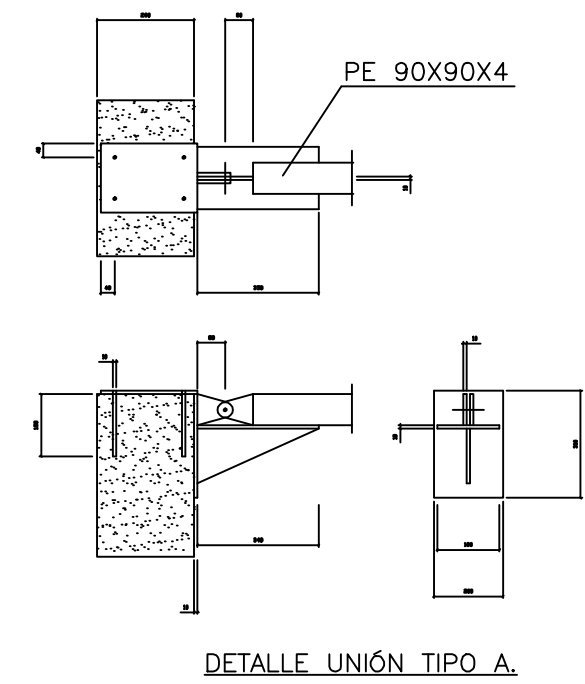
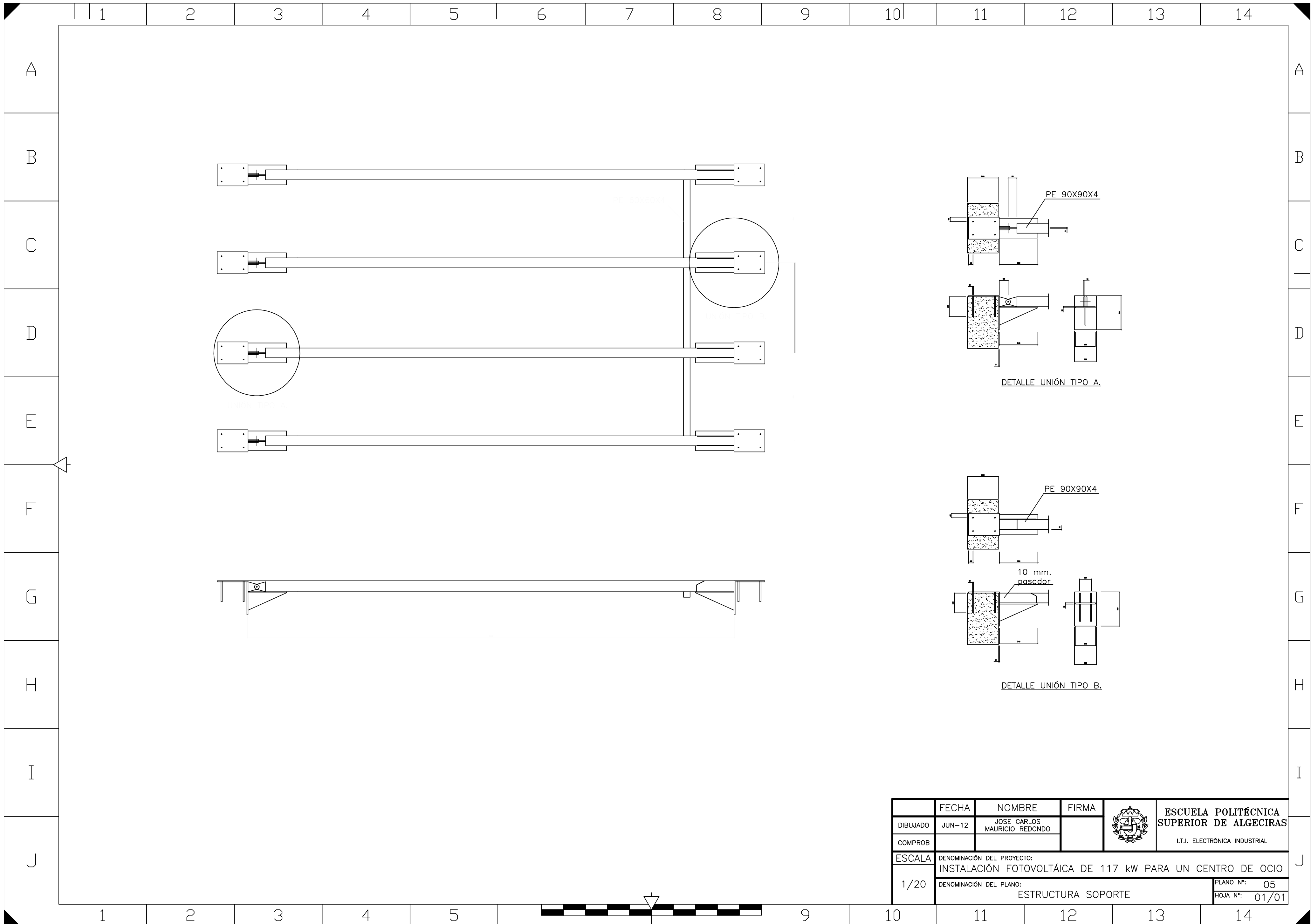
PLANTA / CUBIERTA


FECHA	JUN-12	NOMBRE	JOSE CARLOS MAURICIO REDONDO	FIRMA		 <p>ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS I.T.I. ELECTRÓNICA INDUSTRIAL</p>
DIBUJADO		COMPROB				
ESCALA	1:950	DENOMINACIÓN DEL PROYECTO: INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE 117 kW PARA UN CENTRO DE OCIO				
DENOMINACIÓN DEL PLANO:		PLANTA Y ALZADO EDIFICIO ACOTADO				
PLANO N.º:	03					
HOLA N.º:	01/01					

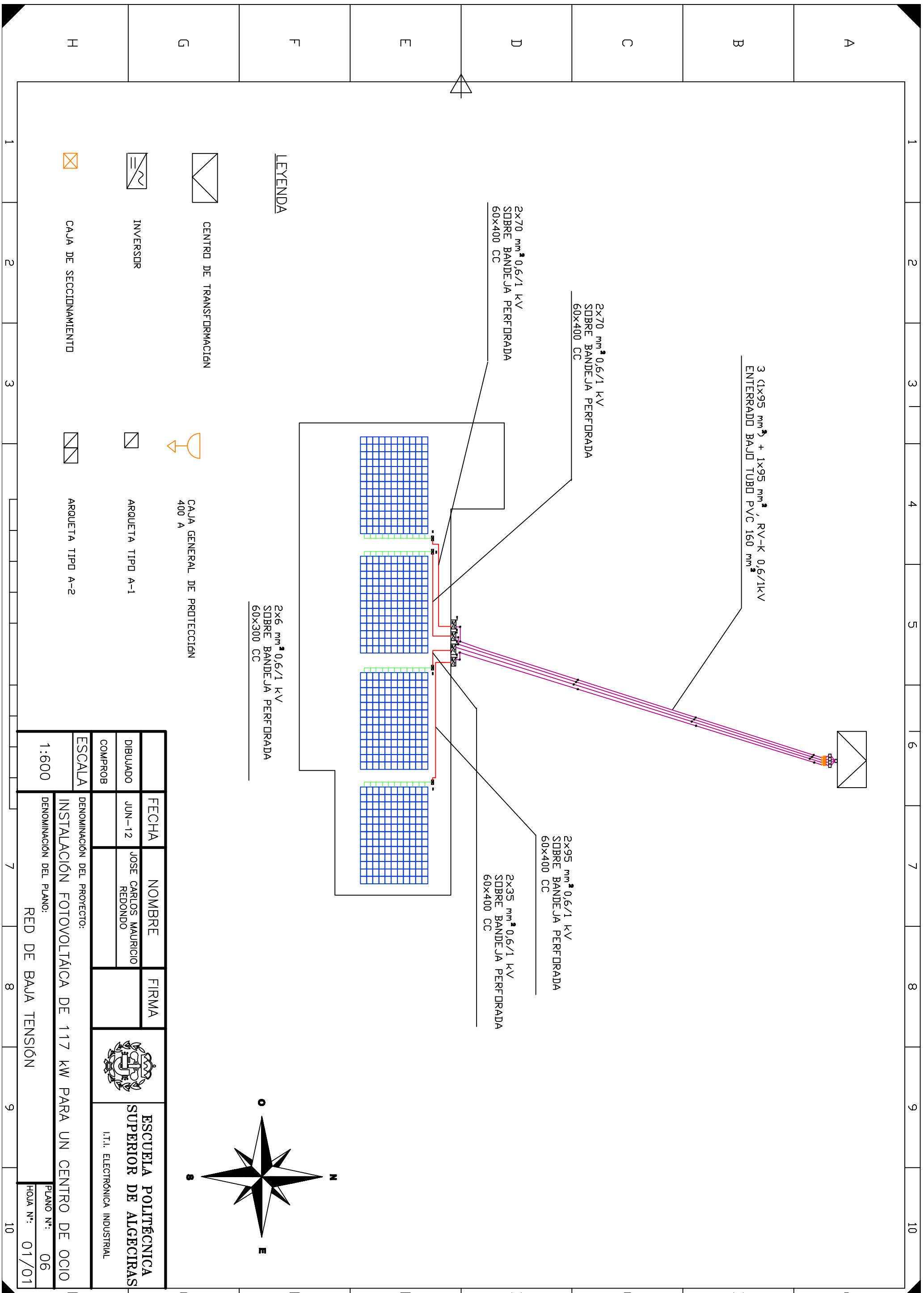


PESO	17,1 Kg
INCLINACIÓN	33°

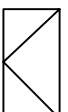





	FECHA	NOMBRE	FIRMA	 ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS I.T.I. ELECTRÓNICA INDUSTRIAL
DIBUJADO	JUN-12	JOSE CARLOS MAURICIO REDONDO		
COMPROB				
ESCALA	DENOMINACIÓN DEL PROYECTO:			
	INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE 117 kW PARA UN CENTRO DE OCIO			
1/15	DENOMINACIÓN DEL PLANO:			PLANO Nº: 04
	MÓDULO FOTOVOLTAICO ISOFOTÓN-205			HOJA Nº: 01/01




	FECHA	NOMBRE	FIRMA	 ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS I.T.I. ELECTRÓNICA INDUSTRIAL
DIBUJADO	JUN-12	JOSE CARLOS MAURICIO REDONDO		
COMPROB				
ESCALA	DENOMINACIÓN DEL PROYECTO: INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE 117 kW PARA UN CENTRO DE OCIO			
1/20	DENOMINACIÓN DEL PLANO: ESTRUCTURA SOPORTE			PLANO N°: 05 HOJA N°: 01/01

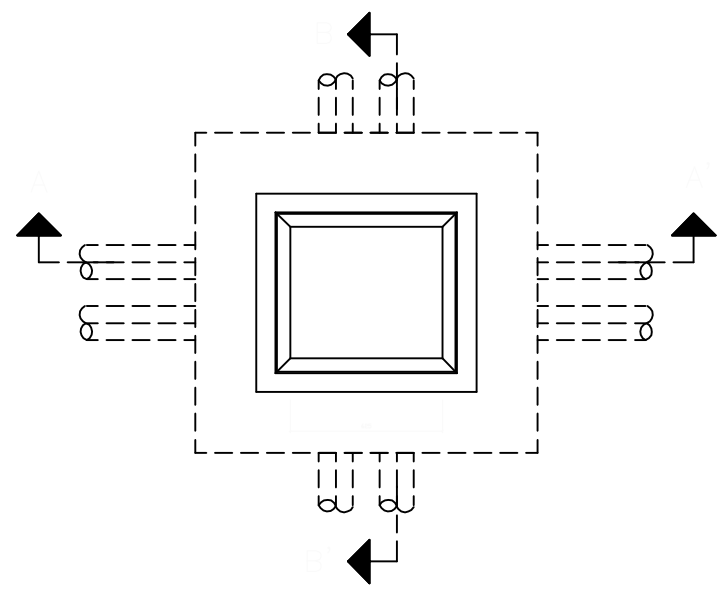


LEYENDA

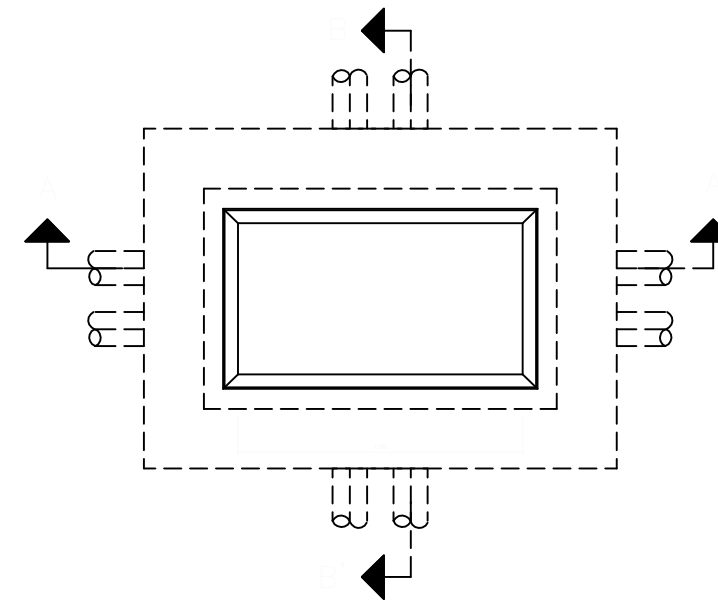
-  CENTRO DE TRANSFORMACION
-  INVERSOR
-  CAJA DE SECCIONAMIENTO
-  CAJA GENERAL DE PROTECCION 400 A
-  ARQUETA TIPO A-1
-  ARQUETA TIPO A-2

FECHA	NOMBRE	FIRMA	 ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS I.T.I. ELECTRÓNICA INDUSTRIAL
JUN-12	JOSE CARLOS MAURICIO REDONDO		
COMPROB			
ESCALA	DENOMINACION DEL PROYECTO:		
1:600	INSTALACION FOTOVOLTAICA DE 117 kW PARA UN CENTRO DE OCIO		
	DENOMINACION DEL PLANO:		
	RED DE BAJA TENSION		
	PLANO N°:	06	
	HOLA N°:	01/01	

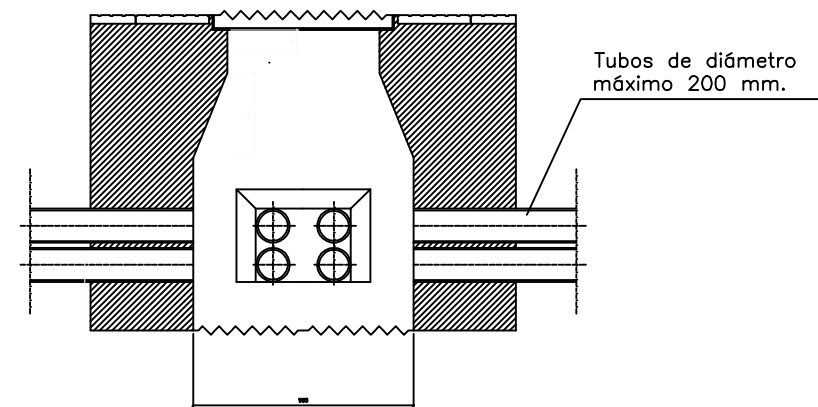
PLANTA ARQUETA TIPO A-1
(PREFABRICADA DE HORMIGÓN).



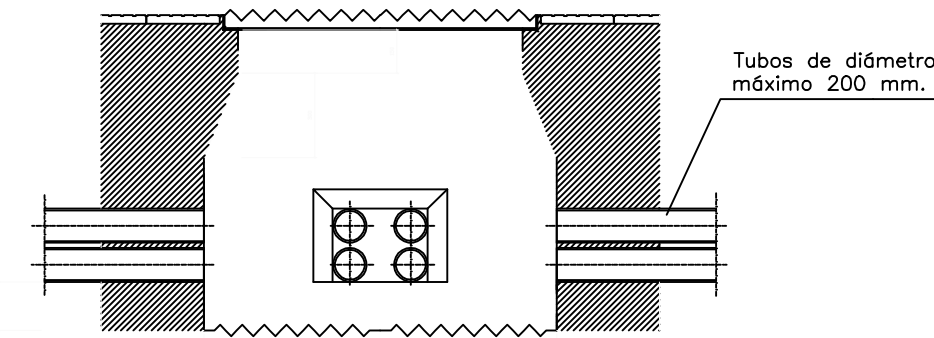
PLANTA ARQUETA TIPO A-2
(PREFABRICADA DE HORMIGÓN).



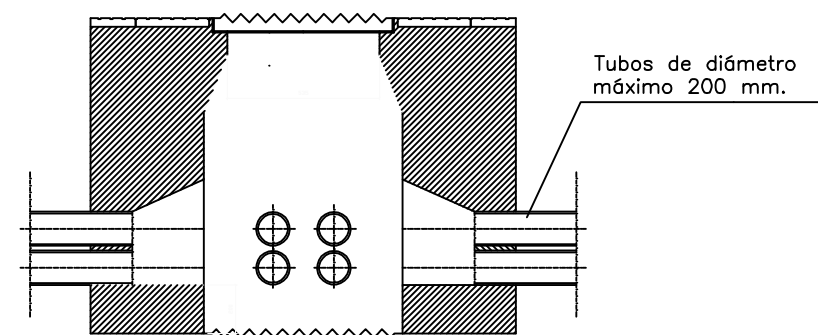
Sección A-A'



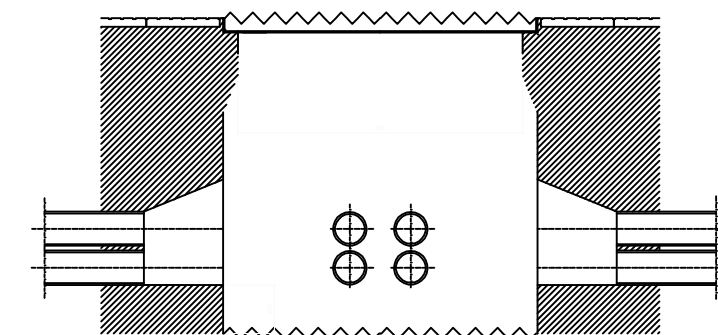
Sección A-A'



Sección B-B'



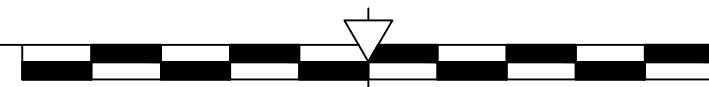
Sección B-B'

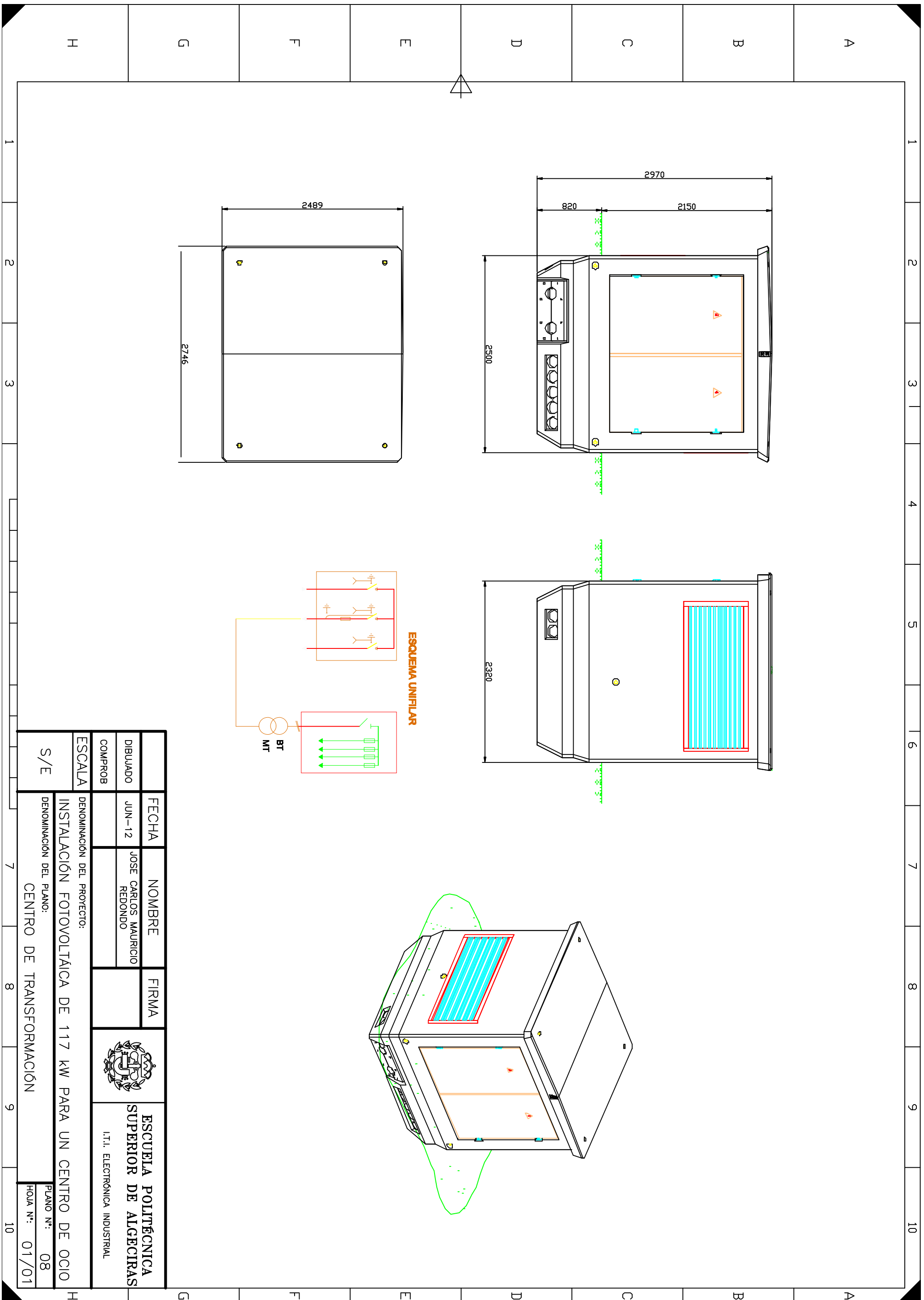



CODIFICACIÓN:

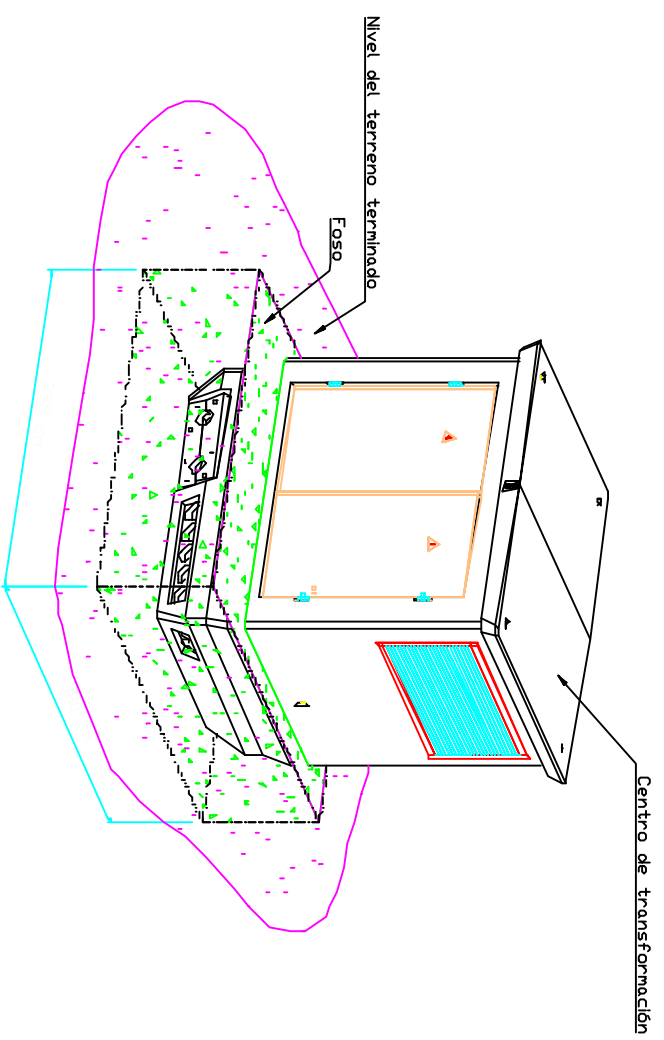
TIPO	DESIGNACIÓN	CÓDIGO
Arqueta prefabricada de hormigón tipo A-1	APHA1 400	6705013
Arqueta prefabricada de hormigón tipo A-2	APHA2 400	6705016

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	 <p>ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS</p> <p>I.T.I. ELECTRÓNICA INDUSTRIAL</p>
DIBUJADO	JUN-12	JOSE CARLOS MAURICIO REDONDO		
COMPROB				
ESCALA	DENOMINACIÓN DEL PROYECTO: INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE 117 kW PARA UN CENTRO DE OCIO			
S/E	DENOMINACIÓN DEL PLANO: ARQUETAS			PLANO N°: 07 HOJA N°: 01/01

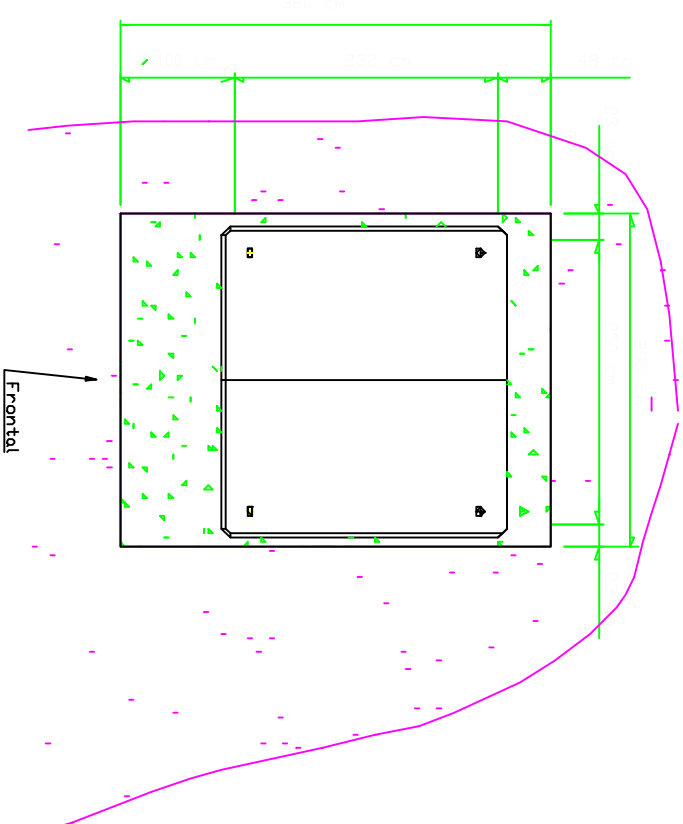
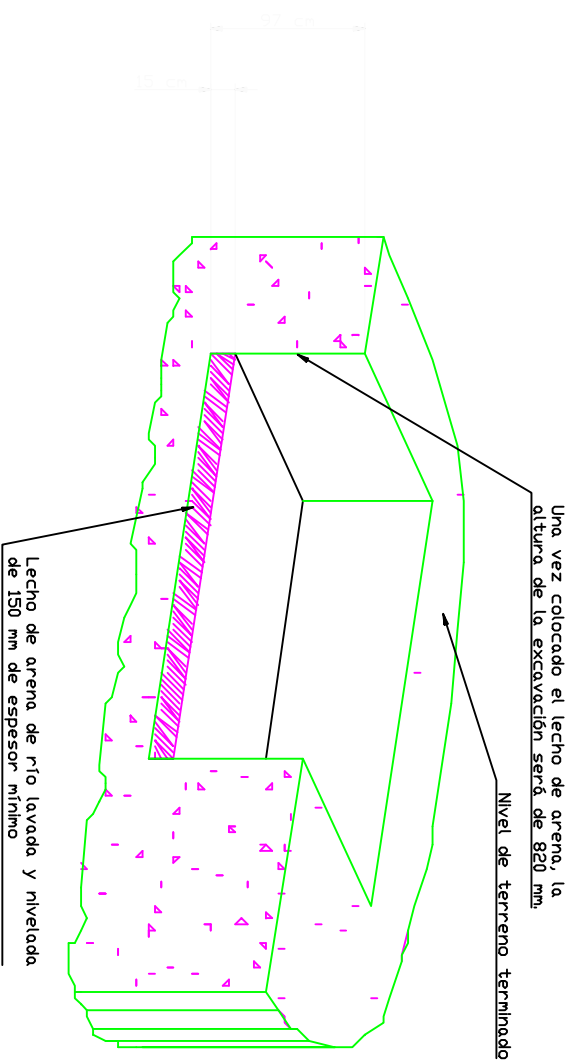





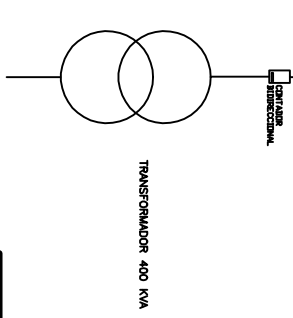
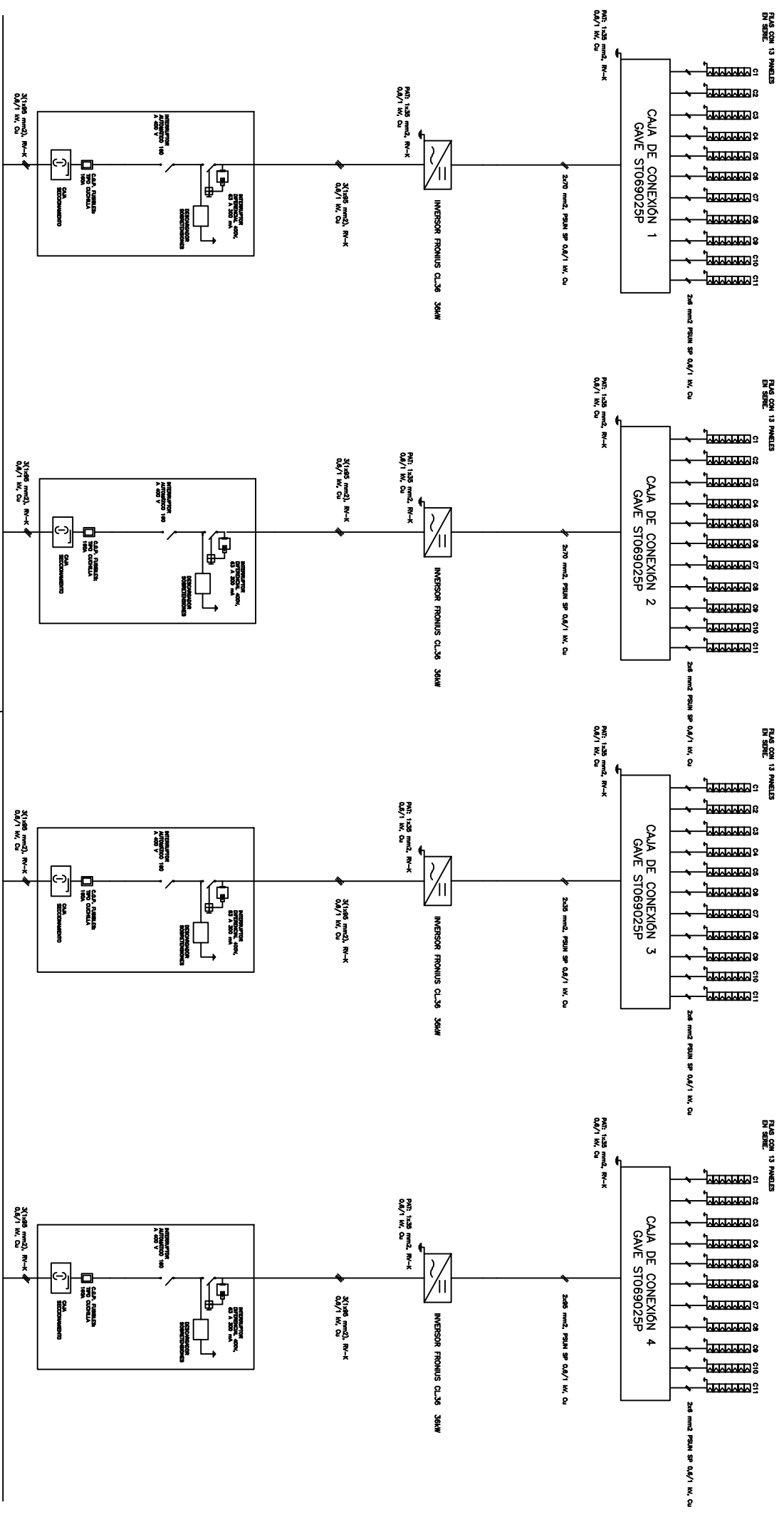
FECHA	JUN-12	NOMBRE	JOSE CARLOS MAURICIO REDONDO	FIRMA		 ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS I.T.I. ELECTRÓNICA INDUSTRIAL
DIBUJADO		COMPROB				
ESCALA	DENOMINACIÓN DEL PROYECTO:					
S/E	INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE 117 kW PARA UN CENTRO DE OCIO					
	DENOMINACIÓN DEL PLANO:					
	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN					
	PLANO N.º:	08				
	HOLA N.º:	01/01				




- Condiciones que el cliente deberá cumplir con anterioridad a la instalación:**
- Deberá existir un camino hasta la zona de ubicación del centro suficiente para el acceso de un camión de 24 toneladas (ancho del camino mayor de 3 metros).
 - La zona de ubicación del centro estará libre, en sus zonas limitrofes, de obstáculos que impidan la descarga de los materiales y el montaje del centro.
 - El lecho de arena de 15 centímetros de espesor mínimo, será por cuenta del cliente, y deberá estar realizado con anterioridad a la instalación del centro según se indica en el dibujo superior.



FECHA	JUN-12	NOMBRE	JOSE CARLOS MAURICIO REDONDO	FIRMA		 ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS I.T.I. ELECTRÓNICA INDUSTRIAL
DIBUADO		COMPROB				
ESCALA	DENOMINACIÓN DEL PROYECTO:					
S/E	DENOMINACIÓN DEL PLANO: FOSO CENTRO DE TRANSFORMACIÓN					
						PLANO N.º: 09 HOJA N.º: 01/01



FECHA		NOMBRE		FIRMA		 ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS I.T.I. ELECTRÓNICA INDUSTRIAL	
JUN-12		JOSE CARLOS MAURICIO REDONDO					
DIBUADO							
COMPROB							
ESCALA		DENOMINACIÓN DEL PROYECTO:					
S/E		INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE 117 kW PARA UN CENTRO DE OCIO					
		DENOMINACIÓN DEL PLANO:					
		ESQUEMA UNIFILAR DE LA INSTALACIÓN					
		PLANO N.º:		10			
		HOJA N.º:		01/01			

