



**UNIVERSIDAD DE JAÉN**  
Escuela Politécnica Superior de Linares

Trabajo Fin de Grado

# PROYECTO DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE UNA VIVIENDA PARA AUTOCONSUMO

**Alumno:** MOISÉS RODRÍGUEZ COHARD

**Tutor:** Prof. Dña. M<sup>a</sup> ÁNGELES VERDEJO ESPINOSA  
**Depto.:** INGENIERÍA ELÉCTRICA

**JUNIO, 2014**

## Índice

I.	MEMORIA .....	4
1.	ANTECEDENTES.....	4
2.	OBJETO .....	4
3.	EMPLAZAMIENTO .....	4
4.	NORMATIVA .....	5
5.	DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN .....	6
6.	FUNCIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN EN AUTOCONSUMO .....	6
7.	GENERADOR FOTOVOLTAICO.....	7
8.	ESTRUCTURA SOPORTE.....	9
9.	CONVERTIDOR CC/CA .....	10
10.	PROTECCIONES .....	12
10.1	Descargadores de sobretensiones .....	12
10.2	Interruptor general .....	13
10.3	Interruptor automático diferencial.....	14
10.4	Protecciones incorporadas en el Inversor .....	14
11.	CUADRO DE CONEXIONES .....	15
11.1	Cuadro de Corriente Continua .....	15
11.2	Cuadro de Corriente Alterna .....	16
11.3	Equipo de medida.....	16
11.4	Línea de conexión .....	18
11.5	Puesta a Tierra .....	18
11.6	Armónicos y Compatibilidad Electromagnética .....	20
12.	FUNCIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN.....	21
13.	DERECHOS Y OBLIGACIONES.....	21
14.	PRESCRIPCIONES TÉCNICAS .....	22
14.1	Procesos previos al Inicio de la Instalación.....	22
14.2	Fases del Proceso de Montaje.....	24
14.3	Construcción y Montaje de Campo Fotovoltaico. ....	24
15.	PUESTA EN MARCHA DE LA INSTALACIÓN.....	26
16.	MANTENIMIENTO DE LA CENTRAL FOTOVOLTAICA .....	26
17.	AVERÍAS .....	31
18.	CONEXIÓN DE LA INSTALACIÓN .....	37

19.	IMPACTO AMBIENTAL DE UNA ENERGÍA LIMPIA .....	38
II.	BIBLIOGRAFÍA.....	39
III.	ANEXO MEMORIA.....	40
20.	DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA .....	40
21.	ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN .....	43
22.	SOMBRAS Y DISTANCIA ENTRE PANELES.....	44
23.	INSOLACIÓN MEDIA DEL LUGAR.....	47
24.	TABLA RESUMEN DE PARAMETROS BÁSICOS DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA:.....	48
25.	CÁLCULO DE SECCIONES: .....	49
26.	PROTECCIONES: .....	50
IV.	ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.....	51
1.	DEFINICION.....	51
2.	RECURSOS CONSIDERADOS.....	51
3.	IDENTIFICACION DE LOS DISTINTOS RIESGOS LABORABLES INEVITABLES MAS FRECUENTES Y MEDIDAS PREVENTIVAS A ADOPTAR. ....	52

## **I. MEMORIA**

### **1. ANTECEDENTES**

Tradicionalmente el concepto de autoconsumo o consumo propio de energía eléctrica (consumo por la misma persona física o jurídica que genera la energía) se ha venido aplicando en instalaciones de cogeneración dentro del régimen especial de producción de energía eléctrica.

Actualmente otras tecnologías diferentes de la cogeneración, como fotovoltaica o eólica, podrían estar en condiciones de suministrar energía eléctrica para autoconsumo de una manera competitiva, según el recurso disponible y coste de instalación, lo que ha despertado el interés por este concepto de consumidores eléctricos, y por tanto de instaladores y promotores.

### **2. OBJETO**

El presente documento tiene por objeto establecer las condiciones técnico-económicas de un sistema de captación solar fotovoltaico para autoconsumo. La potencia instalada será de 20 kW, cumpliendo con las prescripciones técnicas para este tipo de instalaciones.

Se fijará como punto de conexión la red interior de la propia vivienda, vendiéndose a la red la energía producida no consumida previo contrato con la empresa distribuidora y en las condiciones establecidas en el Real Decreto 1699/2011.

### **3. EMPLAZAMIENTO**

La instalación fotovoltaica para autoconsumo se localiza en la cubierta de un edificio sito el municipio de Cabra del Santo Cristo, Jaén. Las coordenadas geográficas del municipio a realizar la instalación son las siguientes:

Altitud	980 m
Latitud	37º 42' N
Longitud	3º 17' W

La instalación de los módulos fotovoltaicos se llevará a cabo en la cubierta con orientación sur.

#### 4. NORMATIVA

Para la realización del presente proyecto se ha tenido en cuenta la normativa vigente:

- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.
- Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.
- Real Decreto 1663/2000 de 29 de septiembre sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión.
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. Ministerio de Industria y Energía.
- 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.
- Código Técnico de la edificación.
- Especificaciones técnicas específicas de la compañía eléctrica.
- Norma UNE 21.185, Protección de las estructuras contra el rayo y principios generales.
- Norma UNE 20 572.Efecto de la corriente al pasar por el cuerpo humano.
- Norma UNE 20 460, Instalaciones Eléctricas en Edificios.
- Norma CEI 664 1, Coordinación de aislamiento para equipos en sistemas de Baja Tensión.

## **5. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN**

La instalación estará constituida por módulos fotovoltaicos, las protecciones de corriente continua, las protecciones de corriente alterna, los inversores asociados a cada grupo de paneles fotovoltaicos, y todos aquellos elementos de conexión y protecciones que marca la legislación vigente.

## **6. FUNCIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN EN AUTOCONSUMO**

La finalidad de una instalación solar fotovoltaica de autoconsumo se fundamenta en la reducción del consumo de energía de la red, que en su gran mayoría procede de fuentes no renovables y contaminantes, viéndolo desde un punto de vista ecológico. Pero lo que más efectivo hace al autoconsumo es que toda la energía que se autogenera con la instalación fotovoltaica no se tiene que comprar a la compañía eléctrica.

Una instalación fotovoltaica de autoconsumo instantáneo es una instalación cuya potencia de generación en ningún caso supere la potencia consumida por la instalación a la que va a abastecer. Es decir, que toda la energía que se produce con la fotovoltaica, se autoconsume instantáneamente, para evitar inyectar energía en la red y 'regalarla'. Esto supone hacer la instalación mucho más a medida, ya que hay que tener en cuenta dos aspectos:

- El perfil horario de consumo de la instalación eléctrica a la que se conectaría la fotovoltaica, para obtener cual es la mínima potencia consumida por la instalación en horario diurno a lo largo del año (en el que se puede estar produciendo energía solar).
- El perfil horario de generación de la instalación fotovoltaica, de tal forma que la potencia entregada por el inversor nunca supere la potencia consumida por la instalación, y por lo tanto nunca se llegue a inyectar energía en la red.

Esta instalación solar fotovoltaica está formada por un conjunto de componentes que garantizaran el buen funcionamiento y una elevada fiabilidad de suministro y durabilidad.

La potencia total que se ha de instalar será de 20.000 Wn. Para generar esta potencia se dispondrán 2 inversores y 64 paneles fotovoltaicos de 318 Wp cada uno.

Estas placas estarán orientadas al sur, con la misma inclinación de la cubierta principal.

## **7. GENERADOR FOTOVOLTAICO**

Los valores de la energía media disponible de una cantidad de módulos fotovoltaicos orientados al sur y con una inclinación determinada, junto con su rendimiento y su potencia nominal, son los parámetros determinantes de la producción eléctrica de los paneles.

Los paneles son el elemento de generación eléctrica y se pueden disponer en serie y/o paralelo para obtener la tensión nominal requerida en cada caso. Estos paneles están formados por un número determinado de células que están protegidas por un vidrio, encapsuladas sobre un material plástico y todo el conjunto enmarcado con un perfil metálico.

Los paneles se montarán con una orientación de +/- 15º Sur. Esta orientación nos dará la mayor intensidad de radiación, pero hay que puntualizar que, además del margen anteriormente citado, desviaciones de hasta +/- 30º son permisibles sin que el rendimiento de la instalación descienda dramáticamente. El Sur que se indica no es el Sur que marca la brújula (Sur magnético), sino el verdadero Sur. Existe una cierta desviación entre el Sur magnético y el verdadero, pero teniendo en cuenta los márgenes permitidos, la desviación pierde relevancia.

Para nuestro caso, aunque cada mes del año los paneles tienen una inclinación óptima, se adoptará el tipo de instalación fija, por tanto las placas solares, en este

emplazamiento, se situarán en el tejado del edificio orientadas al sur, con azimut  $0^\circ$  y con inclinación dada por la propia cubierta principal.

Se han de instalar módulos fotovoltaicos SPR-318-E-WHT-D, de Sunpower o similar.



Figura 1. Panel SPR-318-E-WHT-D

Estos módulos están formados por obleas de silicio monocristalino, recubiertas por una capa muy delgada de silicio amorfo. Esta célula proporciona uno de los rendimientos más elevados del sector. Las características técnicas de estos módulos se definen en la tabla adjunta:



CARACTERISTICAS ELÉCTRICAS DEL PANEL	
Potencia máxima (Pmax) W	318
Tensión para máxima potencia (Vmp) V	54.7
Corriente para máxima potencia (Imp) A	5.82
Tensión en circuito abierto (Voc) V	64.7
Corriente de circuito abierto (Isc) A	6.20
Voltaje máximo de potencia (Vdc)	1000
Coefficiente de temperatura de Pmáx (%/°C)	-0.38
Voc (mV/°C)	-176.6
Isc (mA/°C)	3.5

## 8. ESTRUCTURA SOPORTE

Uno de los elementos importantes en una instalación fotovoltaica, para asegurar un perfecto aprovechamiento de la radiación solar es la estructura de soporte, encargada de sustentar los módulos solares y formar el propio panel, dándole la inclinación adecuada para que los módulos reciban la mayor cantidad de radiación, consiguiendo el aumento de su eficacia.

Las estructuras serán instalaciones modulares de perfiles atornillados o tubos roscados (acero inoxidable), y construidos con materiales o tratamientos (galvanizado) que no requieran operaciones de mantenimiento y pintado. O similar

El factor del viento ha de tenerse en cuenta en la fabricación de la estructura, ya que nos encontramos en una zona en la que los vientos pueden soplar con intensidad. El

fabricante de la misma ha de acreditar las pruebas establecidas por normativa a los distintos esfuerzos de viento que se dan en Cabra de Santo Cristo, Jaén.

La estructura deberá conectarse eléctricamente a la toma de tierra del edificio.

## 9. CONVERTIDOR CC/CA

El convertidor cc/ca es uno de los elementos más importantes en una instalación fotovoltaica, ya que permite la conversión de la energía en corriente continua generada por los paneles en corriente alterna.

Se instalarán 2 inversores de 10.000 W de potencia, cuyas características técnicas han de ser las del modelo SPR-10001-F de la marca Sunpower o similar. Este sistema proporciona una solución modular para sistemas de conexión a la red, en los que la facilidad de utilización, mantenimiento, bajo nivel sonoro y el aspecto estético son características apreciadas.



Figura 2. Inversor SPR-10001-F

El acceso a la cubierta del edificio estará restringido a todo el personal excepto para aquellas personas que se encarguen del mantenimiento de la instalación fotovoltaica, así como del mantenimiento del edificio.

Es necesario un sistema de conversión eficaz en rendimiento y capaz de realizar una gestión inteligente del sistema. Las variopintas situaciones en que se puede encontrar la red, cambios de frecuencia, picos de sobretensión, etc... y la constante variación de las características de los generadores fotovoltaicos hacen disponer de sistemas adecuados para proteger y gestionar el funcionamiento óptimo en cada caso.

El inversor de conexión a red dispondrá de un sistema de control que le permite un funcionamiento completamente automatizado. Durante los períodos nocturnos el inversor permanece parado vigilando los valores de tensión de la red y del generador fotovoltaico. Al amanecer, la tensión del generador fotovoltaico aumenta y pone en funcionamiento el inversor que comienza a inyectar energía a la red.

El inversor cumple con los requisitos exigidos por el Real Decreto 1663/2000, e incorpora en el propio equipo las protecciones exigidas de tensión, frecuencia y funcionamiento en isla, transformador de aislamiento galvánico y contactor de salida.

Las características principales de este inversor han de ser las señaladas en la siguiente tabla:

<b>Valores de entrada CC</b>	
Potencia máxima	10.500 W
Máxima Tensión	600 V
Rango voltaje entrada de $V_{mp}$	230-500 V
<b>Valores de Salida CA</b>	
Potencia nominal	10.000 W
Intensidad máxima por fase	14.5 A

Eficiencia máxima	96.1 %
Eficiencia europea	95,5 %



Figura 3. Detalle del interior del inversor

## 10. PROTECCIONES

La protección tiene como objetivo asegurar la protección de las personas y cosas, así como mantener el nivel de calidad del servicio de la red. Se deben disponer un conjunto de elementos destinados a tal fin, que actuarán sobre el interruptor de interconexión.

Tanto la instalación como la utilización de las protecciones de conexión, se realizan de acuerdo con la normativa vigente y las normas particulares de la compañía suministradora.

### 10.1 Descargadores de sobretensiones

No es necesaria la instalación de descargadores de sobretensiones antes del inversor al ir incluidos en ellos.

Si por cualquier causa, se procediese a la instalación de inversores que no dispusiesen de estos equipos descargadores de sobretensión, se incluirán, en cada línea de alimentación a los mismos, de un descargador de las características adecuadas a la línea a proteger.

Si se incluyan a la salida de los inversores después del cuadro de alterna. Como los de la siguiente figura.

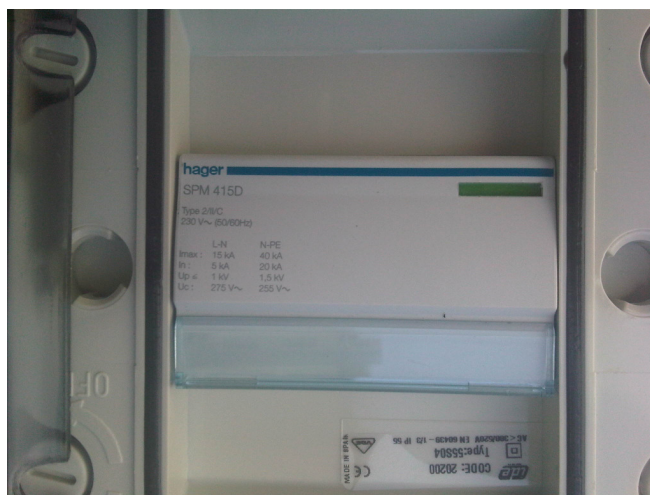


Figura 4. Descargador de sobretensiones

## 10.2 Interruptor general

Se ubicará un interruptor magnetotérmico, 63 Amperios, con una tensión de funcionamiento de 440 Vca.

El interruptor se situará junto a los contadores, antes del punto de conexión, con el fin de permitir la desconexión manual de todo el generador fotovoltaico en casos en los que sea necesario.

Este interruptor será accesible a la empresa distribuidora en todo momento, con objeto de poder realizar la desconexión manual.



Figura 5. Interruptor general de corte

### 10.3 Interruptor automático diferencial

Se Implantará un interruptor diferencial a la salida de cada inversor para la protección de las personas en el caso de derivación de algún elemento de la instalación, en cumplimiento con el Real Decreto 1663/2000, de 29 de septiembre.

El interruptor seleccionado será de 40 Amperios y 30 mA.

### 10.4 Protecciones incorporadas en el Inversor

El inversor previsto en la instalación dispondrá de los siguientes elementos:

- Relé de bloqueo de protecciones. Este relé es activado por las protecciones de máxima y mínima tensión y de máxima y mínima frecuencia y con posibilidad de rearme automático a los tres minutos de la normalización.
- Un transformador, que asegura una separación galvánica entre el lado de corriente continua y la red.
- Un vigilante de aislamiento a tierra en la parte de continua.

- Protección contra funcionamiento en isla.



Figura 6. Detalle de conexión de Strings y protecciones del inversor

El ajuste de los límites de actuación de las protecciones así como el software de ajuste de éstas no es accesible al usuario de la instalación.

## 11. CUADRO DE CONEXIONES

### 11.1 Cuadro de Corriente Continua

Este cuadro irá situado en la estructura soporte donde vaya el inversor.

A la entrada y salida del inversor se instalarán los interruptores automáticos bipolares de 32 y 40 Amperios respectivamente, de forma que mediante su corte se

permitirá manipular sin riesgo cada inversor, durante las labores de mantenimiento y/o reparación.

## 11.2 Cuadro de Corriente Alterna

En dicho cuadro se realizará la interconexión de las líneas procedentes de cada uno de los subgeneradores fotovoltaicos. En la caja de corriente alterna irá situado el interruptor general de la central fotovoltaica.

La carcasa del cuadro de conexión, en caso de que fuese metálica, se conectará a la toma de tierra. Preferiblemente se adoptará un cuadro cuya carcasa esté realizada en un material no conductor.

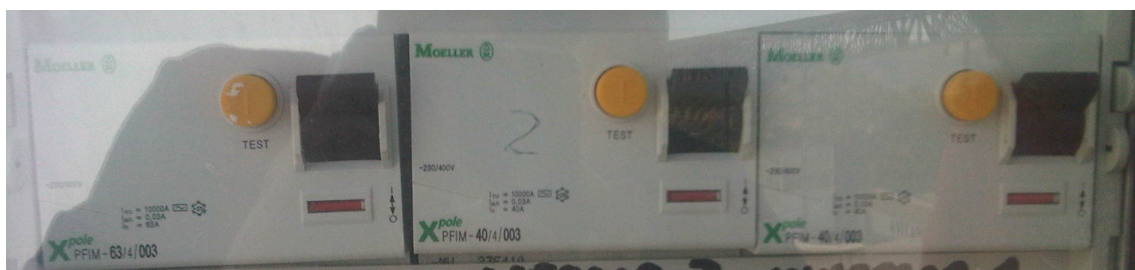


Figura 7. Detalle de Cuadro de alterna

## 11.3 Equipo de medida

Para determinar la energía autoconsumida y la inyectada a la red de distribución por la instalación se dispondrá de un contador bidireccional.

La conexión se situaría entre el contador de la instalación de consumo y la CGMP, sustituyendo éste por un contador bidireccional que registre los flujos de energía con la compañía distribuidora.



Los contadores se ajustarán a la normativa metrológica vigente, y su precisión deberá ser como mínimo la correspondiente a la de clase de precisión 2, regulada por el Real Decreto 875/1984, de 28 de marzo.



Figura 8. Detalle del contador y equipo de telemedida

Los contadores se situarán a una altura de 1,80 metros, y deberán ser accesibles por todos sus lados. Irán fijados sobre la pared, y nunca sobre un tabique. Irán ubicados en una caja según el modelo recogido en las Normas Técnicas de Construcción y Montaje de Instalaciones Eléctricas de Distribución de la Compañía Sevillana de Electricidad.

En la base de los mismos irán colocadas las bases portafusibles, según marcan las Normas Técnicas de Construcción y Montaje de Instalaciones Eléctricas de Distribución de la Compañía Sevillana de Electricidad.

Los fusibles irán colocados en cada uno de los hilos de fase o polares, de forma que tengan la capacidad adecuada de corte en función de la máxima corriente de cortocircuito que pueda presentarse y deberán estar precintados por la empresa suministradora.

En cada uno de los contadores deberá indicarse claramente si se trata de un contador de entrada de energía procedente de la empresa distribuidora o si se trata de un contador de salida de energía de la instalación fotovoltaica.

#### **11.4 Línea de conexión**

En cumplimiento del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, en la conexión entre los módulos se dispondrá de los elementos necesarios para evitar que los conductores queden al alcance de las personas, tomándose para ello las siguientes medidas:

- Los conductores que discurren entre los módulos para el conexionado de los mismos y de estos a las cajas de continua e inversor, irán cableados por la parte inferior de los módulos, embridados a la estructura soporte. Instalado con cable de cobre de tres conductores, con una sección de 10 mm<sup>2</sup>, o similar y aislamiento para 0,6/1kV, e irán bajo tubo de acero (grado de protección 7 UNE 20324) o sobre bandeja.
- La conexión desde el inversor hasta la caja de corriente alterna se realizará mediante un conductor de cobre 10 mm<sup>2</sup>, o similar con aislamiento a base de polietileno reticulado, 0.6/1 kV, unipolar. Estos cables discurrirán bajo tubo de acero (grado de protección 7 UNE 20324) o sobre bandeja hasta el cuadro de protecciones de alterna.

#### **11.5 Puesta a Tierra**

En lo referente a la protección de la red de continua, se tendrá en cuenta lo expresado en el Real Decreto de 30 de septiembre de 2000 en cuanto a la normativa a aplicar.

Para este cálculo, se tendrán en cuenta las características especiales de funcionamiento que presenta el generador fotovoltaico, y que son distintas a la red convencional de corriente alterna, principalmente en lo que se refiere al cortocircuito y al

modo de dejar fuera de servicio el sistema ante la presencia de un riesgo eléctrico a las personas.

Las normas aplicables a los circuitos de corriente alterna no serán del todo extrapoladas a la generación fotovoltaica.

Para el esquema de tierra de la instalación se adoptará un montaje TN, en el que la tierra de las partes activas y de las partes metálicas serán las mismas.

Teniendo en cuenta lo prescrito en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, la línea de enlace con tierra, la línea principal de tierra y el resto de conductores de protección estarán formados por cable de 50 mm<sup>2</sup> de sección.

Para el dimensionado de la instalación de puesta a tierra se ha utilizado el método de las superficies equipotenciales.

Después de haberse construido la instalación de tierra, se harán las comprobaciones y verificaciones oportunas. Estas deberán realizarse por el Director de Obra mediante un voltímetro de resistencia interna de 1000 Ohm., según se expresa en el citado reglamento.

La puesta a tierra de la instalación se hará de forma que no se alteren las condiciones de puesta a tierra de la red de la empresa distribuidora, asegurando que no se produzcan transferencias de defectos a la red de distribución.

Las masas de la instalación fotovoltaica estarán conectadas a una tierra independiente de la del neutro de la empresa distribuidora, de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, así como de las masas del resto del suministro.

La instalación dispondrá de separación galvánica entre la red de distribución de baja tensión y la instalación fotovoltaica, por medio de los inversores empleados.

El Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, así como la norma UNE 20460, determinan para el caso de corriente alterna los parámetros de protección tanto para contactos indirectos (curvas de tensión de contacto-tiempo, valor permanente de 50V para locales secos, 24 V para locales húmedos), como para contactos directos (protección

complementaria con dispositivos de corte diferencial de sensibilidad menor o igual de 30 mA).

En lo referente a corriente continua, el citado Reglamento no establece para los parámetros anteriores ningún tipo de prescripción.

En base a la norma UNE 20572, en donde se establecen los efectos de la corriente en el cuerpo humano, para corriente continua, se han obtenido, siguiendo los mismos criterios adoptados por la citada norma para corriente alterna, los siguientes valores de protección:

Tensión de contacto permanente en cc  $\leq 65$  V en locales húmedos

$\leq 120$  V en locales secos

Dispositivos de corte diferencial de sensibilidad  $\leq 100$  mA

Por tanto, la seguridad ante contactos indirectos, queda plenamente satisfecha, en base al esquema de montaje empleado.

La estructura metálica de soporte del generador fotovoltaico se conectará a tierra mediante un conductor de cobre de 50 mm<sup>2</sup>.

## 11.6 Armónicos y Compatibilidad Electromagnética

Los niveles de emisión e inmunidad cumplirán lo especificado en la Norma Básica sobre Condiciones Técnicas de Conexión para los Productores en Régimen Especial, editada por ENDESA.

Este cumplimiento lo garantiza el fabricante de los inversores. según puede observarse en el correspondiente anexo a esta memoria.

## 12. FUNCIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN

La instalación fotovoltaica generará energía eléctrica mediante el inversor, que introduce la mayor cantidad de energía recibida de los módulos fotovoltaicos. El inversor dispone de un sistema de conversión eficaz en cuanto al rendimiento y son capaces de realizar una gestión inteligente del sistema.

El funcionamiento del inversor se realiza de manera totalmente automática, tanto la parada como al puesta en marcha. Por la mañana, los inversores realizan medias de la radiación solar y de la potencia disponible en el conjunto de módulos fotovoltaicos, una vez se alcanza el nivel mínimo de funcionamiento, los inversores arrancan y empiezan a convertir energía.

Al final del día, cuando se detecta un nivel potencia menor al mínimo admisible, los inversores se paran y se desconectan, para seguir con un consumo ínfimo.

Durante el funcionamiento de los inversores, gran parte de la energía será autoconsumida por el edificio, en caso de tener excedentes de energía no consumida, ésta será inyectada a red, recibiendo el titular de la instalación el precio pactado con anterioridad en el contrato de compra – venta de energía con la empresa distribuidora.

## 13. DERECHOS Y OBLIGACIONES

### **Derechos del productor:**

- a) Conectar en paralelo su grupo o grupos generadores a la red de la compañía eléctrica suministradora.
- b) Transferir a la compañía suministradora de electricidad sus excedentes de energía siempre que técnicamente sea posible su absorción por la red, y percibir por ello el precio que reglamentariamente se determine.
- c) Alimentar parte de sus instalaciones con energía procedente de sus generadores, con independencia del suministro de la red.

d) Recibir en todo momento de la compañía eléctrica suministradora, en el caso de fallo de sus sistemas de autogeneración, tanto la energía previamente convenida como la que sea necesaria para el completo desenvolvimiento de su actividad en las condiciones y forma que reglamentariamente se establezcan.

e) Establecer con la compañía eléctrica suministradora el régimen de producción concertada y acogerse a la tarificación correspondiente.

**Obligaciones del productor:**

a) Entregar y recibir la energía en condiciones técnicas adecuadas, de forma que no se causen trastornos en el normal funcionamiento del sistema.

b) Someterse a la programación establecida en el régimen de producción concertada.

c) Abstenerse de ceder a terceros los excedentes de energía eléctrica no consumida.

## **14. PRESCRIPCIONES TÉCNICAS**

### **14.1 Procesos previos al inicio de la Instalación**

Es imprescindible la visita previa del instalador al lugar, a fin de marcar la ubicación exacta de cada elemento de la instalación y proceder al trazado de las trayectorias que seguirán los cables.

Es aconsejable que todas las partes de la instalación que puedan ser montadas en taller, como son los cuadros de mando, conexiones de diversos aparatos, e incluso acoplamiento de varios módulos en un solo panel estructural, deberán transportarse a la obra ya preparadas.

Para la realización de las obras de la instalación se deberán disponer de herramientas convencionales de instalador.

Para la establecer una buena planificación del proceso de montaje de las instalaciones fotovoltaicas se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Un diseño correcto es imprescindible y condiciona el montaje.
- Se deben utilizar siempre materiales, equipos, técnicas de montaje y terminación de calidad suficiente y probada garantía.
- Deben tenerse en cuenta en el montaje las normativas oficiales de obligado cumplimiento que sean aplicables a las instalaciones fotovoltaicas. Este es el caso del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, Normas UNE, Leyes, Reales Decretos, Ordenanzas, y otras normas de reconocida solvencia.

En la fase de preparación del montaje, deben considerarse los siguientes aspectos:

- La necesidad de situar los paneles orientados hacia el Ecuador y asegurar la ausencia de sombras.
- La facilidad de acceso para el montaje y mantenimiento de los equipos, especialmente en el caso de los paneles.
- Reducir en lo posible la distancia entre el campo fotovoltaico-inversores-interconexión, con el objeto de reducir la longitud del cableado, evitando así caídas de tensión y costes excesivos.
- Procurar estudiar un trazado del cableado que sea poco complejo, esto es, con el menor número posible de curvas y de pasos de cables a través de muros y con buena accesibilidad para el montaje.

Para fijar la situación de los paneles deben tenerse en cuenta cuatro aspectos:

- Los paneles deben orientarse, siempre que sea posible, exactamente hacia el Ecuador. Es admisible desviarlos 20º hacia el Este o el Oeste, cuando la existencia de sombras o los condicionantes del lugar obliguen a ello.
- La inclinación de los paneles será la determinada para el tipo de instalación, en nuestro caso la misma de la cubierta principal.
- La situación de las filas de paneles debe asegurar que en ningún momento se produzcan zonas con sombra en los mismos o por culpa de obstáculos cercanos a la instalación.

Un aspecto muy importante que todo instalador ha de cuidar es la seguridad de sus operarios, cumpliendo con todas las normas de seguridad que establece la Ley 31/95 y toda la normativa que deriva de esta Ley.

## **14.2 Fases del Proceso de Montaje**

1. Montaje de la estructura soporte y colocación de los paneles.
2. Conexionado de los paneles.
3. Montaje de los cuadros, protecciones, inversores, accesorios y equipos de medida.
4. Montaje de la interconexión
5. Cableado de la instalación.
6. Conexionado
7. Pruebas y verificación. Puesta en marcha.

Los tiempos requeridos para el montaje se especifican en el planning del anexo de cálculo.

## **14.3 Construcción y Montaje de Campo Fotovoltaico.**

La estructura de soporte que sujeta al panel es tan importante como el propio panel.

Los sistemas de fijación de la estructura han de tener la resistencia necesaria para poder soportar la carga del viento, que puede ser importante. Mencionadas estructuras irán sujetadas sobre la cubierta.

La forma de la estructura y los anclajes de los paneles a la misma están diseñados de forma que no haya posibilidad de retención del agua de lluvia en sobrantes o otras partes de la estructura. El anclaje es el punto más delicado y debe cuidarse la estanquidad al agua de la lluvia.

La estructura deberá conectarse eléctricamente a una toma de tierra, que se ajustará a las especificaciones del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

Los paneles se fijarán sobre la estructura utilizando las indicaciones del fabricante y los taladros del marco del panel o formas de fijación previstas por el mismo.

Durante la manipulación de los paneles fotovoltaicos, se ha de tener la máxima precaución para no deteriorar la cara interior de estos, ya que supondría la posible



destrucción de las células de silicio, implicando la disminución del rendimiento de la instalación.

El cableado de los paneles y en particular las conexiones, debe ser realizadas utilizando materiales y procedimientos de alta calidad, de forma que asegure la durabilidad y fiabilidad del sistema en intemperie.

El cableado deberá cumplir con el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. Las conexiones, cableados, equipos y mecanismos de la instalación que están montados en la instalación tendrán un grado e protección IP 535.

Para las conexiones eléctricas entre los paneles se emplearán siempre terminales. El montaje de los terminales se realizará utilizando los procedimientos y herramientas adecuadas.

Las conexiones se realizarán utilizando terminales adecuados. La caja de conexiones y el tubo de protección deben cumplir siempre un grado de protección de IP-535.

Los conductores que unen cada fila de paneles fotovoltaicos llegarán a una caja de conexiones, siempre identificando la polaridad de cada conductor.

Los conductores que unen cada hilera de paneles fotovoltaicos estarán correctamente identificados indicando la polaridad de cada uno de ellos.

De esta caja de conexiones las unimos a los cuadros eléctricos de protección del campo fotovoltaico, situados en mismo armario de protección donde situaremos los inversores, junto a las filas de módulos.

Antes de iniciar la instalación de los inversores hemos de comprobar que el interruptor automático de entrada de corriente continua y el de salida de corriente alterna están desconectados.

Una vez los inversores están fijados, se procederá a la conexión de los terminales de salida hacia la red de c.a., sin olvidar la conexión a tierra.

Se debe verificar que el interruptor automático de entrada de continua está desconectado, entonces se debe proceder a la conexión de generador fotovoltaico a los terminales de entrada de c.c., siempre respetando la polaridad. Seguidamente actuando sobre el interruptor automático, los inversores gracias a su funcionamiento automático empezarán a funcionar.

El cuadro general de la instalación estará situado en un habitáculo del edificio, desde donde se realizará la interconexión a la red.

## 15. PUESTA EN MARCHA DE LA INSTALACIÓN

Antes de la puesta en marcha de cualquier parte de la instalación se ha de comprobar mediante una inspección visual, la correcta ejecución según el proyecto.

Al acabar el montaje del campo fotovoltaico, y antes de ponerlo en marcha, se han de realizar unas comprobaciones finales, que son sencillas debido a la alta fiabilidad y de los componentes comerciales, que rara vez presentan defectos de fabricación, por lo que los fallos, las pocas veces que se producen, suelen provenir de errores de montaje.

Se ha de comprobar al mediodía de un día soleado, con el circuito abierto, la tensión en los terminales de los paneles, a la salida de cada fase.

También se ha de comprobar la buena distribución de entre fases y el equilibrio entre ellas.

## 16. MANTENIMIENTO DE LA CENTRAL FOTOVOLTAICA

El mantenimiento de la central, será:

**1. Correctivo:** reparar los equipos para que vuelvan a funcionar bajo las condiciones de servicio.

**2. Preventivo:** realizar operaciones necesarias para que el equipo se mantenga en condiciones óptimas de operación el máximo tiempo posible.

Las instalaciones fotovoltaicas tienen dos partes claramente diferenciadas:

- El conjunto de los paneles y inversores, que transforman la radiación solar en energía eléctrica, constituyendo en definitiva una planta de potencia de generación eléctrica.
- El conjunto de equipos de la interconexión y protección, que permiten que la energía alterna tenga las características adecuadas según las normativas vigentes, y la protección de las personas y las instalaciones.

El mantenimiento de los equipos electrónicos viene especificado por el fabricante.

En el planteamiento del servicio de mantenimiento de las instalaciones el instalador debe considerar los siguientes puntos:

- Las operaciones necesarias de mantenimiento.
- Las operaciones a realizar por el servicio técnico y las que han de realizar el encargado de la instalación.
- La periodicidad de las operaciones de mantenimiento.
- El contrato de mantenimiento y la garantía de los equipos.

En esta dirección conviene hacer algunas puntualizaciones de carácter general:

- Las operaciones de mantenimiento, pueden ser de dos tipos muy diferenciados; por un lado tenemos la revisión del estado de operatividad de los equipos, conexiones y cableado, incluyendo aspectos mecánicos, eléctricos y de limpieza; y por otro, el control y calibración de los inversores.
- El mantenimiento de las instalaciones fotovoltaicas, no es especialmente conflictivo.
- Hace falta diferenciar con claridad entre el contrato de mantenimiento y la garantía. El primero se ha de establecer desde un principio, junto con la garantía, que ha de incluir

únicamente la reposición de los equipos averiados durante un período de vigencia, pero no las operaciones usuales de mantenimiento que han de correr a cuenta equipo de la instalación.

- El período de mantenimiento preventivo ha de estar coordinado según los componentes.
- Los procedimientos de mantenimiento, y la frecuencia de estos serán reflejados en el libro de mantenimiento de la instalación.

Los paneles fotovoltaicos requieren muy poco mantenimiento, por su propia configuración, carente de partes móviles y con el circuito interior de las células y las soldaduras de conexión muy protegidas del ambiente exterior por capas de material protector.

El mantenimiento abarca los siguientes procesos:

- **Limpieza periódica de los paneles.** La suciedad acumulada sobre la cubierta transparente del panel reduce el rendimiento del mismo y puede producir efectos de inversión similares a los producidos por las sombras. El problema puede llegar a ser serio en el caso de los residuos industriales y los procedentes de las aves. La intensidad del efecto depende de la opacidad del residuo. Las capas de polvo que reducen la intensidad del sol de forma uniforme no son peligrosas y la reducción de la potencia no suele ser significativa. La periodicidad del proceso de limpieza depende, lógicamente, de la intensidad del proceso de ensuciamiento. En el caso de los depósitos procedentes de las aves conviene evitarlos instalando pequeñas antenas elásticas en la parte alta del panel, que impida a éstas que se posen.

La acción de la lluvia puede en muchos casos reducir al mínimo o eliminar la necesidad de la limpieza de los paneles.

La operación de limpieza debe ser realizada en general por el personal encargado del mantenimiento de la instalación, y consiste simplemente en el lavado de los paneles con agua y algún detergente no abrasivo, procurando evitar que el agua no se acumule sobre el panel. No es aceptable en ningún caso utilizar mangueras a presión.

▪ **La inspección visual del panel** tiene por objeto detectar posibles fallos, concretamente:

- ✓ Posible rotura del cristal: normalmente se produce por acciones externas y rara vez por fatiga térmica inducida por errores de montaje.
- ✓ Oxidaciones de los circuitos y soldaduras de las células fotovoltaicas: normalmente son debidas a entrada de humedad en el panel por fallo o rotura de las capas de encapsulado.

▪ **Control del estado de las conexiones eléctricas y del cableado.** Se procederá a efectuar las siguientes operaciones:

- ✓ Comprobación del apriete y estado de los terminales de los cables de conexionado de los paneles.
- ✓ Comprobación de la estanquidad de la caja de terminales o del estado de los capuchones de protección de los terminales. En el caso de observarse fallos de estanquidad, se procederá a la sustitución de los elementos afectados y a la limpieza de los terminales. Es importante cuidar el sellado de la caja de terminales, utilizando según el caso, juntas nuevas o un sellado de silicona.

▪ **El mantenimiento del sistema de regulación y control** difiere especialmente de las operaciones normales en equipos electrónicos. Las averías son poco frecuentes y la simplicidad de los equipos reduce el mantenimiento a las siguientes operaciones:

- ✓ Observación visual del estado y funcionamiento del equipo. La observación visual permite detectar generalmente su mal funcionamiento, ya que éste se traduce en un comportamiento muy anormal: frecuentes actuaciones del equipo, avisadores, luces, etc. En la inspección se debe comprobar también las posibles corrosiones y aprietes de bornas.
- ✓ Comprobación del conexionado y cableado de los equipos. Se procederá de forma similar que en los paneles, revisando todas las conexiones y juntas de los equipos.
- ✓ Comprobación del tarado de la tensión de ajuste a la temperatura ambiente, que las indicaciones sean correctas.
- ✓ Toma de valores: Registro de los amperios-hora generados y consumidos en la instalación, horas de trabajo, etc.

▪ **El mantenimiento de las puestas a tierra:** cuando se utiliza un método de protección que incluye la puesta a tierra, se ha de tener en cuenta que el valor de la resistencia de tierra, varía durante el año. Esta variación es debida a la destrucción corrosiva de los electrodos, aumento de la resistividad del terreno, aflojamiento, corrosión, polvo, etc. a las uniones de las líneas de tierra, rotura de la líneas de tierra.

Estas variaciones de la resistencia condicionan el control de la instalación para asegurar que el sistema de protección permanezca dentro de los límites de seguridad.

El programa de mantenimiento se basa en:

- Revisiones generales periódicas para poner de manifiesto los posibles defectos que existan en la instalación.
- Eliminación de los posibles defectos que aparezcan.

Las revisiones generales, es conveniente efectuarlas una vez al año, preferiblemente durante la época del año más seca y consiste en realizar las siguientes medidas:

- Medir la resistencia de tierra, realizándose en el punto de puesta a tierra.
- Medir la resistencia de cada electrodo, desconectándolo previamente de la línea de enlace a tierra.
- Medir desde todas las carcasas metálicas la resistencia total que ofrecen, tanto las líneas de tierra como la toma de tierra.

El conjunto de estas tres mediciones, nos permitirá el conocimiento de la eficacia global de la puesta a tierra, estado de los electrodos y el estado de conservación de las líneas de tierra (al comparar el resultado de medir la toma de tierra, y la toma de tierra incluyendo las líneas de tierra).

La eliminación de los posibles defectos se puede conseguir en:

- a) Reparación de cables y uniones afectadas.

b) Limpieza y apriete de uniones.

c) Regar la puesta de tierra, cuando el defecto sea debido a un aumento de la resistencia del terreno.

▪ **Mantenimiento de los equipos de protección:** la comprobación de todos los relés ha de efectuarse cuando se proceda a la revisión de toda la instalación, siguiendo todas las especificaciones de los fabricantes de estos.

## 17. AVERÍAS

La reparación de averías y las operaciones de mantenimiento están estrechamente relacionadas.

Al plantearse el servicio de reparación de averías el instalador debe tener en cuenta los siguientes puntos:

*1. Al evaluar una avería podemos enfrentarnos a varias situaciones:*

- La avería ha producido el paro total de la instalación y debe ser reparada de inmediato.
- La avería corresponde al mal funcionamiento de un componente que reduce el rendimiento del sistema, sin implicar problemas ulteriores, debiéndose en este caso valorar la urgencia del cambio.
- La avería corresponde a un mal funcionamiento de un componente, produciendo un reducción inaceptable del rendimiento, o un peligro de alteraciones y rápidas consecuencias sobre el sistema que obligan a su cambio o reparación inmediata.
- Se detectan degradaciones de un componente que aconsejan sus sustitución, aunque no haya aparecido todavía el fallo, para evitar posteriores consecuencias.

2. En la mayoría de los casos es más económico substituir los equipos averiados por otros y repararlos en el taller. Esta forma de proceder se incluye en la norma general que aconseja realizar en campo sólo las operaciones estrictamente necesarias.

3. Un diagnóstico profundo de las causas de una avería suele, frecuentemente, requerir un conocimiento especializado de los equipos. Sin embargo, la mayoría de las averías son características pudiéndose especificar el proceso de detección y reparación de las mismas, de forma que sin requerir conocimientos altamente especializados, el operario pueda proceder a la reparación. Los equipos averiados pueden repararse en taller por personal más cualificado. Los casos de averías detectados en los paneles fotovoltaicos y su conexionado son:

- Rotura del vidrio de los paneles: la rotura del vidrio se produce usualmente por acciones desde el exterior, como son golpes, pedradas, etc., y rara vez por fatiga térmica debido a problemas de montaje del cristal. También se han detectado algunos casos de rotura en el transporte a obra.

- La penetración del agua en el interior del panel y, consecuentemente oxidación del circuito interior de las células y soldaduras de conexión: es relativamente poco frecuente, pero puede producirse por golpes externos, degradación del material encapsulante o defectos de fabricación. Cuando penetra humedad hasta el circuito de las células y sus conexiones, aparecen corrosiones que reducen e incluso rompen el contacto eléctrico de los electrodos con el material de las células, impidiendo la recogida de electrones y haciendo inútil de esta forma el panel.

Debe indicarse que, como este fallo es total, cuando en una revisión se detectan degradaciones serias en el panel es preferible su sustitución, evitando de esta forma los costes de una próxima y segura visita.

- Fallos en el conexionado y entrada de agua en la caja de bornas del panel: la presencia de agua en los contactos produce caídas de tensión en el circuito y, consecuentemente, reducción de la potencia generada.



La reparación consiste en la limpieza de los terminales o bornas de conexión, y el cambio de la junta de la caja de conexiones o de los capuchones de goma de los terminales.

- Ensuciamientos o sombras parciales, generan averías de las células: esta situación debe remediarse eliminando la causa de las sombras.
- Defectos de fabricación: son muy escasos debido al control de calidad de los fabricantes.

Existen otros tipos de averías, como pueden ser los daños debidos al impacto directo del rayo, las cuales son muy poco frecuentes. No así las causadas por los altos voltajes instantáneos inducidos en diversas partes metálicas debidas a las tormentas eléctricas.

A modo de resumen, para ayudar a la identificación y resolución de averías, se ofrece a continuación una serie de cuadros que describen las anomalías más frecuentes. Dichos cuadros deben considerarse como una guía rápida, sin pretender abarcar exhaustivamente todos los posibles casos de mal funcionamiento de una instalación.

**AVERÍAS DEL SUBSISTEMA DE PANELES:**

<b>Síntoma</b>	<b>Causa</b>	<b>Efecto</b>	<b>Solución</b>
No hay producción de corriente	Contactos sueltos o defectuosos	No llega corriente del circuito de paneles	Cerrar y reparar uniones
	Interruptores, fusibles o desconectores en posición off		Cerrar interruptores o reemplazar fusibles
	Cableado roto o corroido		Reparar el cableado y sustituir cables defectuosos
Los paneles producen poca intensidad de	Sombras	Poca intensidad en la corriente procedente del	Eliminar la causa de la sombra o instalar diodos de 'by-pass'

corriente		circuito de paneles	adicionales
	Interconexión de módulos defectuosos		Reparar las conexiones
	Diodos defectuosos		Sustituir
	Algún módulo defectuoso		Sustituir
	Poca intensidad radiante		Esperar hasta que haya un día soleado
	Mucha suciedad en los módulos		Lavar
	Orientación o inclinación de los paneles incorrectas		Variar los ángulos de inclinación u orientación
El voltaje producido por los paneles es bajo	Algún módulo conectado en serie falla	Poca tensión en el circuito de paneles	Localizar y sustituir el módulo defectuoso
	Diodos de 'by-pass' falla		Sustituir
	Cableado del circuito de paneles demasiado largo o de sección demasiado pequeña		Utilizar cables con una relación longitud – sección apropiada

AVERÍAS DE LOS INVERSORES:

Síntoma	Causa	Efecto	Solución
No hay tensión de salida	Avería en el subsistema de paneles	No llega tensión a a la entrada del	Localizar y reparar avería

		inversor	
	Sobretensión a ala entrada	Fusible off	Determinar la causa de la sobretensión y reemplazar el fusible
	Interruptores en off	Circuito abierto	Repasar interruptores
	Cableado roto o uniones defectuosas	Circuito abierto	Repasar el cableado y las uniones
	El desconectador por bajo voltaje se ha activado	No permite que llegue tensión a la entrada	Determinar la causa de activación
	El desconectador por voltaje alto se ha activado	No permite que llegue tensión a la entrada	Determinar la causa de activación y ajustar el voltaje
Revisar el funcionamiento			
Comprobar que el voltaje producido no excede del límite que acepta el inversor			
los motores se calientan	La onda es cuadrada	La energía de los armónicos se transforma en calor	Utilizar inversores cuasisenoidales o motores de corriente continua
Los motores operan a velocidades inadecuadas	Inversor no provisto de controlador de frecuencia	La corriente alterna producida varía su frecuencia en función del voltaje de entrada	Sustituir el inversor por uno que incorpore control de frecuencia
El desconectador	La carga o las puntas	Intensidad de	Reducir la carga o

automático por exceso de carga del inversor se dispara constantemente (overload)	de consumo son demasiado altas	entrada excesiva	aumentar la potencia del inversor
El inversor no regresa al modo standby cuando no hay consumo	Existen cargas conectadas	El inversor siente que existe una carga	Desconectar todas las cargas
	El umbral de detección de carga está regulado a un valor demasiado bajo	El inversor cree que existe carga	Ajustar el valor de detección automática algo más alto
El inversor no detecta pequeñas cargas	El umbral de detección de la carga está regulado a un valor demasiado alto	El inversor cree que no existe carga	Ajustar el valor de detección automática algo más bajo
El inversor detecta pequeñas cargas pero se conecta y desconecta alternativamente	La intensidad de la corriente que demanda la carga de consumo oscila alrededor del umbral de detección	Cuando la corriente es demasiado pequeña, el inversor cree que no existe carga	Conectar otra carga adicional al mismo tiempo que la carga que produce el problema

**AVERÍAS EN CABLEADO Y MECANISMOS DE CORTE:**

<b>Síntoma</b>	<b>Causa</b>	<b>Efecto</b>	<b>Solución</b>
Las cargas (aparatos de consumo) no funcionan en absoluto	Interruptores en posición off, o montados incorrectamente	Circuito de consumo abierto	Revisar interruptores conexiones
	Desconectores	Circuito de	Revisar

	automáticos o fusibles abiertos	consumo abierto	desconectores y fusibles
	Fallo en la propia carga	Circuito de consumo abierto	Comprobar el aparato
Las cargas (aparatos de consumo) no funcionan correctamente	Cableado demasiado largo en relación a su sección	Demasiada caída de tensión	Medir tensiones y aumentar sección de los cables si fuese necesario
	Defectos en la toma de tierra	Fuga de corriente	Revisar circuito
	Defectos diversos en el cableado o en las conexiones	Alta resistencia, poca corriente	Revisar cableado y conexiones
	Cortocircuito en el cableado o conexiones	No llega corriente suficiente a los aparatos de consumo	Revisar circuito
	Polaridad invertida	El voltaje que recibe la carga es inverso al de funcionamiento	Comprobar polaridad
	Demasiadas cargas simultáneamente conectadas	La tensión o la corriente resulta insuficiente para algunos aparatos	Desconectar cargas

## 18. CONEXIÓN DE LA INSTALACIÓN

La conexión se situaría entre el contador de la instalación de consumo y la CGMP, sustituyendo éste por un contador bidireccional que registre los flujos de energía con la compañía distribuidora, cumpliendo con los requisitos exigidos por el Real Decreto

1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.

## **19. IMPACTO AMBIENTAL DE UNA ENERGÍA LIMPIA**

Una de las cualidades de una instalación fotovoltaica con conexión eléctrica a la red, son la su sencillez y simplicidad. Es por eso que constituye una apuesta de futuro desde el punto de vista energético para el uso de forma masiva.

La energía solar constituye una fuente inagotable de abastecimiento, evitando los efectos del uso directo de combustibles (contaminación atmosférica y residuos) y los derivados de su extracción (excavaciones, minas, canteras, lavaderos...). La energía solar surgió en la década de los setenta como una técnica experimental, pero hoy día es una técnica comercial totalmente desarrollada y probada.

La energía solar contribuye a la reducción de las emisiones de gases invernadero; no requiere ningún tipo de combustión, por lo que no se produce polución térmica ni emisiones de CO<sub>2</sub> que favorezca el efecto invernadero. Se estima que cada kWh producido evita la emisión a la atmósfera de aproximadamente 0,52 kg de CO<sub>2</sub>.

Las células fotovoltaicas se fabrican con silicio, a partir de la arena, elemento muy abundante en la naturaleza, y del que no se requieren grandes cantidades. No se producen daños ni erosiones en el suelo ni en las aguas superficiales o subterráneas, al no producirse contaminantes, ni vertidos ni movimientos de tierras. Constituyen sistemas silenciosos, frente a los generadores con motor de las viviendas aisladas.

De los datos suministrados en el párrafo anterior y sabiendo que la producción anual de la central será de 30.841 kWh, podemos determinar que la disminución anual de emisiones de CO<sub>2</sub> es aproximadamente 16.000 kg.

Estos valores dan una idea de la posibilidad de reducción de emisiones en la totalidad del mundo si se utilizara más la energía solar, ya que se podrían ahorrar toneladas de emisiones a la atmósfera.

## II. BIBLIOGRAFÍA

- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, IDAE, (2007).
- Reglamento de Baja Tensión
- Green Energy Consultoría y Servicios SRL, Manual de instalaciones FV (2010)
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, IDAE, (2007). Guía técnica de instalaciones de biomasa térmica en edificios.
- Agencia Andaluza de la Energía. Guía para instalaciones fotovoltaicas conectadas a red en Andalucía
- [www.sunpowercorp.es/](http://www.sunpowercorp.es/)

### III. ANEXO MEMORIA

#### 20. DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

Características de los equipos utilizados:

Los módulos fotovoltaicos se han situado en el tejado del edificio orientados al Sur con la inclinación de la propia cubierta de 20°.

Se han instalado módulos fotovoltaicos SPR-318-E-WHT-D de Sunpower.

Se han instalado 8 módulos en serie por 4 string a cada uno de los 2 inversores de la instalación. Dando un total de 64 módulos, 32 a cada inversor. Las características técnicas de estos módulos se definen en la tabla adjunta:

CARACTERISTICAS ELÉCTRICAS DEL PANEL	
Potencia máxima (Pmax) W	318
Tensión para máxima potencia (Vmp) V	54.7
Corriente para máxima potencia (Imp) A	5.82
Tensión en circuito abierto (Voc) V	64.7
Corriente de circuito abierto (Isc) A	6.20
<b>Voltaje máximo de potencia (Vdc)</b>	<b>1000</b>
Coeficiente de temperatura de Pmáx (%/°C)	-0.38
Voc (mV/°C)	-176.6
Isc (mA/°C)	3.5



De los siguientes cálculos obtendremos el diseño de la instalación fotovoltaica:

## 6. CALCULO JUSTIFICATIVO DE CONFIGURACION DE CAMPOS

### DATOS DE PARTIDA DEL INVERSOR:

FABRICANTE:	SUNPOWER	
MODELO:	SPR 10001F	
RANGO TENSIÓN MPP CC	230	500 V
V MAX ENTRADA:	600 V	
I MAX ENTRADA:	45,78 A	

### DATOS DE PARTIDA DEL MÓDULO FOTOVOLTAICO:

FABRICANTE:	SUNPOWER	
MODELO:	SPR-318-WHT-D	
P MAX CC:	Pmpp	318 W
TENSIÓN PTO MAX P	Vmpp	54,7 V
CORRIENTE PTO MAX P	Impp	5,82 A
TENSIÓN CIRCUITO ABIERTO	Voc	64,7 V
CORRIENTE CORTOCIRCUITO	Isc	6,2 A
COEFICIENTES DE Tª	Voc	-0,1766 V/°K
	Isc	0,0035 A/°K
	P	-0,0038 %/°K

### DETERMINACIÓN DE LA MATRIZ DE CAMPO

Nº MÁX DE FILAS (CONEXIONES EN PARALELO)		
Imax. Inver./ Isc, (70°C) módulo	7,20	~7
Nº MÁX. Y MÍN. DE CONEXIONES EN SERIE		
Máximo: V max. Inver./Voc (-1,5°C)	8,65	~8
Mínimo: V mín.pmp. Inver./Vmpp (70°C)	4,92	~5

**Configuración elegida:**

Sabiendo que la Intensidad máxima de entrada del inversor es	45,78 A
Determinamos una configuración de:	
8 módulos en serie por	4 módulos en paralelo

**VERIFICACIÓN DE RESULTADOS:**

nº total de modulos por cada entrada	32 módulos		
Vmax módulos	475,0392 V		
Vmin módulos	374,02 V		
Voc	555,0392 V	Menor de	600 V
Imax	23,28 A	Menor de	45,78 A
Pmax	10176 W		

**Descripción del comportamiento del campo a distintas temperaturas**

Temperatura	MODULO	CAMPO	MODULO	CAMPO	MODULO	CAMPO	MODULO	CAMPO
en °C	25		-1,5		50		70	
Voc	64,70	517,60	69,38	555,04	60,29	482,28	56,75	454,02
Vmpp	54,70	437,6	59,38	475,04	50,29	402,28	46,75	374,02
Imp	5,82	23,28	5,73	22,91	5,91	23,63	5,98	23,91
Isc	6,20	24,80	6,11	24,43	6,29	25,15	6,36	25,43
Potencia	318,00	10176	318,10	10179,22	317,91	10172,96	317,83	10170,53

Pot. máx. con 2 inversore	=	20358,44 Wp
---------------------------	---	-------------

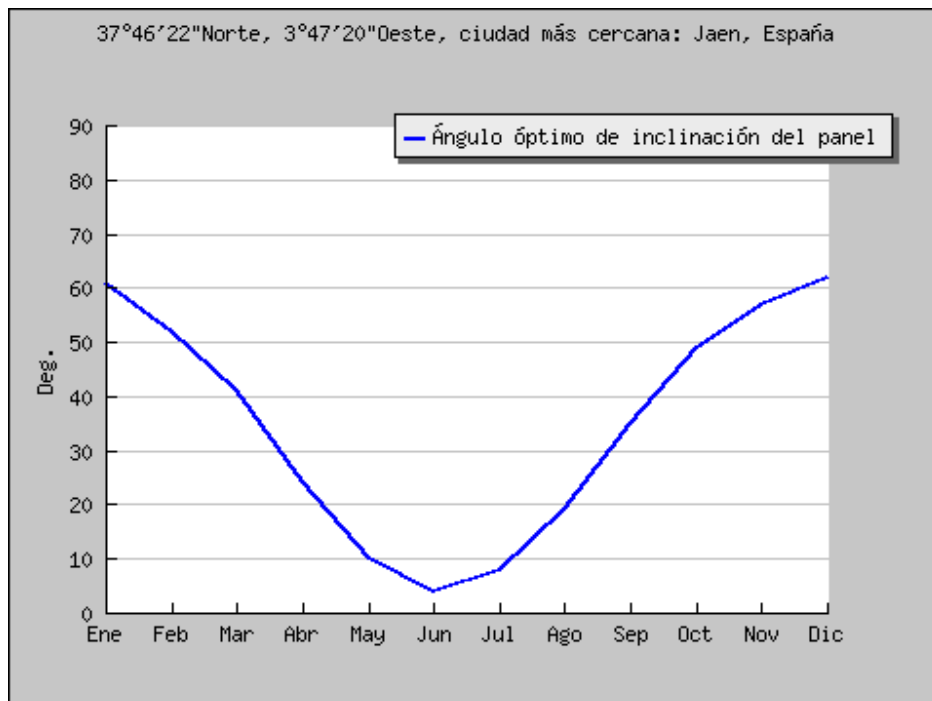
Como vemos a -5 y 80°C la tensión de campo está dentro de los rangos de tensión del inversor y la intensidad de campo no supera los 23 A de intensidad de entrada al inversor.

## 21. ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN

Al no utilizar ningún tipo de seguimiento solar, los paneles se montarán fijos y con una orientación de  $\pm 15^\circ$  Sur, por esta razón se han de situar de manera que mantengan un aprovechamiento máximo de la radiación solar disponible durante todo el año.

La inclinación óptima para que un colector aproveche la máxima cantidad de energía contenida en la radiación solar, se consigue cuando los paneles están situados en posición perpendicular a los rayos solares. Para conseguir esto, la posición de los paneles tendría que ir variando conforme al movimiento del sol, en sentido horizontal y vertical, y para ello se podría disponer de un sistema de seguimiento solar; pero en una instalación sobre cubierta resulta caro y costoso.

Con la intención de conseguir una **captación de energía más o menos constante a lo largo del año**, la inclinación adecuada para nuestros paneles será la inclinación media anual que es de  $33^\circ$ , como vemos en la siguiente tabla extraída del programa PVGIS.



**Fuente:** PVGIS

Para nuestro caso vamos a situar las placas sobre estructura fija aprovechando la inclinación de la cubierta que es de 20° aproximadamente. Con la intención de conseguir una captación de energía más o menos constante a lo largo del año.

## **22. SOMBRAS Y DISTANCIA ENTRE PANELES**

En el día más desfavorable del período de utilización el equipo no ha de tener más del 5% de la superficie útil de captación cubierta por sombras. Resultaría inoperante si el 20% de la superficie de captación estuviese sombreada.

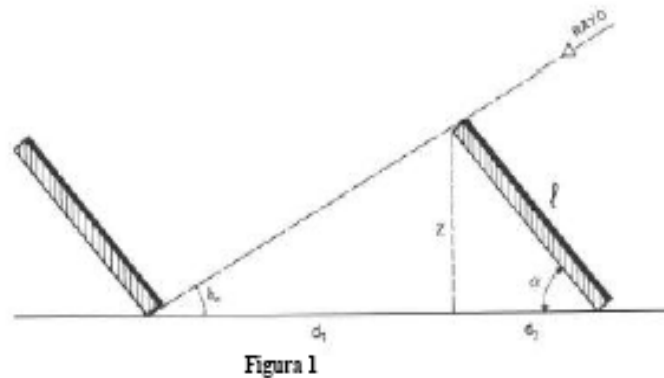
La determinación de sombras proyectadas sobre colectores por parte de obstáculos próximos se efectúa en la práctica observando el entorno desde el punto medio de la arista inferior del colector, tomando como referencia la línea Norte-Sur. Haciendo un barrido a ambos lados de la línea N-S no han de verse obstáculos frente al colector o campo de colectores.

Para evitar las posibles sombras que puedan aparecer entre paneles, tendremos que instalarlos a una distancia mínima que nos asegure imposibilidad de proyección de sombras entre estos.

La separación entre líneas de colectores se establece de tal forma que al mediodía solar del día más desfavorable (altura solar mínima) del período de utilización, la sombra de la arista superior de una fila ha de proyectarse, como máximo, sobre la arista inferior de la fila siguiente.

En instalaciones que se utilicen todo el año, el día más desfavorable corresponde al 21 de diciembre. En este día la altura solar es mínima y al mediodía solar tiene el valor siguiente: (ver figura 1)

$$h_o = (90 - \text{latitud del lugar}) - 23.5^\circ$$



De la anterior figura deducimos:

$$d = d_1 + d_2 = z / \tan h_o + z / \tan \alpha = l \sin \alpha / \tan h_o + l \sin \alpha / \tan \alpha$$

Por tanto la fórmula de la distancia mínima entre hileras de colectores queda así:

$$d = l (\sin \alpha / \tan h_o + \cos \alpha)$$

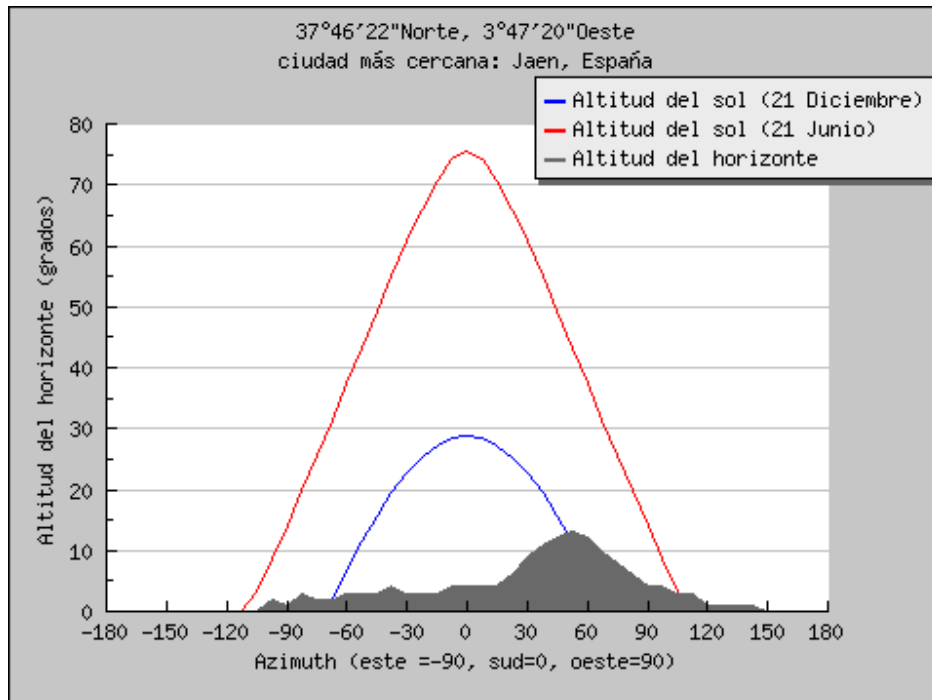
En nuestro caso será:

- Latitud del lugar: en nuestro caso, la latitud de Jaén es de  $37,77^\circ$ .
- Altura solar al mediodía del mes más desfavorable (invierno):

$$h_o = (90^\circ - \text{Latitud del lugar}) - 23,5^\circ = 28,73$$

Aunque en nuestro caso, salvo cambio en Dirección de Obra, entre paneles no tendremos problema de sombras puesto que se van a instalar en el mismo plano.

La altitud solar la podemos ver en la siguiente gráfica:



**Fuente:** PVGIS

· Longitud de la placa solar: 1,570 m. Anchura: 0,798 m. Al posicionarse en horizontal, consideraremos la longitud de 0,798 m.

· Inclinación de los paneles: en nuestro caso 35°.

$$d = 0,798 (\sin 35^\circ / \tan 28,73^\circ + \cos 35^\circ) = 1,49 \text{ m.}$$

Siendo:

l - longitud de la placa.

$\alpha$  - inclinación de la placa.

ho - altura solar en invierno al mediodía

## 23. INSOLACIÓN MEDIA DEL LUGAR

Tomando como datos las tablas del programa PVGIS, podemos extraer que en la zona donde se instalarán las placas fotovoltaicas, con una inclinación de 20° y una orientación sur, obtenemos una irradiación anual de 1924 kWh./m<sup>2</sup>.

Este valor se obtiene de la energía en kWh que incide sobre un metro cuadrado de superficie horizontal en un día medio de cada mes en el plano FV de Jaén:

<b>Irradiación (en el plano FV)</b> <b>Inclinación.=20°, Orientación.=0°</b>		
<b>Mes</b>	<b>Irradiación mensual (kWh./m<sup>2</sup>)</b>	<b>Irradiación diaria (kWh./m<sup>2</sup>)</b>
Ene	108	3.5
Feb	114	4.1
Mar	171	5.5
Abr	174	5.8
May	209	6.7
Jun	214	7.1
Jul	223	7.2
Ago	207	6.7
Sep	173	5.8
Oct	148	4.8
Nov	101	3.4
Dic	94	3.0
<b>Media anual</b>	<b>161</b>	<b>5.3</b>
Irradiación total anual (Kwh./m <sup>2</sup> )	<b>1934</b>	
<b>Irradiación (en el plano FV)</b> <b>Inclinación.=35°, Orientación.=0°</b>		

**Fuente:** PVGIS

La producción eléctrica estimada es:

<b>Producción de electricidad FV por:</b> <b>Potencia nominal = 20.0 kWn</b> <b>Pérdidas del sistema = 15.0%</b>		
<b>Inclinación = 20°, Orientación = 0°</b>		
<b>Mes</b>	<b>Producción mensual (kWh)</b>	<b>Producción diaria (kWh)</b>
Ene	1810	58
Feb	1897	68
Mar	2786	90
Abr	2802	93
May	3307	107
Jun	3309	110
Jul	3418	110
Ago	3184	103
Sep	2721	91
Oct	2373	77
Nov	1666	56
Dic	1567	51
<b>Media anual</b>	<b>2570</b>	<b>84</b>
Producción total anual (Kwh.)	<b>30841</b>	

**Fuente:** PVGIS

## **24. TABLA RESUMEN DE PARAMETROS BÁSICOS DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA:**

<b>INCLINACIÓN</b>	<b>20°</b>
<b>ORIENTACIÓN</b>	<b>SUR</b>
<b>IRADIACIÓN ANUAL</b>	<b>1934 kWh /m<sup>2</sup></b>
<b>POTENCIA DEL CAMPO FV</b>	<b>20358,44 Wp</b>
<b>ENERGÍA MEDIA ANUAL GENERADA</b>	<b>30841 kWh</b>



## 25. CÁLCULO DE SECCIONES:

Para dimensionar las secciones de los conductores utilizaremos las fórmulas de la Figura siguiente.

CLASE DE CORRIENTE	SECCION	CAIDA DE TENSION
CONTINUA Y ALTERNA MONOFASICA  (para cc $\cos \varphi=1$ )	CONOCIDA LA INTENSIDAD	
	$s = (2 L I \cos \varphi) / (\gamma e)$	$e = (2 L I \cos \varphi) / (\gamma s)$
	CONOCIDA LA POTENCIA	
	$s = (2 P L) / (\gamma e V)$	$e = (2 P L) / (\gamma s V)$
TRIFASICA	CONOCIDA LA INTENSIDAD	
	$s = (\sqrt{3} L I \cos \varphi) / (\gamma e)$	$e = (\sqrt{3} L I \cos \varphi) / (\gamma s)$
	CONOCIDA LA POTENCIA	
	$s = (P L) / (\gamma e V)$	$e = (P L) / (\gamma s V)$

$$I = P / (\sqrt{3} \times V \times \cos \varphi)$$

$$I = P / (V \times \cos \varphi)$$

$$I = P / V$$

(líneas trifásicas)

(líneas monofásicas en c.a.)

(líneas monofásicas en c.c.)

I: intensidad en Amperios.

P: potencia en watios.

V: tensión en Voltios.

Cos  $\varphi$ : factor de potencia

L: longitud en metros.

s: sección en  $\text{mm}^2$ .

$\gamma$ : conductividad del cobre 58.

e: caída de tensión.

D: diámetro en mm.

La sección de los cables debe ser tal que las máximas caídas de tensión comparadas con la tensión a la que estén trabajando estén por debajo de los límites especificados en la siguiente tabla:

De módulos a inversores	< 1 %
De inversores a Cuadro de Alterna	< 1 %

Las sección de módulos a inversores es de 6 mm<sup>2</sup>, de inversores a Cuadro de Alterna de 10 mm<sup>2</sup> y de Cuadro de Alterna a CGP y Medida 16 mm<sup>2</sup>.

Las distancias entre los módulos fotovoltaicos, inversores 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.

## 26. PROTECCIONES:

En el caso de que se dispongan fusibles en la parte de corriente continua de la instalación fotovoltaica, el calibre de éstos será tal que permita el funcionamiento normal de la instalación para la intensidad máxima de funcionamiento de la línea. Por tanto, se utilizarán fusibles cuyo calibre sea el comercialmente disponible inmediatamente superior a la intensidad máxima de la línea. Se debe tener en cuenta que la intensidad de cortocircuito de un módulo fotovoltaico es sólo entre un 10-20 % superior a la intensidad máxima, por lo que el calibre de los fusibles no debe ser superior a la intensidad de cortocircuito del generador.

Para dimensionar los interruptores magnetotérmicos y el interruptor diferencial de la instalación se seguirá el mismo criterio, calculándose la corriente máxima que circulará por la línea de alterna, y utilizando el comercialmente disponible de calibre superior.

## **IV. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD**

### **1. DEFINICION**

Conjunto de trabajos de construcción relativos a acopios, premontaje, transporte, montaje, puesta en obra y ajuste de elementos para la conducción de energía eléctrica de baja tensión, destinada a cubrir las necesidades de este fluido cuando la construcción esté en servicio.

### **2. RECURSOS CONSIDERADOS**

#### 2.1. Materiales

- ✓ Cables, mangueras eléctricas y accesorios.
- ✓ Tubos de conducción (corrugados, rígidos, etc.).
- ✓ Cajetines, regletas, anclajes, prensacables.
- ✓ Bandejas, soportes.
- ✓ Grapas, abrazaderas y tornillería.
- ✓ Siliconas, Cementos químicos.

#### 2.2. Herramientas

##### 2.2.1. Eléctricas portátiles

- ✓ Esmeriladora radial.
- ✓ Taladradora.
- ✓ Multímetro.
- ✓ Chequeador portátil de la instalación.

##### 2.2.2. Herramientas de mano

- ✓ Cuchilla.
- ✓ Tijeras.

- ✓ Destornilladores, martillos.
- ✓ Pelacables.
- ✓ Cizalla cortacables.
- ✓ Sierra de arco para metales.
- ✓ Caja completa de herramientas dieléctricas homologadas.
- ✓ Regles, escuadras, nivel.

### 2.3. Medios auxiliares

- ✓ Andamios de estructura tubular móvil.
- ✓ Andamio de caballete.
- ✓ Banqueta aislante.
- ✓ Alfombra aislante
- ✓ Lona aislante de apantallamiento
- ✓ Puntales, caballetes, cuerdas.
- ✓ Escaleras de mano.
- ✓ Cestas.
- ✓ Señales de seguridad, vallas y balizas de advertencia e indicación de riesgos.
- ✓ Letreros de advertencia a terceros.

## **3. IDENTIFICACION DE LOS DISTINTOS RIESGOS LABORABLES INEVITABLES MÁS FRECUENTES Y MEDIDAS PREVENTIVAS A ADOPTAR.**

### 3.1.- Identificación de los riesgos

- ✓ Caída al mismo nivel.
- ✓ Caída a distinto nivel.
- ✓ Caída de objetos.
- ✓ Afecciones en la piel.
- ✓ Contactos eléctricos directos e indirectos.

- ✓ Caída ó colapso de andamios y escaleras.
- ✓ Contaminación acústica.
- ✓ Lumbalgia por sobreesfuerzo.
- ✓ Lesiones en manos.
- ✓ Lesiones en pies.
- ✓ Quemaduras por partículas incandescentes.
- ✓ Quemaduras por contacto con objetos calientes.
- ✓ Choques o golpes contra objetos.
- ✓ Cortes o pinchazos con herramientas y guías
- ✓ Cuerpos extraños en los ojos.
- ✓ Incendio.
- ✓ Explosión.

### 3.2.- Medidas preventivas a adoptar.

3.2.1.- Sistemas de protección colectiva y condiciones preventivas que debe reunir el centro de trabajo

#### 3.2.1.1. Banqueta y/o alfombra aislante

Superficie de trabajo aislante para la realización de trabajos puntuales de trabajos en las inmediaciones de zonas en tensión.

Antes de su utilización, es necesario asegurarse de su estado de utilización y vigencia de homologación.

La banqueta deberá estar asentada sobre superficie despejada, limpia y sin restos de materiales conductores. La plataforma de la banqueta estará suficientemente alejada de las partes de la instalación puesta a tierra.

Es necesario situarse en el centro de la superficie aislante y evitar todo contacto con las masas metálicas.

En determinadas circunstancias en las que existe la unión equipotencial entre las masas, no será obligatorio el empleo de la banqueta aislante si el operador se sitúa sobre

una superficie equipotencial, unida a las masas metálicas y al órgano de mando manual de los seccionadores, y si lleva guantes aislantes para la ejecución de las maniobras.

Si el emplazamiento de maniobra eléctrica, no está materializado por una plataforma metálica unida a la masa, la existencia de la superficie equipotencial debe estar señalizada.

#### 3.2.1.2. Verificadores de ausencia de tensión

Los dispositivos de verificación de ausencia de tensión, deben estar adaptados a la tensión de las instalaciones en las que van a ser utilizados.

Deben ser respetadas las especificaciones y formas de empleo propias de este material.

Se debe verificar, antes de su empleo, que el material esté en buen estado. Se debe verificar, antes y después de su uso, que la cabeza detectora funcione normalmente.

Para la utilización de éstos aparatos es obligatorio el uso de los guantes aislantes. El empleo de la banqueta o alfombra aislante es recomendable siempre que sea posible.

#### 3.2.1.3. Pértigas aislantes de maniobra

Estas pértigas deben tener un aislamiento apropiado a la tensión de servicio de la instalación en la que van a ser utilizadas.

Cada vez que se emplee una pértiga debe verificarse que no haya ningún defecto en su aspecto exterior y que no esté húmeda ni sucia. Si la pértiga lleva un aislador, debe comprobarse que esté limpio y sin fisuras o grietas.

#### 3.2.1.4. Dispositivos temporales de puesta a tierra y en cortocircuito

La puesta a tierra y en cortocircuito de los conductores o aparatos sobre los que debe efectuarse el trabajo, debe realizarse mediante un dispositivo especial, y las operaciones deben realizarse en el orden siguiente:

Asegurarse de que todas las piezas de contacto, así como los conductores del aparato, estén en buen estado.

#### 3.2.1.5. Se debe conectar el cable de tierra del dispositivo

Bien sea en la tierra existente entre las masas de las instalaciones y/o soportes.

Sea en una pica metálica hundida en el suelo en terreno muy conductor o acondicionado al efecto (drenaje, agua, sal común, etc.).

En líneas aéreas sin hilo de tierra y con apoyos metálicos, se debe utilizar el equipo de puesta a tierra conectado equipotencialmente con el apoyo.

Desenrollar completamente el conductor del dispositivo si éste está enrollado sobre un torno, para evitar los efectos electromagnéticos debidos a un cortocircuito eventual.

Fijar las pinzas sobre cada uno de los conductores, utilizando una pértiga aislante o una cuerda aislante y guantes aislantes, comenzando por el conductor más cercano. En B.T., las pinzas podrán colocarse a mano, a condición de utilizar guantes dieléctricos, debiendo además el operador mantenerse apartado de los conductores de tierra y de los demás conductores.

Para retirar los dispositivos de puesta a tierra y en cortocircuito, operar rigurosamente en orden inverso.

### 3.2.1.6.. La zona de acopio, criterios generales

No efectuar sobrecargas sobre la estructura de los forjados. Acopiar en el contorno de los capiteles de pilares.

Dejar libres las zonas de paso de personas y vehículos de servicio de la obra.

Comprobar periódicamente el perfecto estado de servicio de las protecciones colectivas puestas en previsión de caídas de personas u objetos, a diferente nivel, en las proximidades de las zonas de acopio y de paso.

El apilado en altura de los diversos materiales se efectuará en función de la estabilidad que ofrezca el conjunto.

Los pequeños materiales deberán acopiarse a granel en bateas, cubilotes o bidones adecuados, para que no se diseminen por la obra.

Se dispondrá en obra, para proporcionar en cada caso el equipo indispensable al operario de una provisión de herramientas dieléctricas homologadas.

Se dispondrá de un extintor de 3.5 Kg. de CO<sub>2</sub> junto a la zona de acopio y trabajos en tensión.

Condiciones generales de la obra durante los trabajos:

En invierno establecer un sistema de iluminación provisional de las zonas de paso y trabajo.

Los elementos estructurales inestables deberán apearse y ser apuntalados adecuadamente.

Siempre que existan interferencias entre los trabajos y las zonas de circulación de peatones, máquinas o vehículos, se ordenarán y controlarán mediante personal auxiliar debidamente adiestrado, que vigile y dirija sus movimientos.



Todo el material, así como las herramientas que se tengan que utilizar, se encontrarán perfectamente almacenadas en lugares preestablecidos y confinadas en zonas destinadas para ese fin, bajo el control de persona/s responsable/s.

Se comprobará que están bien colocadas, y sólidamente afianzadas todas las protecciones colectivas contra caídas de altura que puedan afectar al tajo: barandillas, redes, mallazo de retención, ménsulas y toldos.

#### 3.2.1.7. Acopios de materiales paletizados

Los materiales paletizados permiten mecanizar las manipulaciones cargas, siendo en sí una medida de seguridad para reducir los sobreesfuerzos, lumbalgias, golpes y atrapamientos pero también incorporan riesgos derivados de la mecanización, para evitarlos se debe:

- Acopiar los palets sobre superficies niveladas y resistentes.
- No se afectarán los lugares de paso.
- En proximidad a lugares de paso se deben señalar mediante cintas de señalización (amarillas y negras).
- La altura de las pilas no debe superar la altura que designe el fabricante.
- No acopiar en una misma pila palets con diferentes geometrías y contenidos.
- Si no se termina de consumir el contenido de un palet se flejará nuevamente antes de realizar cualquier manipulación.

#### 3.2.1.8. Acopios de materiales sueltos

El abastecimiento de materiales sueltos a obra se debe tender a minimizar, remitiéndose únicamente a materiales de uso discreto.

Los tubos se dispondrán horizontalmente, sobre estanterías, clasificados por tamaños y secciones.

No se afectarán los lugares de paso.

En proximidad a lugares de paso se deben señalar mediante cintas de señalización (amarillas y negras).

### 3.2.1.9. Normas de carácter general

Las zonas de trabajo y circulación deberán permanecer limpias, ordenadas y bien iluminadas.

Las herramientas y máquinas estarán en perfecto estado, empleándose las más adecuadas para cada uso, siendo utilizadas por personal autorizado o experto a criterio del encargado de obra.

Los elementos de protección colectiva permanecerán en todo momento instalados y en perfecto estado de mantenimiento. En caso de rotura o deterioro se deberán reponer con la mayor diligencia.

La señalización será revisada a diario de forma que en todo momento permanezca actualizada a las condiciones reales de trabajo.

Después de haber adoptado las operaciones previas (apertura de circuitos, bloqueo de los aparatos de corte y verificación de la ausencia de tensión) a la realización de los trabajos eléctricos, se deberán realizar en el propio lugar de trabajo, las siguientes:

Verificación de la ausencia de tensión y de retornos.

Puesta en cortocircuito lo más cerca posible del lugar de trabajo y en cada uno de los conductores sin tensión, incluyendo el neutro y los conductores de alumbrado público, si existieran. Si la red conductora es aislada y no puede realizarse la puesta en cortocircuito, deberá procederse como si la red estuviera en tensión, en cuanto a protección personal se refiere,

Delimitar la zona de trabajo, señalizándola adecuadamente si existe la posibilidad de error en la identificación de la misma.

#### 3.2.1.10 Intervención en instalaciones eléctricas

Para garantizar la seguridad de los trabajadores y para minimizar la posibilidad de que se produzcan contactos eléctricos directos, al intervenir en instalaciones eléctricas realizando trabajos sin tensión; se seguirán al menos tres de las siguientes reglas (cinco reglas de oro de la seguridad eléctrica):

El circuito se abrirá con corte visible.

Los elementos de corte se enclavarán en posición de abierto, si es posible con llave.

Se señalarán los trabajos mediante letrero indicador en los elementos de corte "PROHIBIDO MANIOBRAR PERSONAL TRABAJANDO".

Se verificará la ausencia de tensión con un discriminador de tensión ó medidor de tensión.

Se cortocircuitarán las fases y se pondrá a tierra.

Los trabajos en tensión se realizarán cuando existan causas muy justificadas, se realizarán por parte de personal autorizado y adiestrado en los métodos de trabajo a seguir, estando en todo momento presente un Jefe de trabajos que supervisará la labor del grupo de trabajo. Las herramientas que utilicen y prendas de protección personal deberá ser homologado.

Al realizar trabajos en proximidad a elementos en tensión, se informará al personal de este riesgo y se tomarán las siguientes precauciones:

En un primer momento se considerará si es posible cortar la tensión en aquellos elementos que producen la el riesgo.

Si no es posible cortar la tensión se protegerá mediante mamparas aislante (vinilo).

En el caso que no fuera necesario tomar las medidas indicadas anteriormente se señalará y delimitará la zona de riesgo.

#### 3.2.1.11. Manipulación de sustancias químicas

En los trabajos de eléctricos se utilizan sustancias químicas que pueden ser perjudiciales para la salud. Encontrándose presentes en productos tales, como desengrasantes, disolventes, ácidos, pegamento y pinturas; de uso corriente en estas actividades.

Estas sustancias pueden producir diferentes efectos sobre la salud como dermatosis, quemaduras químicas, narcosis, etc.

Cuando se utilicen se deberán tomar las siguientes medidas:

- Los recipientes que contengan estas sustancias estarán etiquetados indicando, el nombre comercial, composición, peligros derivados de su manipulación, normas de actuación (según la legislación vigente).
- Se seguirán fielmente las indicaciones del fabricante.
- No se rellenarán envases de bebidas comerciales con estos productos.
- Se utilizarán en lugares ventilados, haciendo uso de gafas panorámicas ó pantalla facial, guantes resistentes a los productos y mandil igualmente resistente.
- En el caso de tenerse que utilizar en lugares cerrados ó mal ventilados se utilizarán mascarillas con filtro químico adecuado a las sustancias manipuladas.
- Al hacer disoluciones con agua, se verterá el producto químico sobre el agua con objeto de que las salpicaduras estén más rebajadas.
- No se mezclarán productos de distinta naturaleza.

#### 3.2.1.12. Manejo de herramientas manuales

En el manejo de las herramientas manuales, se ha de evitar:

- Negligencia del operario.
- Herramientas con mangos sueltos o rajados.
- Destornilladores improvisados fabricados "in situ" con material y procedimientos inadecuados.
- Utilización inadecuada como herramienta de golpeo sin serlo.
- Utilización de llaves, limas o destornilladores como palanca.
- Prolongar los brazos de palanca con tubos.
- Destornillador o llave inadecuada a la cabeza o tuerca. a sujetar.
- Utilización de limas sin mango.

Medidas de prevención :

- No se llevarán las llaves y destornilladores sueltos en el bolsillo, sino en fundas adecuadas y sujetas al cinturón.
- No sujetar con la mano la pieza en la que se va a atornillar.
- No se emplearán cuchillos o medios improvisados para sacar o introducir tornillos.
- Las llaves se utilizarán limpias y sin grasa.
- No utilizar las llaves para martillar, remachar o como palanca.
- No empujar nunca una llave, sino tirar de ella.
- Emplear la llave adecuada a cada tuerca, no introduciendo nunca cuñas para ajustarla.

Medidas de protección :

- Para el uso de llaves y destornilladores utilizar guantes de tacto.
- Para romper, golpear y arrancar rebabas de mecanizado, utilizar gafas antimpactos.

### 3.2.1.13. Manejo de herramientas punzantes

En el manejo de las herramientas manuales, se ha de evitar:

- Cabezas de cinceles y punteros floreados con rebabas.
- Inadecuada fijación al astil o mango de la herramienta.
- Material de calidad deficiente.
- Uso prolongado sin adecuado mantenimiento.
- Maltrato de la herramienta.
- Utilización inadecuada por negligencia o comodidad.
- Desconocimiento o imprudencia de operario.

Medidas de prevención :

- En cinceles y punteros comprobar las cabezas antes de comenzar a trabajar y desechar aquellos que presenten rebabas, rajadas o fisuras.
- No se lanzarán las herramientas, sino que se entregarán en la mano.
- Para un buen funcionamiento, deberán estar bien afiladas y sin rebabas.
- No cincelar, taladrar, marcar, etc. nunca hacia uno mismo ni hacia otras personas. Deberá hacerse hacia afuera y procurando que nadie esté en la dirección del cincel.
- No se emplearán nunca los cinceles y punteros para aflojar tuercas.
- El vástago será lo suficientemente largo como para poder cogerlo cómodamente con la mano o bien utilizar un soporte para sujetar la herramienta.
- No mover la broca, el cincel, etc. hacia los lados para así agrandar un agujero, ya que puede partirse y proyectar esquirlas.

Por tratarse de herramientas templadas no conviene que cojan temperatura con el trabajo ya que se tornan quebradizas y frágiles. En el afilado de este tipo de herramientas se tendrá presente este aspecto, debiéndose adoptar precauciones frente a los desprendimientos de partículas y esquirlas.

Medidas de protección:

Deben emplearse gafas antipactos de seguridad, homologadas para impedir que esquirlas y trozos desprendidos de material puedan dañar a la vista.

Se dispondrá de pantallas faciales protectoras abatibles, si se trabaja en la proximidad de otros operarios.

Utilización de protectores de goma maciza para asir la herramienta y absorber el impacto fallido (protector tipo "Goma nos" o similar).

3.2.1.14. Manejo de herramientas de percusión

En el manejo de las herramientas manuales, se ha de evitar:

- Mangos inseguros, rajados o ásperos.
- Rebabas en aristas de cabeza.
- Uso inadecuado de la herramienta.

Medidas de prevención :

- Rechazar toda maceta con el mango defectuoso.
- No tratar de arreglar un mango rajado.
- La maceta se usará exclusivamente para golpear y siempre con la cabeza.
- Las aristas de la cabeza han de ser ligeramente romas.

Medidas de protección :

- Empleo de prendas de protección adecuadas, especialmente gafas de seguridad o pantallas faciales de rejilla metálica o policarbonato.

- Las pantallas faciales serán preceptivas si en las inmediaciones se encuentran otros operarios trabajando.

### 3.2.1.15. Manejo de cargas sin medios mecánicos

Para el izado manual de cargas es obligatorio seguir los siguientes pasos:

- Acercarse lo más posible a la carga.
- Asentar los pies firmemente.
- Agacharse doblando las rodillas.
- Mantener la espalda derecha.
- Agarrar el objeto firmemente.
- El esfuerzo de levantar lo deben realizar los músculos de las piernas.
- Durante el transporte, la carga debe permanecer lo más cerca posible del cuerpo.

Para el manejo de piezas largas por una sola persona se actuará según los siguientes criterios preventivos:

- Llevará la carga inclinada por uno de sus extremos, hasta la altura del hombro.
- Avanzará desplazando las manos a lo largo del objeto, hasta llegar al centro de gravedad de la carga.
- Se colocará la carga en equilibrio sobre el hombro.
- Durante el transporte, mantendrá la carga en posición inclinada, con el extremo delantero levantado.
- Es obligatoria la inspección visual del objeto pesado a levantar para eliminar aristas afiladas.

Es obligatorio el empleo de un código de señales cuando se ha de levantar un objeto entre varios, para aportar el esfuerzo al mismo tiempo. Puede ser cualquier sistema a condición de que sea conocido o convenido por el equipo.

Para descargar materiales es obligatorio tomar las siguientes precauciones :



Empezar por la carga o material que aparece más superficialmente, es decir el primero y más accesible.

Entregar el material, no tirarlo.

Colocar el material ordenado y en caso de apilado estratificado, que este se realice en pilas estables, lejos de pasillos o lugares donde pueda recibir golpes o desmoronarse.

Utilizar guantes de trabajo y botas de seguridad con puntera metálica y plantilla metálicas.

En el manejo de cargas largas entre dos o más personas, la carga puede mantenerse en la mano, con el brazo estirado a lo largo del cuerpo, o bien sobre el hombro.

Se utilizarán las herramientas y medios auxiliares adecuados para el transporte de cada tipo de material.

En las operaciones de carga y descarga, se prohíbe colocarse entre la parte posterior de un camión y una plataforma, poste, pilar o estructura vertical fija.

Si en la descarga se utilizan herramientas como brazos de palanca, uñas, patas de cabra o similar, ponerse de tal forma que no se venga carga encima y que no se resbale.

#### 3.2.1.16. Maquinas eléctricas portátiles

De forma genérica las medidas de seguridad a adoptar al utilizar las maquinas eléctricas portátiles son las siguientes:

Cuidar de que el cable de alimentación esté en buen estado, sin presentar abrasiones, aplastamientos, punzaduras, cortes ó cualquier otro defecto.

Conectar siempre la herramienta mediante clavija y enchufe adecuados a la potencia de la máquina.

Asegurarse de que el cable de tierra existe y tiene continuidad en la instalación si la máquina a emplear no es de doble aislamiento.

Al terminar se dejará la máquina limpia y desconectada de la corriente.

Cuando se empleen en emplazamientos muy conductores (lugares muy húmedos, dentro de grandes masas metálicas, etc.) se utilizarán herramientas alimentadas a 24 v como máximo ó mediante transformadores separadores de circuitos.

El operario debe estar adiestrado en el uso, y conocer las presentes normas.

#### *Taladro:*

- Utilizar gafas antipacto ó pantalla facial.
- La ropa de trabajo no presentará partes sueltas o colgantes que pudieran engancharse en la broca.
- En el caso de que el material a taladrar se desmenuzara en polvo finos utilizar mascarilla con filtro mecánico (puede utilizarse las mascarillas de celulosa desechables).
- Para fijar la broca al portabrocas utilizar la llave específica para tal uso.
- No frenar el taladro con la mano.
- No soltar la herramienta mientras la broca tenga movimiento.
- No inclinar la broca en el taladro con objeto de agrandar el agujero, se debe emplear la broca apropiada a cada trabajo.
- En el caso de tener que trabajar sobre una pieza suelta esta estará apoyada y sujeta.
- Al terminar el trabajo retirar la broca de la máquina.

#### *Esmeriladora circular:*

- El operario se equipará con gafas antiimpacto, protección auditiva y guantes de seguridad.
- Se seleccionará el disco adecuado al trabajo a realizar, al material y a la máquina.

- Se comprobará que la protección del disco esta sólidamente fijada, desechándose cualquier maquina que carezca de él.
- Comprobar que la velocidad de trabajo de la maquina no supera, la velocidad máxima de trabajo del disco. Habitualmente viene expresado en m/s ó r.p.m. para su conversión se aplicará la formula:
- $m/s = (r.p.m. \times 3,14 \times \varnothing) / 60$
- siendo  $\varnothing$  diámetro del disco en metros.
- Se fijarán los discos utilizando la llave específica para tal uso.
- Se comprobará que el disco gira en el sentido correcto.
- Si se trabaja en proximidad a otros operarios se dispondrán pantallas, mamparas ó lonas que impidan la proyección de partículas.
- No se soltará la maquina mientras siga en movimiento el disco.
- En el caso de tener que trabajar sobre una pieza suelta esta estará apoyada y sujeta.

### 3.2.2.- Equipos de protección individual.

Se ajustarán a lo preceptuado por:

- R.D. 1407/92 de 20/11/92,por el que se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual (EPIs)
- R.D. 773/97 de 30/05/97 BOE de 12/06/97 por el que se establecen las disposiciones mínimas de Seguridad y Salud, relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual,
- Casco homologado y/o certificado clase E/AT con barbuquejo.
- Pantalla facial de policarbonato con atalaje de material aislante.
- Protectores auditivos apropiados.
- Pantalla facial con visor de rejilla metálica abatible sobre atalaje sujeto al casco de seguridad.
- Gafas antipacto con ocular filtrante de color verde DIN-2, ópticamente neutro, en previsión de cebado del arco eléctrico.

- Gafas de seguridad con montura tipo universal.
- Gafas tipo cazoleta, de tipo totalmente estanco, para trabajar con esmeriladora portátil radial.
- Guantes "tipo americano", de piel flor y lona, de uso general.
- Guantes de precisión (taponero) con manguitos largos, en piel curtida al cromo.
- Guantes dieléctricos homologados y o certificados (1000 V).
- Botas de seguridad dieléctrica, con refuerzo en puntera
- Botas de seguridad sin refuerzos para trabajos en tensión.
- Cinturón de seguridad anticaídas con arnés y dispositivo de anclaje y retención.

Ropa de trabajo cubriendo la totalidad de cuerpo y que como norma general cumplirá los requisitos mínimos siguientes:

- Será de tejido ligero y flexible, que permita una fácil limpieza y desinfección. Se ajustará bien al cuerpo sin perjuicio de su comodidad y facilidad de movimientos. Se eliminará en todo lo posible, los elementos adicionales como cordones, botones, partes vueltas hacia arriba, a fin de evitar que se acumule la suciedad y el peligro de enganches. Dado que los electricistas están sujetos al riesgo de contacto eléctrico su ropa de trabajo no debe tener ningún elemento metálico, ni utilizará anillos, relojes o pulseras.
- Los guantes aislantes, además de estar perfectamente conservados y ser verificados frecuentemente, deberán estar adaptados a la tensión de las instalaciones o equipos en los cuales se realicen trabajos o maniobras.

Durante la ejecución de todos aquellos trabajos que conlleven un riesgo de proyección de partículas no incandescentes, se establecerá la obligatoriedad de uso de gafas de seguridad, con cristales incoloros, templados, curvados y ópticamente neutros, montura resistente, puente universal y protecciones laterales de plástico perforado o rejilla metálica. En los casos precisos, estos cristales serán graduados y protegidos por otros superpuestos y homologados según norma MT o reconocida en la CEE.

En los trabajos de desbarbado de piezas metálicas, se utilizarán las gafas herméticas tipo cazoleta, ajustables mediante banda elástica, por ser las únicas que garantizan la protección ocular contra partículas rebotadas.

En los trabajos y maniobras sobre fusibles, seccionadores, bornas o zonas en tensión en general, en los que pueda cebarse intempestivamente el arco eléctrico, será preceptivo el empleo de: casco de seguridad normalizado para A.T., pantalla facial de policarbonato con atalaje aislado, gafas con ocular filtrante de color DIN-2 ópticamente neutro, guantes dieléctricos (en la actualidad se fabrican hasta 30.000 V), o si se precisa mucha precisión, guantes de cirujano bajo guantes de tacto en piel de cabritilla curtida al cromo con manguitos incorporados (tipo taponero).

En todos aquellos trabajos que se desarrollen en entornos con niveles de ruidos superiores a los permitidos en la normativa vigente, se deberán utilizar protectores auditivos homologados y o certificados por normas CE.

La totalidad del personal que desarrolle trabajos en el interior de la obra, utilizará cascos protectores que cumplan las especificaciones indicadas en Normas CE.

Durante la ejecución de todos aquellos trabajos que se desarrollen en ambientes de humos de soldadura, se facilitará a los operarios mascarillas respiratorias buconasales con filtro mecánico y de carbono activo contra humos metálicos.

El personal utilizará durante el desarrollo de sus trabajos, guantes de protección adecuados a las operaciones que realicen.

A los operarios sometidos al riesgo de electrocución y como medida preventiva frente al riesgo de golpes extremidades inferiores, se dotará al personal de adecuadas botas de seguridad dieléctricas con puntera reforzada de "Akulón", sin herrajes metálicos.

Todos los operarios utilizarán cinturón de seguridad dotado de arnés, anclado a un punto fijo, en aquellas operaciones en las que por el proceso productivo no puedan ser protegidos mediante el empleo de elementos de protección colectiva.