

UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA

ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR DE ALCOY

Grado en Ingeniería Eléctrica



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

Estudio técnico económico de una planta solar fotovoltaica con estructura fija conectada a la red y destinada a la venta de energía, situada junto al polígono industrial “Los Olivares”, en el término municipal de Jaén.

TRABAJO FINAL DE GRADO

Autor/es:

Dennise Castañeda Maiques

Tutor:

Rafael Montoya Villena

ALCOI, 2019

El siguiente documento es un estudio técnico económico para el diseño de una planta solar fotovoltaica con estructura fija conectada a la red para la generación de energía, situada junto al polígono industrial 'Los Olivares', en el término municipal de Jaén. Se muestran a continuación todos los cálculos eléctricos, así como todas las medidas necesarias para la máxima eficiencia de la instalación.

El següent document és un estudi tècnic econòmic per al disseny d'una planta solar fotovoltaica amb estructura fixa connectada a la xarxa per a la generació d'energia, situada al costat del polígon industrial 'Los Olivares', al terme municipal de Jaén. Es mostren a continuació tots els càlculs elèctrics, així com totes les mesures necessàries per a la màxima eficiència de la instal·lació.

The following document is an economic technical study for the design of a photovoltaic solar plant with fixed structure connected to the grid for power generation, located next to the industrial estate 'Los Olivares', in the municipality of Jaén. All electrical calculations, as well as all the necessary measures for maximum installation efficiency are shown below.

Estudio técnico económico de una planta solar fotovoltaica con estructura fija conectada a la red y destinada a la venta de energía

Relación de documentos que conforman el proyecto

DOCUMENTO N.º 1: ÍNDICE

DOCUMENTO N.º 2: MEMORIA Y ANEXOS

MEMORIA

ANEXO I CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

ANEXO II PLIEGO DE CONDICIONES

ANEXO III ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

ANEXO IV PRESUPUESTO

DOCUMENTO N.º 3: PLANOS

PLANO N.º 1 LOCALIZACIÓN

PLANO N.º 2 EMPLAZAMIENTO

PLANO N.º 3 POSICIONAMIENTO RECINTO

PLANO N.º 4 DISTRIBUCIÓN DE LOS PANELES Y STRINGS

PLANO N.º 5 PERFIL DE LOS PANELES

PLANO N.º 6 CONEXIONADO DE LOS PANELES

PLANO N.º 7 ESQUEMA UNIFILAR INVERSOR (LÍNEA 1)

PLANO N.º 8 ESQUEMA UNIFILAR INVERSOR (LÍNEA 2)

PLANO N.º 9 ESQUEMA UNIFILAR CT

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

ÍNDICE

1.	ANTECEDENTES	3
2.	OBJETO	3
3.	INTRODUCCION A LA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA	3
3.1.	INTRODUCCIÓN	3
3.1.1.	El efecto fotovoltaico.....	4
3.1.2.	La radiación solar	5
3.1.3.	El panel fotovoltaico.	7
3.1.4.	-Ventajas e inconvenientes de las instalaciones fotovoltaicas.....	9
3.2.	DESARROLLO DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA	10
3.2.1.	El desarrollo fotovoltaico.....	10
3.2.2.	El desarrollo Fotovoltaico en España.....	12
3.2.3.	-El desarrollo fotovoltaico mundial.	15
3.3.	INSTALACIONES CONECTADAS A LA RED ELECTRICA	17
3.3.1.	Fotovoltaica conectada a la red.....	17
3.3.2.	Fotovoltaica en edificación.	18
3.3.3.	Elementos que componen la instalación.....	19
3.3.4.	Acometida eléctrica.	22
3.3.5.	Instalación de enlace.	22
4.	EMPLAZAMIENTO	24
5.	NORMATIVA APLICABLE.....	25
6.	DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA INSTALACIÓN	29
6.1.	POTENCIA A INSTALAR.....	29
6.2.	ELECCIÓN DEL PANEL FOTOVOLTAICO	29
6.3.	ESTRUCTURA DE SOPORTE	32
6.4.	ELECCIÓN DEL INVERSOR.....	33
6.5.	CONFIGURACIÓN DE BLOQUES DE LA PLANTA	36
6.6.	DC Box II.....	40
6.7.	CABLEADO PARTE CORRIENTE CONTINUA	40
6.8.	CABLEADO PARTE CORRIENTE ALTERNA.....	41

**Estudio técnico económico de una planta solar fotovoltaica con
estructura fija conectada a la red y destinada a la venta de energía
MEMORIA**

6.9. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	41
6.10. CENTRO DE MEDIDA Y SECCIONAMIENTO	42
6.11. DIMENSIONADO	42
6.11.1. Conexionado.	42
7. IMPACTOS AMBIENTALES Y SOCIALES	43
7.1. Ventajas ambientales y sociales	43
7.2. Inconvenientes: Impacto ambiental de una instalación de energía fotovoltaica	44
7.3. Impactos ambientales de la energía solar fotovoltaica a lo largo del ciclo de vida de la instalación.....	45
7.4. Balance medioambiental	46

1. ANTECEDENTES

Los sistemas de conexión a la red eléctrica constituyen la aplicación que mayor expansión ha experimentado en el campo de la actividad fotovoltaica durante los últimos años. La extensión a gran escala de este tipo de aplicaciones ha requerido el desarrollo de una ingeniería específica que permite, por un lado, optimizar el diseño y funcionamiento tanto de productos como de instalaciones completas y, por otro, evaluar su impacto en el conjunto del sistema eléctrico, siempre cuidando la integración de los sistemas y respetando el entorno ambiental.

El Real Decreto 436/2004 permite en España que cualquier interesado pueda convertirse en productor de electricidad a partir de la energía del Sol. Por fin el desarrollo sostenible puede verse impulsado desde las iniciativas particulares que aprovechando el recurso solar pueden contribuir a una producción de energía de manera más limpia y más nuestra. Ahora, el ciudadano en su vivienda unifamiliar, la comunidad de vecinos, las empresas u otras entidades que lo deseen, podrán disponer de su instalación solar conectada a red. No hay que olvidar la buena imagen corporativa que conllevan este tipo de iniciativas en una sociedad cada vez más sensibilizada con el medioambiente.

2. OBJETO

El objeto de este proyecto es el dimensionado de una planta solar fotovoltaica con estructura fija conectada a red y destinada a la venta de energía en la provincia de Jaén, reduciendo así el consumo de combustibles fósiles, contribuyendo con los compromisos de política energética con el correspondiente beneficio ambiental y social por el ahorro de emisiones contaminantes. A continuación, se presentan una serie de documentos que se han realizado para el diseño y cálculo de la instalación.

3. INTRODUCCION A LA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

3.1. INTRODUCCIÓN

La Energía solar, es la energía obtenida mediante la captación de la luz y el calor emitidos por el sol. La radiación solar que alcanza la Tierra puede aprovecharse por medio del calor que produce, como también a través de la absorción de la radiación, por ejemplo, en dispositivos ópticos o de otro tipo. Es una de las llamadas energías renovables particularmente del grupo no contaminante,

**Estudio técnico económico de una planta solar fotovoltaica con
estructura fija conectada a la red y destinada a la venta de energía
MEMORIA**

conocido como energía limpia o energía verde. La potencia de la radiación varía según el momento del día, las condiciones atmosféricas que la amortiguan y la latitud. Se puede asumir que en buenas condiciones de irradiación el valor es de aproximadamente 1000 W/m² en la superficie terrestre. A esta potencia se la conoce como irradiancia. La radiación es aprovechable en sus componentes directa y difusa, o en la suma de ambas. La radiación directa es la que llega directamente del foco solar. Sin reflexiones o refracciones intermedias. La difusa es la emitida por la bóveda celeste diurna gracias a los múltiples fenómenos de reflexión y refracción solar en la atmósfera, en las nubes y el resto de elementos atmosféricos y terrestres. La radiación directa puede reflejarse y concentrarse para su utilización, mientras que no es posible concentrar la luz difusa que proviene de todas las direcciones. La irradiancia directa normal (o perpendicular a los rayos solares) fuera de la atmósfera, recibe el nombre de constante solar y tiene un valor medio de 1354 W/m² (que corresponde a un valor máximo en el perihelio de 1395 W/m² y un valor mínimo en el afelio de 1308 W/m²).

3.1.1. El efecto fotovoltaico.

EL EFECTO FOTOVOLTAICO (FV) es la base del proceso mediante el cual una célula FV convierte la luz solar en electricidad. La luz solar está compuesta por fotones, o partículas energéticas. Estos fotones son de diferentes energías, correspondientes a las diferentes longitudes de onda del espectro solar. Cuando los fotones inciden sobre una célula FV. Pueden ser reflejados o absorbidos, pueden pasar a su través. Únicamente los fotones absorbidos generan electricidad. Cuando un fotón es absorbido, la energía del fotón se transfiere a un electrón de un átomo de la célula. Con esta nueva energía, el electrón es capaz de escapar de su posición normal asociada con un átomo para formar parte de una corriente en un circuito eléctrico. Las partes más importantes de la célula solar son las capas de semiconductores, ya que es donde se crea la corriente de electrones. Estos semiconductores son especialmente tratados para formar dos capas diferentes dopadas (tipo p y tipo n) para formar un campo eléctrico, positivo en una parte y negativo en otra. Cuando la luz solar incide en la célula se liberan electrones que pueden ser atrapados por el campo eléctrico, formando una corriente eléctrica. Es por ello que estas células se fabrican partir de este tipo de materiales, es decir, materiales que actúan como aislantes a baja temperatura y como conductores cuando se aumenta la energía. Desdichadamente no hay un tipo de material ideal para todos los tipos de células y aplicaciones. Además de los semiconductores las células solares están formadas por una malla metálica superior u otro tipo de contrato para recolectar los electrones del semiconductor y transferirlos a la carga externa y un contacto

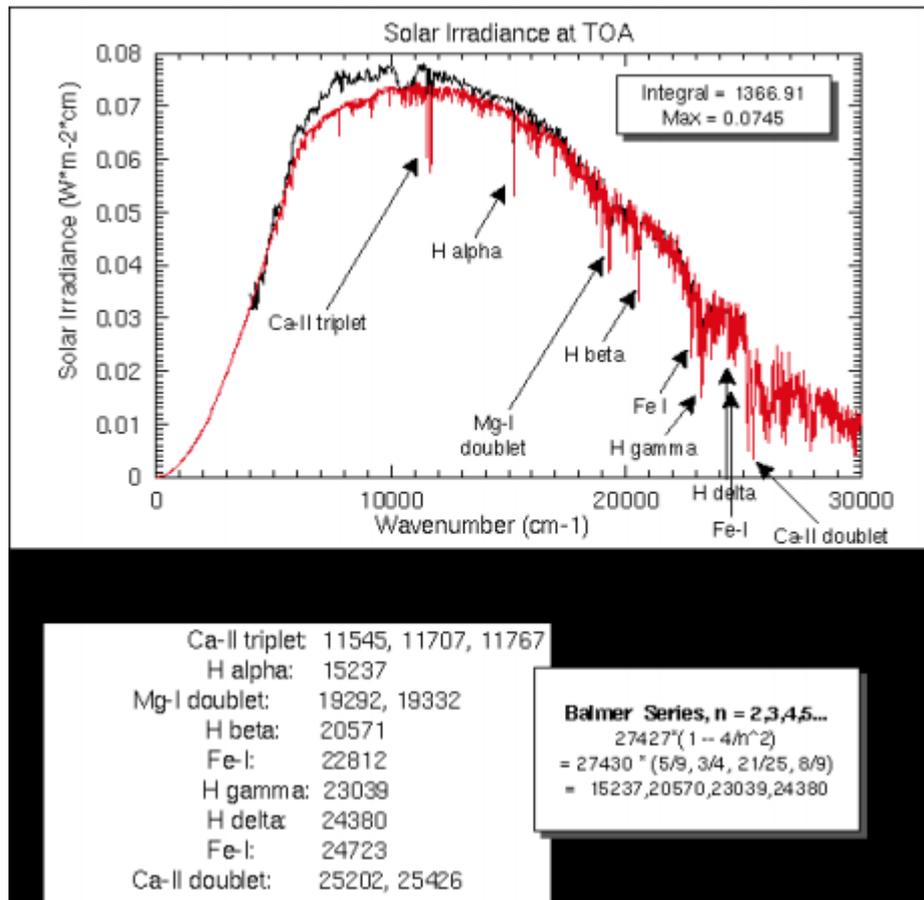
**Estudio técnico económico de una planta solar fotovoltaica con
estructura fija conectada a la red y destinada a la venta de energía
MEMORIA**

posterior para completar el circuito eléctrico. También en la parte superior de la célula hay un vidrio u otro tipo de material encapsulado transparente para sellarla y protegerla de las condiciones ambientales, y una capa anti reflexiva para aumentar el número de fotones absorbidos. Las células FV convierten pues, la energía de la luz en energía eléctrica. El rendimiento de conversión, esto es, la proporción de luz solar que la célula convierte en energía eléctrica, es fundamental en los dispositivos fotovoltaicos, ya que el aumento del rendimiento hace de la energía solar FV una energía más competitiva con otras fuentes. Estas células conectadas unas con otras, encapsuladas y montadas sobre una estructura soporte o marco, conforman un módulo fotovoltaico. Los módulos están diseñados para suministrar electricidad a un determinado voltaje (normalmente 12 o 24 V). La corriente producida depende del nivel de insolación. La estructura del módulo protege a las células del medio ambiente y son muy durables y fiables. Aunque un módulo puede ser suficiente para muchas aplicaciones, dos o más módulos pueden ser conectados para formar un generador FV. Los generadores o módulos fotovoltaicos producen corriente continua (DC) y pueden ser conectados en serie o en paralelo para poder producir cualquier combinación de corriente y tensión. Un módulo o generador FV por si mismo no bombea agua o ilumina una casa durante la noche.

Para ello es necesario un sistema FV completo que consiste en un generador FV junto a otros componentes, conjuntamente conocidos como “resto del sistema” o BOS (del inglés ‘balance of system’). Estos componentes varían y dependen del tipo de aplicación o servicio que se quiere proporcionar. Los sistemas fotovoltaicos se pueden clasificar como autónomos o conectados a la red eléctrica. En definitiva y cómo podemos ver, nos encontramos ante una fuente de energía, que además de renovable se nos presenta como una clara apuesta de futuro de cara al planteamiento energético en los próximos años.

3.1.2. La radiación solar

Se conoce por radiación solar al conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el sol. El sol se comporta prácticamente como un cuerpo negro que emite energía siguiendo la ley de Planck a una temperatura de unos 6000 K. La radiación solar se distribuye desde infrarrojo hasta ultravioleta. No toda la radiación alcanza la superficie de la tierra, pues las ondas ultravioletas, más cortas, son absorbidas por los gases de la atmósfera fundamentalmente por el ozono. La magnitud que mide la radiación solar que llega a la tierra es la irradiancia, que mide la energía que, por unidad de tiempo y área, alcanza a la tierra. Su unidad es el W/m² (vatio x metro 2).



Gráfica 1. Espectro de la Irradiancia solar.

3.1.2.1. Generación de la radiación solar.

El sol es la estrella más cercana a la tierra y está catalogada como una estrella enana amarilla. Sus regiones interiores son totalmente inaccesibles a la observación directa y es allí donde ocurren temperaturas de unos 20 millones de grados necesarios para producir las reacciones nucleares que se producen su energía. La capa más externa que es la que produce casi toda la radiación observada se llama fotosfera y tiene una temperatura de 6000 K. Tiene solo una anchura entre 200 y 300 km. Por encima de ella está la cromosfera con una anchura de unos 15.000 Km. Más exterior aún es la corona solar una parte muy tenue y caliente que se extiende varios millones de kilómetros y que solo es visible durante los eclipses solares totales. La superficie de la fotosfera aparece conformada de un gran número de gránulos brillantes producidos por las células de convección. También aparecen fenómenos cíclicos que conforman la actividad solar como manchas solares, fáculas, protuberancias solares, etc. Estos procesos que tienen lugar a diferentes profundidades, van acompañados siempre de una emisión de energía que se superpone a la principal emisión de la fotosfera y que hace que el sol se aleje ligeramente en su emisión de energía del cuerpo negro a cortas longitudes de onda por la emisión de rayos X y a largas

**Estudio técnico económico de una planta solar fotovoltaica con
estructura fija conectada a la red y destinada a la venta de energía
MEMORIA**

longitudes por los fenómenos nombrados, destacando que no es la emisión igual cuando el sol está en calma que activo. Además, la cromosfera y corona absorben y emiten radiación que se superpone a la principal fuente que es la fotosfera.

3.1.2.2. Distribución espectral de la radiación solar.

La aplicación de la Ley de Planck al sol con una temperatura superficial de unos 6000 K nos lleva a que el 99% de la radiación emitida está entre longitudes de onda 0,15 micrómetros o micras y 4 micras. Como 1 ángstrom $1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m} = 10^{-6} \text{ micras}$ resulta que el sol emite un rango de 1500 A hasta 4000 A. La luz visible se extiende desde 4000 A a 7000 A. La radiación ultravioleta u ondas cortas iría desde los 1500 A a los 4000 A y la radiación infrarroja u ondas largas desde las 0,74 micras a 4 micras. La atmósfera de la tierra constituye un importante filtro que hace inobservables radiaciones de longitud de onda inferior a las 0,29 micras por la fuerte absorción del ozono y oxígeno. Ello nos libra de la radiación ultravioleta más peligrosa para la salud.

La atmósfera es opaca a toda radiación infrarroja de longitud de onda superior a las 24 micras, ello no afecta a la radiación solar, pero si a la energía emitida por la tierra que llega hasta las 40 micras y que es absorbida. A este efecto se conoce como efecto invernadero. Pero la emisión solar difiere de la de un cuerpo negro sobre todo en el ultravioleta. En el infrarrojo se corresponde mejor con la temperatura de un cuerpo negro de 5779 °C y en el visible. Ello nos habla de que la radiación solar no se produce en las mismas capas y estamos observando la temperatura de cada una de ellas donde se produce la energía.

3.1.3. El panel fotovoltaico.

Los módulos fotovoltaicos o colectores solares fotovoltaicos (llamados a veces paneles solares, aunque esta denominación abarca otros dispositivos) están formados por un conjunto de celdas (Células fotovoltaicas) que producen electricidad a partir de la luz que incide sobre ellos. El parámetro estandarizado para clasificar su potencia se denomina potencia pico, y se corresponde con la potencia máxima que el módulo puede entregar bajo unas condiciones estandarizadas, que son:

- Radiación de 1000 W/m²
- Temperatura de célula de 25° C (no temperatura ambiente)

Las placas fotovoltaicas se dividen en:

- Cristalinas
- Monocristalinas: se componen de secciones de un único cristal de silicio (reconocibles por su forma circular u octogonal, donde los cuatro lados cortos, si se observa se aprecia que son curvos,

**Estudio técnico económico de una planta solar fotovoltaica con
estructura fija conectada a la red y destinada a la venta de energía
MEMORIA**

debido a que es una célula circular recortada).

- Policristalinas: cuando están formadas por pequeñas partículas cristalizadas.
- Amorfas: Cuando el silicio no se ha cristalizado.



Imagen 1. Fotografía paneles solares

3.1.3.1. – Historia.

El término fotovoltaico proviene del griego phos, que significa “luz” y voltaico, que proviene de la electricidad, en honor al científico italiano Alejandro Volta, (que también proporcionar el término voltio a la unidad de medida de la diferencia de potencial en el Sistema Internacional de Medidas). El término fotovoltaico comenzó a usarse en Inglaterra desde el año 1849. El efecto fotovoltaico fue reconocido por primera vez en 1839 por el físico francés Becquerel, pero la primera célula solar no se construye hasta 1883. Su autor fue Charles Fritts, quién recubrió una muestra de selenio semiconductor con un pan de oro para formar el empalme. Este primitivo dispositivo presentaba una eficiencia de solo un 1%. Russel Ohl patentó la célula solar moderna en el año 1946, aunque Sven Ason Berglund había patentado, con anterioridad, un método que trataba de incrementar la capacidad de las células fotosensibles. La era moderna de la tecnología de potencia solar no llegó hasta el año 1954 cuando los laboratorios Bell, descubrieron de manera accidental que los semiconductores de silicio dopado con ciertas impurezas, eran muy sensibles a la luz. Estos avances contribuyeron a la fabricación de la primera célula solar comercial con una conversión de la energía solar de, aproximadamente el 6%. La URSS lanzó su primer satélite espacial en el Año 1957, y los EEUU un año después. En el diseño de éste se usaron células solares creadas por Peter

**Estudio técnico económico de una planta solar fotovoltaica con
estructura fija conectada a la red y destinada a la venta de energía
MEMORIA**

Lles en un esfuerzo encabezado por la compañía Hoffman Electronics. La primera nave espacial que uso paneles solares fue el satélite norteamericano Vanguard, lanzado en marzo de 1958. Este hito generó un gran interés en la producción y lanzamiento de satélites geoestacionarios para el desarrollo de las comunicaciones, en los que la energía provendría de un dispositivo de captación de la luz solar. Fue un desarrollo crucial que estimuló la investigación por parte de algunos gobiernos y que impulsó la mejora de los paneles solares. EN 1970 La primera célula solar con etérea estructura de arseniuro de galio (GaAs) y altamente eficiente se desarrolló en la extinguida URSS por Zhore Alferov y su equipo de investigación. La producción de equipos de deposición química de metales por vapores orgánicos o MOCVD (Metal Organic Chemical Vapor Deposition). No se desarrolló hasta los años 80 del siglo pasado, limitando la capacidad de las compañías en la manufactura de células solares de arseniuro de galio. La primera compañía que manufacturó paneles solares en cantidades industriales, a partir de uniones simples de GaAs, con una eficiencia de AM0 (Air Mass Zero) del 17% fue la norteamericana ASEC (Applied solar Energy Corporation), La conexión dual de la celda se produjo en cantidades industriales por ASEC en 1989, de manera accidental, como consecuencia de un cambio del Ga As sobre los sustratos de Ga As a Ga As sobre sustratos de germanio. El dopaje accidental de germanio (Ge) con GaAs como capa amortiguadora creó circuitos de voltaje abiertos, demostrando el potencial del uso de los sustratos de germanio como otras celdas. Una celda de uniones simples de Ga As llegó al 19% de eficiencia AMO en 1993. ASEC desarrolló la primera celda de doble unión para las naves espaciales usadas en EEUU, con una eficiencia de un 20% aproximadamente. Estas celdas no usan el germanio como segunda celda, pero usan una celda basada en GaAs con diferentes tipos de dopaje. De manera excepcional, las células de doble unión de GaAs pueden llegar a producir eficiencias AMO del orden del 22%. Las uniones triples comienzan con eficiencias del orden del 24% en el 2000, 26% en el 2002, 28% en el 2005, y han llegado, de manera corriente al 30% en el 2007. En 2007, dos compañías norteamericanas Emcore Photovoltaics y Spectrolab, producen el 95% de las células solares del 28% de eficiencia.

3.1.4. -Ventajas e inconvenientes de las instalaciones fotovoltaicas.

Ventajas. - La energía solar fotovoltaica es una de las fuentes más prometedoras de las energías renovables en el mundo. Comparada con las fuentes no renovables, las ventajas son claras: es no contaminante, no tiene partes móviles que analizar y no requiere mucho mantenimiento.

No requiere de una extensa instalación para operar. Los generadores de energía pueden ser instalados de una forma distribuida en la cual los edificios ya construidos, pueden generar su

**Estudio técnico económico de una planta solar fotovoltaica con
estructura fija conectada a la red y destinada a la venta de energía
MEMORIA**

propia energía de forma segura y silenciosa. No consume combustibles fósiles. No genera residuos. No produce ruidos es totalmente silenciosa. Es una fuente inagotable. Ofrece una elevada fiabilidad y disponibilidad operativa excelente. En resumen, la energía fotovoltaica es generada directamente del sol. Los sistemas fotovoltaicos no tienen partes móviles, por lo tanto, no requieren mantenimiento y sus celdas duran décadas. Además de las ventajas ambientales también debemos tener en cuenta las socio-económicas. Instalación simple. Tienen una vida larga (Los paneles solares duran aproximadamente 30 años). Resisten condiciones climáticas extremas: granizo, viento, temperatura, humedad. No existe una dependencia de los países productores de combustibles. Puede instalarse en zonas rurales desarrollo de tecnologías propias. Se puede utilizar en lugares de bajo consumo y en casas ubicadas en parajes rurales donde no llega la red eléctrica general. Puede venderse el excedente de electricidad a una compañía eléctrica. Puede aumentarse la potencia mediante la incorporación de nuevos módulos fotovoltaicos.

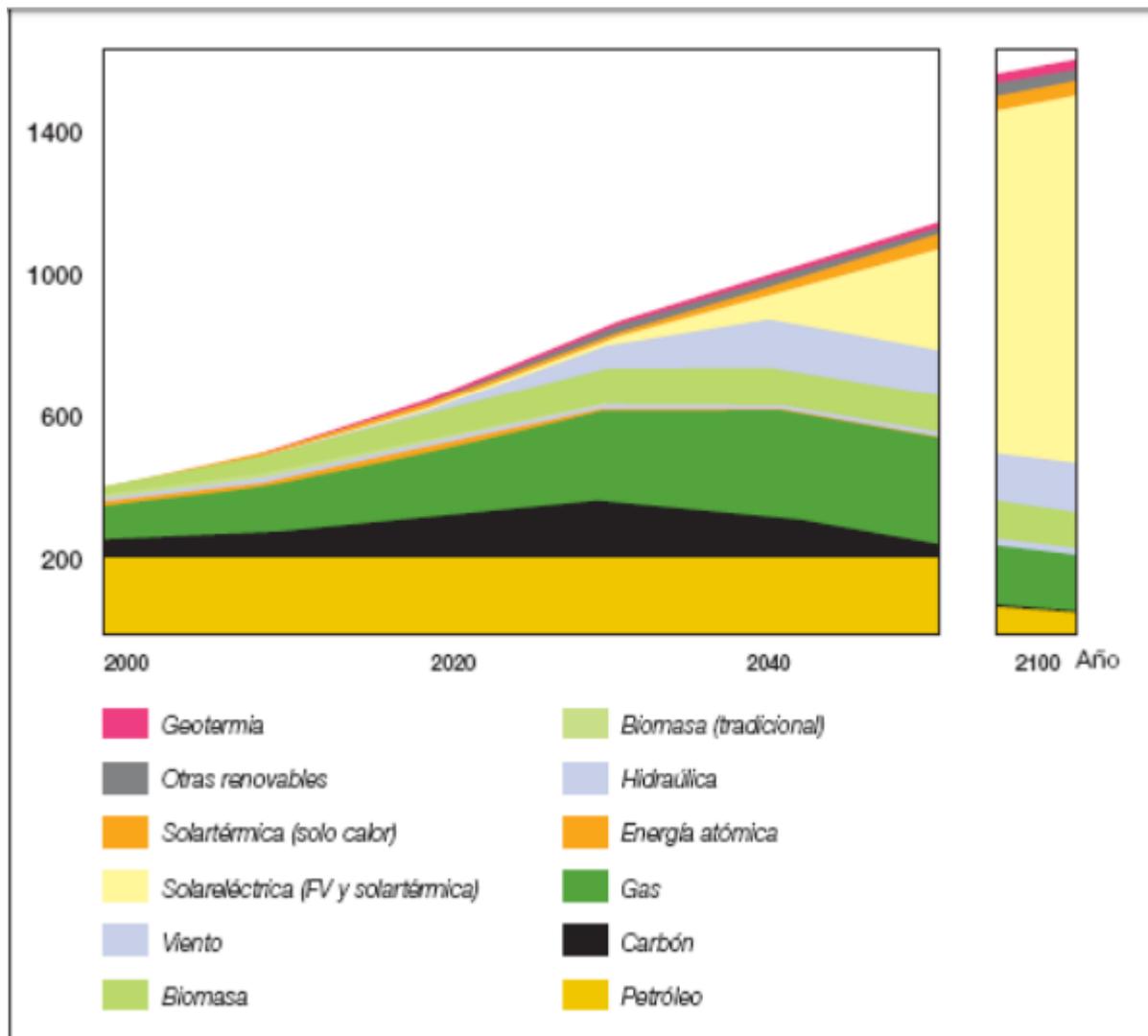
Inconvenientes. - De este sistema de generación de energía, no es tanto el origen de dicha energía que es el Sol, que tiene reservas que exceden de nuestras necesidades, ni tampoco la materia prima de donde se extrae el silicio, que consiste en arena común muy abundante en la naturaleza: se trata de la técnica de construcción y fabricación de los módulos fotovoltaicos que es complejo y caro. Requiere una importante inversión inicial. Es una energía de difícil almacenamiento. No es económicamente competitiva con otras energías actuales. Producción variable según climatología del lugar y época del año. Otro inconveniente es el rendimiento obtenido y el espacio de terreno ocupado por los elementos captadores: el rendimiento final se estima en solo un 13%.

3.2. DESARROLLO DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

3.2.1. El desarrollo fotovoltaico.

El desarrollo global de esta tecnología ha alcanzado unos ritmos de crecimiento del orden del 40%, que coincide con el ritmo de crecimiento en España. Aún con este crecimiento, la contribución actual de la energía eléctrica de carácter fotovoltaico para cubrir nuestras necesidades energéticas es ínfima y lo será los próximos años. Esta perseverancia nos llevaría a un futuro como puede ser el que vaticinan muchos modelos de entidades con reputación como la empresa de energía Shell, o como el que se muestra a continuación: el de los expertos designados el año 2003 por el Gobierno alemán para estudiar el cambio climático.

Estudio técnico económico de una planta solar fotovoltaica con estructura fija conectada a la red y destinada a la venta de energía
MEMORIA



Gráfica 2. Previsión de la energía primaria mundial consumida anualmente (ExaJ/a).

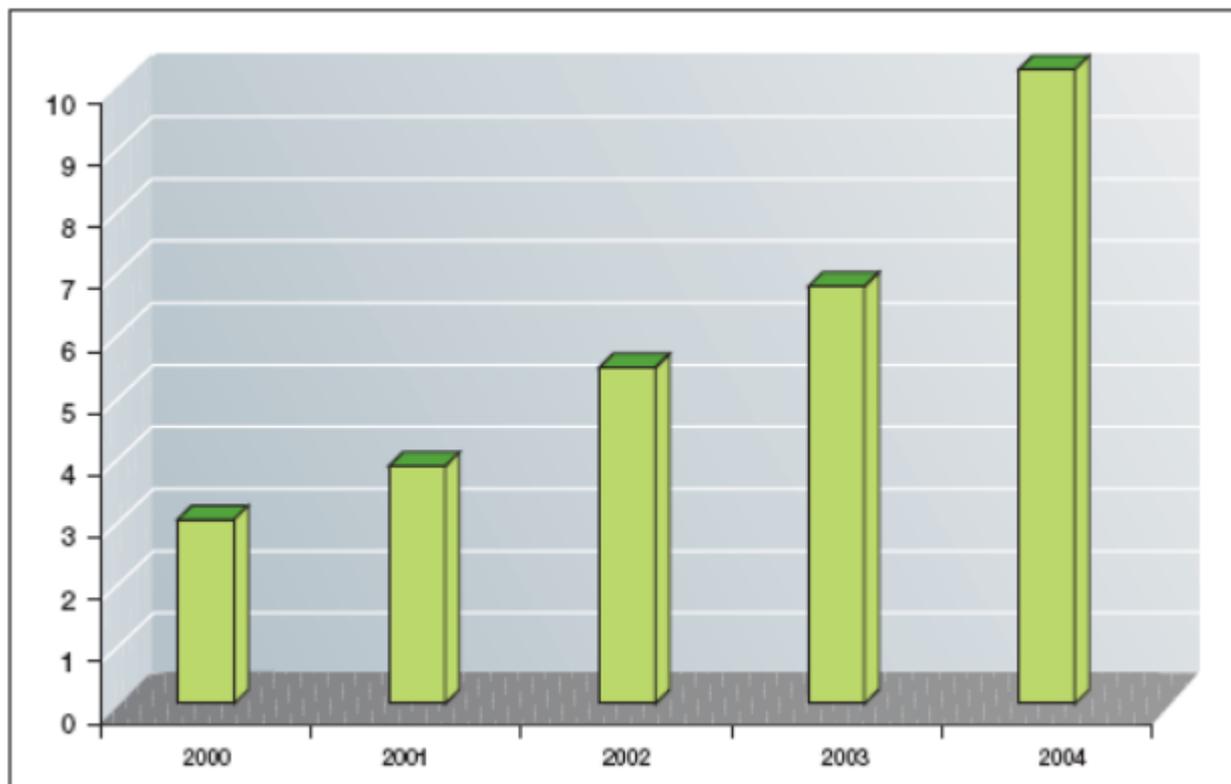
Parece prudente diversificar las opciones energéticas no desechando ninguna alternativa que demuestre su potencial. Con este principio, la energía solar fotovoltaica pide un sitio dentro de los esfuerzos globales para a cambiar o adaptar nuestro modelo energético, y lo pide porque su propia naturaleza la hace idónea para responder a los problemas medioambientales del modelo actual y porque el coste para apoyar su desarrollo es asumible, al ser, por ejemplo, una pequeñísima parte del coste de las catástrofes debidas al cambio climático (el director de los programas medioambientales de las Naciones Unidas y exministro alemán de Medio ambiente Klaus Töpfer estimó, en 100.000 millones de euros, el coste en el Año 2001, de los daños ocasionados por el cambio climático). El apoyo de la energía solar fotovoltaica en España, según el modelo de cálculo del ASIF con los datos de entrada que proporciona el Plan de Energías Renovables aprobado en el mes de agosto de este año, supondría en el mes más desfavorable del período que cumple el Plan una aportación de menos de medio euro en cada recibo de la luz de

**Estudio técnico económico de una planta solar fotovoltaica con
estructura fija conectada a la red y destinada a la venta de energía
MEMORIA**

las familias españolas. Dentro de unos años no será necesaria esta contribución al alcanzarse el objetivo de que el coste de generar electricidad en nuestro propio tejado fotovoltaico sea igual al precio que nos cobra la compañía eléctrica comercializadora. En este momento, y según el modelo, la penetración del mercado de la generación solar fotovoltaica se acercaría al 8% del consumo actual. Debemos recordar que muy pocas tecnologías estratégicas de las que ahora disfrutamos fueron rentables desde el primer momento y se desarrollaron en un contexto a merced de las leyes del mercado, sin necesitar apoyo de la sociedad y de sus gobiernos en sus primeras décadas de existencia; al contrario la mayoría de ellas lo necesitaron: el ferrocarril, los automóviles, la aviación, las telecomunicaciones y no solo sus satélites, la energía nuclear de fisión y, si tiene éxito, la habrá tenido la energía nuclear de fusión caliente, el ordenador, e incluso internet que necesito apoyo total durante sus primeros 30 años de vida. Con unos niveles de insolación tan favorables como tenemos en España y con una dependencia energética del exterior, el apoyo de la energía solar en nuestro país es especialmente fructífero, pues nuestras instalaciones solares son muy eficientes, y ayudan a nuestra independencia energética. Teniendo en cuenta los precios presentes de algunos productos energéticos que debemos importar, se podría decir que la ayuda actual a las energías autóctonas resulta menor de lo que pagamos ahora por nuestra vulnerabilidad energética. Nuestro actual presidente del gobierno ha dicho en el discurso con motivo de la ratificación del Protocolo de KYOTO que el poco apoyo a las energías renovables es un tema de inteligencia y debido, entre otras razones, a la naturaleza de la tecnología muy benigna con el medio-ambiente, a nuestra latitud geográfica y a la importante industria que tenemos, la ayuda perseverante de la sociedad española a la energía fotovoltaica cae de lleno en esta aseveración.

3.2.2. El desarrollo Fotovoltaico en España.

Se ha producido un cambio importante en el desarrollo fotovoltaico en España con la aprobación del RE 436/2004 cuya repercusión se ha notado en muchos aspectos.



Gráfica 3. Instalado en España. (MW por años)

3.2.2.1. En el aspecto económico.

Podemos decir que, antes de este decreto, los titulares de una instalación fotovoltaica en España no tenían una seguridad jurídica de que recibirían una prima por el kW. Fotovoltaico inyectado a la red durante los años necesarios para alcanzar el retorno de la inversión. El mercado necesitaba subvenciones importantes que disminuyeran esa inquietud, subvenciones que limitaban el mercado a los pocos MW. Al año para los que ha habido ayuda. El RD436/2004 ha dado a la mayoría de los inversores la seguridad de que va a tener una rentabilidad razonable, lo que en el Año 2005 ha propiciado, junto con un interés generalizado por esta tecnología, por su adecuación medioambiental, sencillez y fiabilidad, un aumento del número de proyectos y del tamaño medio de las instalaciones, con una media superior a los 3 kW. De hace solo 2 o 3 años. Las instalaciones realizadas en el año 2004 se estiman en algo más de 10MW. En el 2005 este volumen se ha superado con creces si tenemos en cuenta el alto número de proyectos que se están iniciando y los numerosos puntos de conexión a la red de distribución que se están pidiendo. Este nuevo contexto de mayor dinamismo y mayor volumen ha logrado que los precios bajen y que su bajada haya compensado la subida del precio de algunos de los componentes del sistema, como es el caso de los módulos fotovoltaicos antes mencionados. La bajada anual de precios en el último año en España se estima que ha sido del orden de un 5% que esto que se viene consiguiendo

**Estudio técnico económico de una planta solar fotovoltaica con
estructura fija conectada a la red y destinada a la venta de energía
MEMORIA**

tradicionalmente, con lo que la industria española, en su conjunto, fabricantes, distribuidores, instalaciones, etc., ha podido mantener el compromiso tácito de bajar anualmente los precios en justa correspondencia a la ayuda que recibe de la sociedad. Esta bajada de precios con respecto a años anteriores, junto con la seguridad que da al inversor el RD. 436/2004, permite no necesitar subvenciones para la mayoría de las instalaciones conectadas, lo que supone evitar, el proceso de pedir las que es muy costoso por sus tramitaciones siempre lentas y complejas, la incertidumbre en la adjudicación, el condicionamiento del calendario de montajes, etc. El no necesitar subvenciones para las instalaciones fotovoltaicas conectadas estándar en nuestro país que ha posibilitado el R.D. 436/2004, es una de las principales causas de la reducción media de precios observados.

3.2.2.2. En el aspecto financiero.

El aumento de potencia de las instalaciones y la percepción, por parte de las entidades financieras, del gran potencial de esta tecnología, están propiciando la entrada en el mercado de financiación privada. Se observa que grandes grupos bancarios del país están estudiando la entrada en nuestro sector, y algunos de ellos ya empiezan a ofrecer productos específicos para nuestros proyectos, como hicieron hace años para otras energías renovables hermanas.

Esto está dando un gran dinamismo a la financiación de proyectos fotovoltaicos que, tradicionalmente ha estado ligada a las convocatorias del ICO-IDAE las cuales tienen grandes ventajas- por las condiciones muy favorables de sus préstamos, pero que también tienen inconvenientes pues son equivalentes en proceso a una subvención. Es justo mencionar que las convocatorias del ICO-IDAE han tenido el mérito de ser las directas responsables del positivo desarrollo de nuestro mercado en los años anteriores. Debemos reconocer la importancia de estas convocatorias como pieza clave durante los años difíciles de despegue del mercado (se puede apreciar una directa correlación entre el volumen de las instalaciones realizadas cada año y los fondos disponibles en la financiación ICO-IDAE). En el nuevo contexto, las convocatorias del ICO-IDAE van a dejar de ser la locomotora del mercado para dejar paso a que lo sean las leyes del mercado, sin embargo, como veremos en el capítulo siguiente, pensamos que las convocatorias ICO-IDAE, adaptándose al nuevo contexto, deberían seguir jugando un papel importante en el desarrollo fotovoltaico.

3.2.2.3. En el aspecto fiscal.

Se puede seguir cuestionando. Incluso con el mayor tamaño de las instalaciones fotovoltaicas que conlleva el nuevo contexto, su inscripción en el Registro Territorial como fábrica de electricidad

**Estudio técnico económico de una planta solar fotovoltaica con
estructura fija conectada a la red y destinada a la venta de energía
MEMORIA**

(LEY38/92, LEY69/97, RD 1165/95 etc.). Así como la autorización, declaración, etc. correspondiente. Es cierto que, al ser instalaciones de baja potencia, la aplicación de este impuesto no supone pago de este impuesto especial, pero la burocracia mencionada sigue sin estar justificada para instalaciones hasta un cierto tamaño.

3.2.2.4. En el aspecto de la planificación.

La planificación, que conviene que abarque el mayor número de años posibles para permitir un amplio horizonte, juega un papel muy importante, en especial en sectores como el fotovoltaico que requiere de muchas voluntades actuando coordinadamente. En estos casos es especialmente oportuno disponer de una meta clara y común para que la Administración del Estado, Comunidades Autónomas, industria fotovoltaica, compañías eléctricas, banca privada, etc. Sepan hacia dónde van. El PER plantea un objetivo que podía haber sido superior, ASIF proponía 1.000 MW al pensar que era factible (crecimiento del 100% anual), y que nos acercaría rápidamente a nuestro objetivo último de ser líderes en esta tecnología, pero el objetivo del Plan de 400 MW es suficiente para ser un reto por lo que no procede a estas alturas, en opinión de ASIF, iniciar un debate sobre si es suficiente ambicioso o no, más teniendo en cuenta que el propósito que tiene el actual Gobierno con este objetivo es el mismo objetivo último de ASIF: hacer que la industria y mercado fotovoltaico español sean líderes mundiales.

3.2.2.5. En el aspecto de I+D+I.

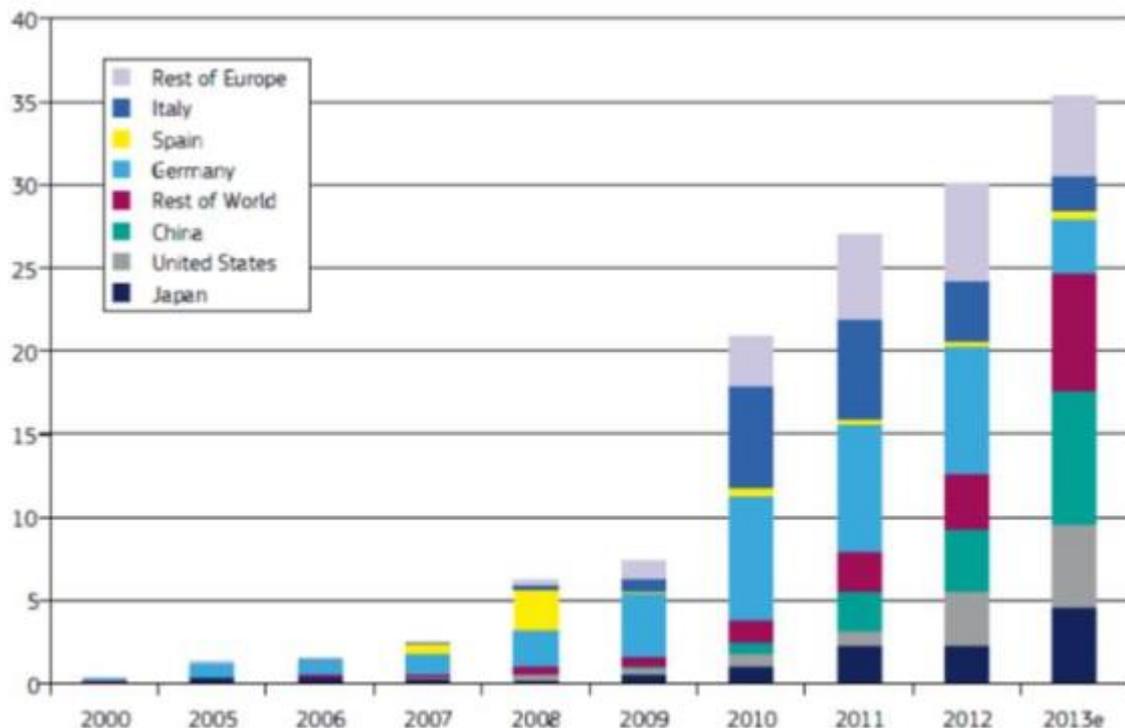
España sigue siendo un país con un gran patrimonio de científicos y técnicos- según el informe último de RENOVALIA, existen más de 170 investigadores en las tecnologías fotovoltaicas. Estos investigadores no siempre están respaldados por un apoyo económico que permita desarrollar sus ideas y trabajo con plenitud. Existe además la duda de si ese amplio patrimonio esta los suficientemente coordinado para evitar duplicaciones o perdida de sinergias. España está investigando en varios campos, en tecnología de células y módulos (purificación y crecimiento de silicio, generadores de alta eficiencia, de lámina delgada, de tercera generación, etc.) en electrónica, en integración arquitectónica, etc. Sin embargo, no todos los campos pueden abordarse con la intensidad necesaria y coherente con nuestra industria. Uno de ellos, el de la purificación y crecimiento del silicio, se ha mostrado clave, pues quien tenga la tecnología más eficiente en estos procesos podrá dominar el desarrollo fotovoltaico en los próximos años. Los distintos esfuerzos que se han iniciado en este campo en España deben coordinarse y ser apoyados económicamente por la administración.

3.2.3. -El desarrollo fotovoltaico mundial.

**Estudio técnico económico de una planta solar fotovoltaica con
estructura fija conectada a la red y destinada a la venta de energía
MEMORIA**

El silicio solar la producción de paneles solares fotovoltaicos sigue estando dominada por las células de silicio cristalino las cuales presentan “una madurez tecnológica total en nuestros días” como indica el informe de la Fundación COTEC. La producción española es toda ella de silicio cristalino. Los generadores fotovoltaicos fabricados el año pasado supusieron un incremento respecto al año anterior del 60%. Esta es una de las razones por las que se está observando una escasez de módulos respecto a la demanda. La razón última de estas tensiones de demanda-oferta hay que buscarlas en la insuficiente capacidad coyuntural de purificación del silicio. El silicio es el elemento, tras el Oxígeno más abundante y distribuido de nuestro planeta, pero no se encuentra aislado, ni puro, si no combinado con oxígeno, por ejemplo, en la cuarcita- con un 90% de óxido de silicio (SiO_2), y de la que se debe extraer el oxígeno y las impurezas para obtener en una primera etapa, el silicio de grado metalúrgico con pureza del orden del 90%.

Del silicio de grado metalúrgico obtenido por la industria metalúrgica se debe obtener un silicio con menos impurezas, no más de unas pocas partes por millón, para que pueda servir para las industrias electrónica y solar. La forma de hacerlo es mediante una transformación del silicio metalúrgico sólido en gas silano o triclorosilano del cual se extrae el silicio sólido con la pureza adecuada. La escasez de silicio de grado solar es coyuntural porque no hay limitaciones de silicio, ni silicio metalúrgico- las necesidades actuales de silicio solar son menos del 2% de la producción del silicio metalúrgico, ni del capital dispuesto a invertir en una industria como es la de la purificación que tiene un gran futuro y es rentable. Esta rentabilidad la proporciona, entre otras razones, el hecho que, por la escasez actual, el silicio de grado solar haya subido de precio y haga las inversiones atractivas. El aumento de un 100% del precio de esta materia prima, dependiendo de las tecnologías, repercute en un 10% aproximadamente en el módulo, y si el coste del módulo es del 50% del precio final del sistema llave en mano, la subida de la materia prima supone un incremento del 5% en el sistema fotovoltaico. Como se verá más adelante, esa subida, en los sistemas fotovoltaicos vendidos en el mercado español, están siendo compensadas por la bajada de precios que supone el mayor volumen y maduración del mercado en nuestro país. Esta situación coyuntural va a medio plazo hacia un resultado positivo: en un sector fotovoltaico con una producción importante de materia prima y por tanto en un sector más maduro, fuerte y más independiente del sector electrónico.



Gráfica 4. Producción mundial hasta el año 2013. (GWp)

3.3. INSTALACIONES CONECTADAS A LA RED ELECTRICA

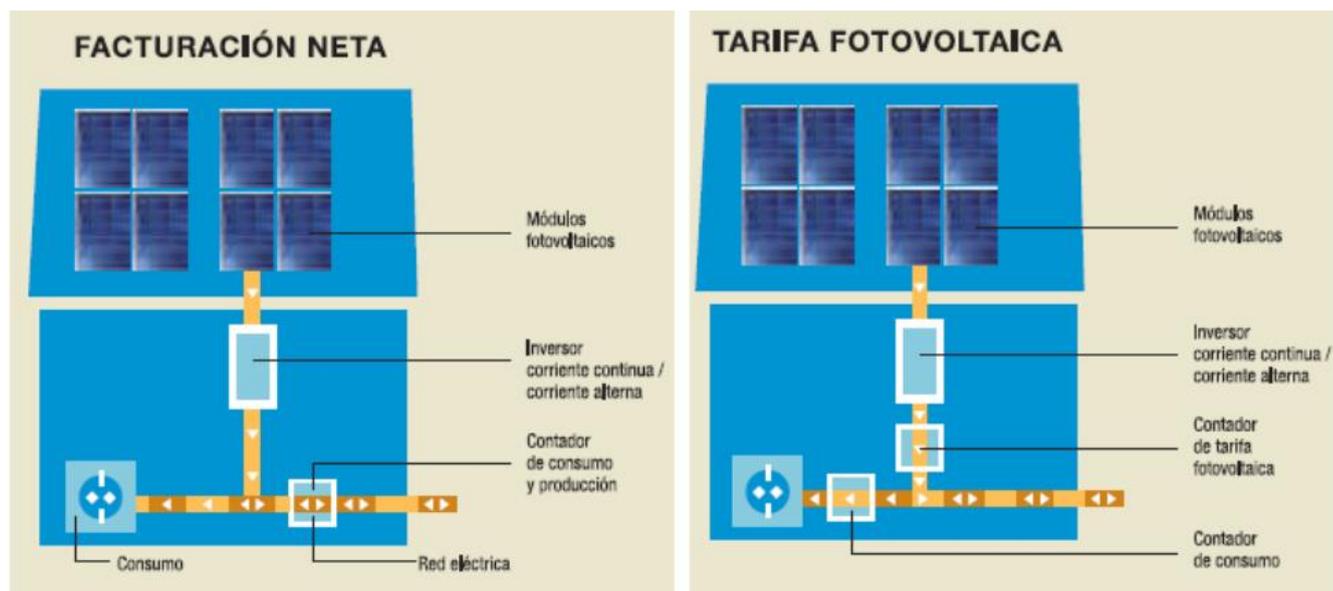
3.3.1. Fotovoltaica conectada a la red.

Más de un 90% de los generadores fotovoltaicos están conectados a la red de distribución eléctrica y vierten a ella su producción energética. Esto evita que instalaciones que necesiten baterías y constituyen una aplicación más directa y eficiente de la tecnología. Ya hay cientos de miles de sistemas fotovoltaicos conectados a la red que demuestran que la conexión a red es técnicamente factible y muy fiable. En países como Alemania, Japón o EE.UU., un número cada vez más de personas y empresas están interesadas en instalar un sistema fotovoltaico y conectado a la red. Las motivaciones para dar un paso semejante son diversas algunos lo hacen para ganar dinero con la venta de la electricidad solar; otros para ahorrar electricidad en los picos de demanda o para dar estabilidad al consumo si el suministro que reciben es inestable; muchos otros justifican en todo o parte la inversión por conciencia ambiental. En todos los casos existe la motivación de contribuir a desarrollo de esta tecnología limpia. Formas de conectarse a la red. Para la conexión a red se utiliza un inversor que convierte la corriente continua de los paneles en corriente alterna. El inversor cumple además otras funciones monitoriza el sistema y lo desconecta de la red si hay algún funcionamiento anormal. Hay dos formas de conectarse a la red:

3.3.1.1. Facturación neta.

Estudio técnico económico de una planta solar fotovoltaica con estructura fija conectada a la red y destinada a la venta de energía
MEMORIA

La electricidad solar se usa primero para consumo propio y los excedentes, si los hay, se inyectan a la red. El sistema fotovoltaico se conecta cerca del contador, pero en el lado del consumidor, reduciendo la necesidad de comprar electricidad; por lo tanto, disminuye la factura de la compañía eléctrica, que suministra sólo la energía que no aportan los paneles. Cuando se produce un excedente, esa producción eléctrica se vierte en la red y puede recibir la tarifa fotovoltaica correspondiente, si lo contempla la regulación.



Esquema 1. Esquemas facturación fotovoltaica

3.3.1.2. Tarifa fotovoltaica.

En los países donde la legislación obliga a las compañías eléctricas a aceptar la generación que conecta a sus redes y existe una tarifa para recompensar el kWh. de origen fotovoltaico, el sistema solar se suele conectar directamente a la red eléctrica, de modo que se inyecta el 100% de la energía producida. En la práctica, las dos formas logran que la electricidad generada se consuma en el lugar que se produce, ya sea en el propio edificio que aloja los paneles o por los consumidores cercanos a una instalación sobre suelo o sobre un elemento constructivo; sin embargo, financiera y administrativamente son dos casos muy distintos. En el caso de la tarifa fotovoltaica, mucho más eficaz para promover la fuente renovable, se tiene que emitir una factura y se tiene que llevar una contabilidad (En España, además, hay que hacer todos los trámites de una actividad económica, con la independencia del tamaño de la instalación), en el caso de la facturación neta, en cambio, se obtiene un ahorro de consumo que no conlleva ninguna carga burocrática.

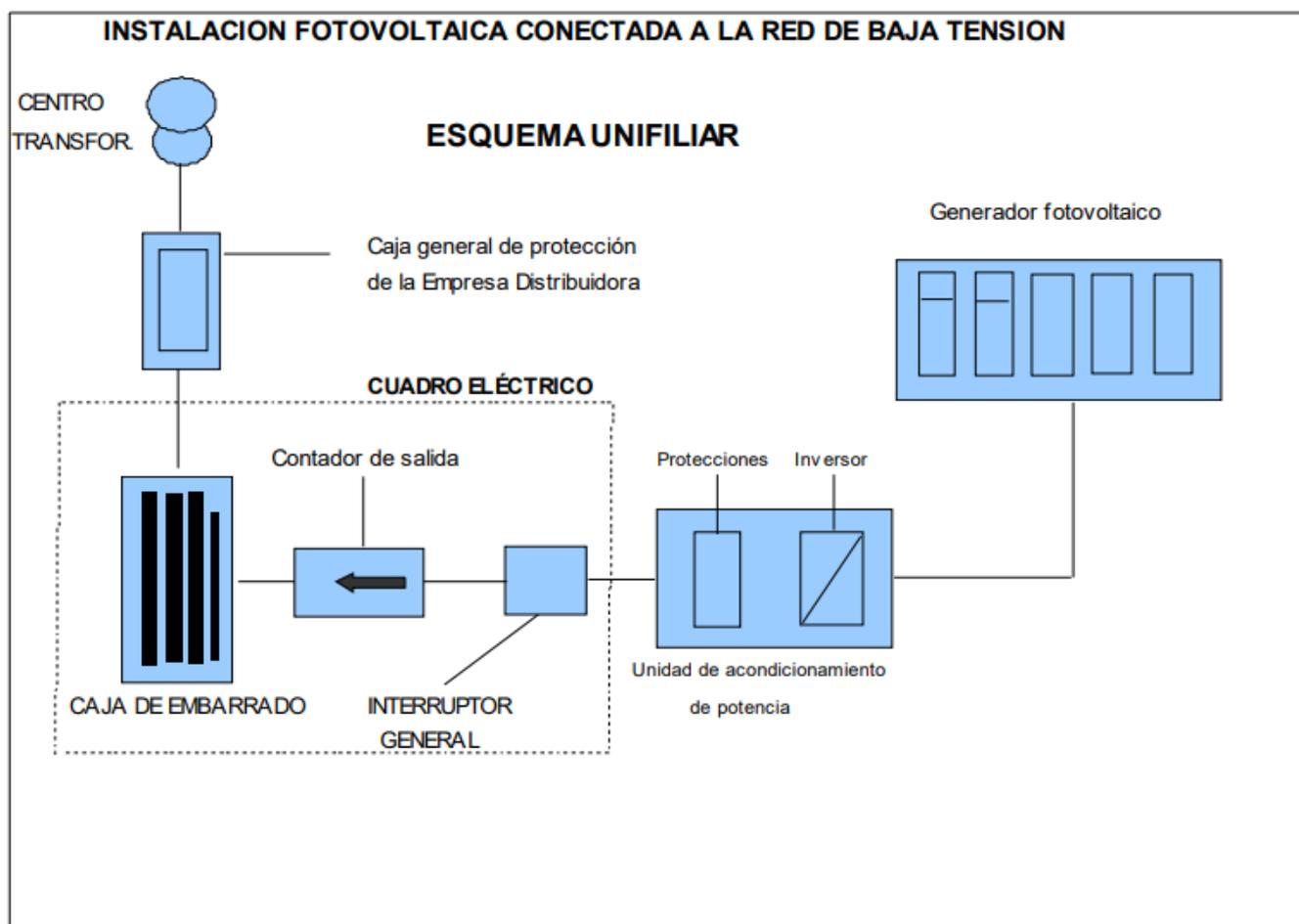
3.3.2. Fotovoltaica en edificación.

La mayoría de los sistemas fotovoltaicos en edificios (viviendas, centros comerciales, naves industriales...) se montan sobre tejados y cubiertas, pero se espera que un creciente número de

instalaciones se integren directamente en el cerramiento de los inmuebles, incorporándose a tejas y otros materiales de construcción. Los sistemas fotovoltaicos sobre tejados y cubiertas son de pequeño a mediano tamaño, esto es de 5 kW a 200 kW. aunque a veces se supera este valor y se alcanzan dos o tres MW. Los sistemas fotovoltaicos también pueden reemplazar directamente a los componentes convencionales de las fachadas. Las fachadas solares son elementos enormemente fiables que aportan un diseño moderno e innovador al edificio y, al mismo tiempo, producen electricidad. En varios países son elementos que contribuyen a la imagen de prestigio y al prestigio corporativo de las empresas. Asimismo, la fotovoltaica puede integrarse en otros elementos de la construcción: lamas parasoles, lucernarios, pérgolas, marquesinas, etc.

3.3.3. Elementos que componen la instalación.

Adjuntamos esquema unifilar del sistema fotovoltaico conectado a la red de baja tensión y que no contempla la posibilidad de interconectar con los cuadros de distribución de consumo interno.



Esquema 2. Esquema instalación fotovoltaica conectada a red.

Los elementos que conforman la instalación son los siguientes:

3.3.3.1. Generador fotovoltaico.

Estudio técnico económico de una planta solar fotovoltaica con estructura fija conectada a la red y destinada a la venta de energía
MEMORIA

Que transforma la energía solar en energía eléctrica. Está constituido por paneles solares y estos a su vez están formados por varias células iguales conectadas eléctricamente entre sí, en serie y/o en paralelo, de forma que la tensión y corriente suministradas por el panel se incrementa hasta ajustarse al valor deseado. La mayor parte de los paneles solares se construyen asociando primero células en serie hasta conseguir el nivel de tensión deseado, y luego asociando en paralelo varias asociaciones serie de células para alcanzar el nivel de corriente deseado. Además, el panel cuenta con otros elementos a parte de las células solares, que hacen posible la adecuada protección del conjunto frente a los agentes externos; asegurando una rigidez suficiente, posibilitando la sujeción a las estructuras que lo soportan y permitiendo la conexión eléctrica.

3.3.3.2. Inversor.

Es el equipo encargado de transformar la energía recibida del generador fotovoltaico (en forma de corriente continua) y adaptarla a las condiciones requeridas según el tipo de cargas, normalmente en corriente alterna y el posterior suministro a la red. Los inversores vienen caracterizados principalmente por la tensión de entrada, que se debe adaptar al generador, la potencia máxima que puede proporcionar y la eficiencia. Esta última se define como la relación entre la potencia eléctrica que el inversor entrega a la utilización (potencia de salida) y la potencia eléctrica que extrae del generador (potencia de entrada). Aspectos importantes que habrán de cumplir los inversores: Deberán tener una eficiencia alta, pues en caso contrario se habrá de aumentar innecesariamente el número de paneles para alimentar la carga. Estar adecuadamente protegidos contra cortocircuitos y sobrecargas. Incorporar rearme y desconexión automáticos. Admitir demandas instantáneas de potencia mayores del 150% de su potencia máxima. Cumplir con los requisitos, que establece el Reglamento de Baja Tensión. Baja distorsión armónica. Bajo consumo. Aislamiento galvánico. Sistema de medidas y monitorización.

3.3.3.3. Equipo de medida.

Es el encargado de controlar numéricamente la energía generada y volcada a la red para que con los datos obtenidos se puedan facturar a la Compañía a los precios acordados.

3.3.3.4. Estructura de soporte de las placas.

El bastidor es el encargado de sujetar el panel solar, y muchas veces será un kit de montaje para instalarlo adecuadamente. En el caso de que no se suministrará en kit el instalador lo realizará de acuerdo a la normativa existente, además de tener en cuenta la fuerza del viento entre otras cosas. La estructura deberá soportar como mínimo una velocidad del viento de 150 Km./h. Esta estructura es la que fijará la inclinación de los paneles solares. Hay varios tipos de estructuras:

**Estudio técnico económico de una planta solar fotovoltaica con
estructura fija conectada a la red y destinada a la venta de energía
MEMORIA**

desde un simple poste que soporta 4 paneles solares, hasta grandes estructuras de vigas aptas para aguantar varias decenas de ellos. Para anclar estos paneles utilizaremos hormigón y tornillos de rosca (acero inoxidable), siendo tanto la estructura como los soportes de acero inoxidable, hierro galvanizado o aluminio anodinado, de un espesor de chapa 1mm y han de dejar una altura mínima entre el suelo y el panel de 30cm, y en la montaña o lugares donde llueve mucho, algo mayor, para evitar que sean alcanzados o enterrados por la nieve o el agua. No obstante, es recomendable consultar el reglamento electrotécnico de baja tensión M.B.T. 039. Si se instalan mástiles, se tendrá que arriostrar, y si su base es de hormigón, la reforzaremos con tiras de acero, o introduciendo piezas metálicas en el hormigón cuando este esté blando, para que quede bien sujeto (éste es el método más empleado). Pero si se montan las placas en postes, se utilizarán flejes de acero inoxidable grapados o unidos con una hebilla del mismo material.

3.3.3.5. Caja General de Protección

La caja general de protección es la encargada de salvaguardar toda la instalación eléctrica de un posible cortocircuito o punta de intensidad la cuál afectaría a todos los componentes conectados a la red. Esta caja general de protección podrá llevar tanto protecciones térmicas como fusibles.

3.3.3.6. Puesta a tierra.

La puesta a tierra de la instalación es muy importante ya que delimita la tensión que pueda presentarse en un momento dado en las masas metálicas de los componentes, asegurando la actuación de las protecciones y eliminando el riesgo que supone el mal funcionamiento o avería de alguno de los equipos. tomas a tierra se establecen principalmente a fin de limitar la tensión que puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.

3.3.3.7. Cableado de Interconexión

Es el encargado de conectar los distintos paneles solares con las cajas de interconexión y con otra instrumentación. Este cableado de paneles se realizará con materiales de alta calidad para que se asegure la durabilidad y la fiabilidad del sistema a la intemperie. El cableado evidentemente tendrá que cumplir con el reglamento técnico de baja tensión. Las conexiones, cables, equipos y demás elementos tendrán que tener el grado de protección IP.535, concepto que se define en la norma UNE 20-234. Los cables utilizados tendrán una última capa de protección con un material resistente a la intemperie y la humedad, de tal forma que no le afecten internamente los agentes atmosféricos. Entre las conexiones eléctricas entre paneles usaremos siempre terminales. Los

**Estudio técnico económico de una planta solar fotovoltaica con
estructura fija conectada a la red y destinada a la venta de energía
MEMORIA**

terminales de los paneles pueden ser bornas en la parte de detrás del panel o estar situados en una caja de terminales a la caja espalda del mismo. En el primer caso tendremos capuchones de goma para la protección de los terminales contra los agentes atmosféricos. La caja de terminales es una buena solución en el caso de que cumpla con el grado de protección IP.535. En instalaciones donde se monten paneles en serie y la tensión sea igual o mayor a 24V instalaremos diodos de derivación. La sección del cable de conexión no debe de ser superior a 6mm. Es necesario también cuidar los sistemas de paso de los cables por muros y techos para evitar la entrada de agua en el interior. Las técnica y tendido para la fijación de los cables han de ser las habituales en una instalación convencional. Los conductores pueden ir bajo tubo al aire, en el primer caso puede ir empotrado o no. La sujeción se efectuará mediante bridas de sujeción, procurando no someter una excesiva doblez a los radios de curvatura. Los empalmes se realizarán con accesorios a tal efecto, usando cajas de derivación siempre que sea posible.

3.3.4. Acometida eléctrica.

Es la parte de la instalación de red de distribución, que alimenta la caja general de protección o unidad funcional equivalente (CGP). Los conductores serán de cobre o aluminio. Esta línea está regulada por la ITC-BT-11. Atendiendo su trazado, al sistema de instalación y a las características de la red, la acometida será subterránea. Los cables serán aislados, de tensión asignada 0,6/1 KV, y podrán instalarse directamente enterrados o enterrados bajo tubo. Se remarca que la acometida será parte de la instalación constituida por la Empresa Suministradora, por lo tanto, el diseño y trazado se basará en las normas propias y particulares de la misma. El centro de transformación al que se conectará la instalación es objeto de un proyecto totalmente diferenciado y que se ajustará a las mejores condiciones de servicio propuestas por la Empresa Distribuidora.

3.3.5. Instalación de enlace.

3.3.5.1. Caja de protección y medida.

Por tratarse de un suministro a un único usuario, se colocará en un único conjunto la caja general de protección y el equipo de medida. El fusible de seguridad situado antes del contador coincidirá con el fusible que incluye una CGP. Las cajas de protección y medida se instalarán en lugares de libre y permanente acceso. La situación se fijará de común acuerdo entre la propiedad y la empresa suministradora. Se instalará un nicho de pared, que se cerrará con una puerta metálica, con un grado de protección IH10 según UNE-EN 50.102, revestida exteriormente de acuerdo con las características del entorno y estará protegida contra la corrosión, disponiendo de una cerradura normalizada por la empresa suministradora. Los dispositivos de lectura de los Equipos

**Estudio técnico económico de una planta solar fotovoltaica con
estructura fija conectada a la red y destinada a la venta de energía
MEMORIA**

se situarán en una altura comprendida entre 0,70 y 1,80 m. Se dejarán previstos los orificios necesarios para alojar los conductos de entrada a la acometida. Las cajas de protección y medida a utilizar corresponderán a uno de los tipos recogidos en las especificaciones técnicas de la empresa suministradora. Dentro de los mismos se instalarán cortocircuitos fusibles en los conductores de fase, con poder de corte igual o superior a la corriente de cortocircuito previsto en el punto de instalación. Las cajas de protección y medida cumplirán todo lo que indica en la Norma UNE-EN 60.349-1, y tendrán un grado de protección IP43 según UNE 20.324 Y IK 09 según UNE-EN 50.102 y serán precintables. El envoltente deberá disponer de la ventilación interna necesaria que garantice la no formación de condensaciones. El material transparente para la lectura será resistente a la acción de los rayos ultravioleta. Las disposiciones generales de este tipo de caja quedan recogidas en la ITC-BT-13. El contador será de cuatro cuadrantes y dispondrá de un código de barras que será proporcionado por la compañía eléctrica.

3.3.5.2. Dispositivos generales e individuales de comando y protección.

Los dispositivos generales de mando y protección se situarán lo más cerca posible del punto de entrada de la derivación individual. Se colocará una caja para el interruptor de control de potencia inmediatamente antes de los otros dispositivos, en compartimento independiente y precintable. Esta caja se podrá colocar en el mismo cuadro donde se coloquen los dispositivos generales de comando y protección. La altura a la que se situarán los dispositivos generales e individuales de comando y protección de los circuitos, medida desde el nivel del suelo, estará comprendida entre 1 y 2 metros. Los envoltentes de los cuadros se ajustarán a las normas UNE 20.451 Y UNE-EN 50493-3, con un grado de protección mínimo de IP 30 según UNE 20.324 y IK07 según UNE-EN 50.102. El envoltente para el interruptor del control de potencia será precintable y sus dimensiones estarán de acuerdo con el tipo de suministro y tarifa a aplicar. Sus características y tipo serán de un modelo aprobado oficialmente. El instalador fijará de forma permanente sobre el cuadro de distribución una placa, impresa con caracteres indelebles, en la cual conste su nombre o marca comercial, fecha de realización de la instalación, así como la intensidad asignada del interruptor general automático. Los dispositivos generales e individuales de comando y protección serán, como mínimo: Un interruptor general automático de corte omipolar, de intensidad nominal 160 A que permite su accionamiento manual y dotado de elementos de protección contra sobrecarga y cortocircuitos según (ITC-BT-22). Tendrá poder de corte suficiente para la intensidad de corto circuito que pueda producirse en cualquier punto de la instalación. Un relé diferencial general, con transformador toroidal asociado al interruptor general, destinado a

**Estudio técnico económico de una planta solar fotovoltaica con
estructura fija conectada a la red y destinada a la venta de energía
MEMORIA**

la protección contra contactos indirectos de todos los circuitos (según ITC-BT-24). Se cumplirá la siguiente condición:

$$\mathbf{R_a \times I_a < U}$$

Ra: es la suma de las resistencias de la toma de tierra y de los conductores de protección de masas.

Ia: es la corriente que asegura el funcionamiento del dispositivo de protección (corriente diferencial residual asignada)

U: es la tensión de contacto límite convencional.

(50V en locales secos y 24V en locales húmedos)

Todas las masas de los equipos eléctricos protegidos por un mismo dispositivo de protección, han de estar interconectados y unidos por un conductor de protección a una misma toma a tierra.

- Dispositivos de corte omnipolar destinados a la protección contra sobrecargas y corto circuitos de cada uno de los circuitos interiores. (Según ITC-BT-22).

- Dispositivo de protección contra sobretensiones, según ITC-BT-23, si fuese necesario.

4. EMPLAZAMIENTO

En el estudio del emplazamiento se han tenido en cuenta algunos factores. En primer lugar, se trata de un solar con un precio del suelo bastante bajo y, por tanto, con posibilidades de una futura revalorización de los terrenos. Otro de los factores importantes ha sido la gran comunicación que presenta, debido a que está situado junto la carretera JP-2332, que conecta con la A-44, siendo una vía clave para el transporte.

El solar donde se ubicará la actividad está situado en el término municipal de Jaén, en la calle Diseminado Ctra Cuevas, 47, 23009

Coordenadas: 37°47'51.5"N 3°47'53.7"W

Elevación: 235 m.s.n.m.

Superficie total: 175.044,57 m² (1.884.164,08 pies²)

Distancia total: 2,05 km (1,28 mi)

En la fotografía siguiente se puede ver el emplazamiento donde se situará la instalación:

Estudio técnico económico de una planta solar fotovoltaica con
estructura fija conectada a la red y destinada a la venta de energía
MEMORIA



Imagen 2. Emplazamiento instalación.

La distribución de los módulos se ha de realizar con el fin de maximizar la producción anual de energía. Los principales parámetros que afectan al rendimiento de una instalación solar son:

- Orientación
- Inclinación
- Sombras sobre los módulos fotovoltaicos
- Pérdidas eléctricas
- Ventilación de los módulos fotovoltaicos

El solar donde se situará la instalación tiene una orientación Sur: La orientación óptima. La inclinación de la placa será la más óptima, para esta latitud será de 35°. Se instalarán placas de 315 Wp agrupadas en series de 15 placas con una potencia de 4.725 Wp por serie. Estas se agruparán en 16 cajas de conexión, que se agruparán en otras dos cajas de conexión de nivel dos y que finalmente conectarán con dos inversores. La instalación estará formada por 94 líneas en paralelo, 47 por cada inversor. Esto es un total de 1410 paneles. En el apartado 6 se describe detalladamente la instalación.

5. NORMATIVA APLICABLE

**Estudio técnico económico de una planta solar fotovoltaica con
estructura fija conectada a la red y destinada a la venta de energía
MEMORIA**

Para la redacción del presente proyecto se ha tenido en cuenta la siguiente reglamentación:

- Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto de 2002 por el que se aprueba el nuevo Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, e Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC) BT01 a BT 51.
- Real Decreto 842/2013, de 31 de octubre, por el que se aprueba la clasificación de los productos de construcción y de los elementos constructivos en función de sus propiedades de reacción y de resistencia frente al fuego.
- Guía Técnica de aplicación al Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión del Ministerio de Ciencia y Tecnología.
- ORDEN de 16 de abril de 2010, por la que se aprueban las Normas Particulares para las Instalaciones de Enlace, en el ámbito de suministro de Endesa Distribución Eléctrica, S.L.U.
- Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.
- Real Decreto 900/2015, de 9 de octubre, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo.
- 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. (si procede).
- Orden FOM/1635/2013, de 10 de septiembre, por la que se actualiza el Documento Básico DB-HE «Ahorro de Energía», del Código Técnico de la Edificación, aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre de prevención de riesgos laborales; modificaciones por ley 54/2003, de 12 de diciembre, en reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico, y resto de normativa aplicable en materia de prevención de riesgos.
- Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de lugares de trabajo, que adopta la norma UNE 12464. Raae: Real decreto 208/2005, de 25 de febrero, sobre aparatos eléctricos y electrónicos y la gestión de sus residuos.

**Estudio técnico económico de una planta solar fotovoltaica con
estructura fija conectada a la red y destinada a la venta de energía
MEMORIA**

- Rohs directiva 2002/95ce: restricciones de la utilización de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos.
- Real Decreto 187/2011, de 18 de febrero, relativo al establecimiento de requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos relacionados con la energía.
- Norma UNE 72112 tareas visuales. Clasificación.
- Norma UNE 72163 niveles de iluminación. Asignación de tareas.
- Norma UNE-EN 60617: símbolos gráficos para esquemas.
- Norma UNE-EN 60439-4/A1 Requisitos particulares para conjuntos para obras (CO) símbolos gráficos para esquemas.
- Norma UNE 21144-3-2: cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 3: secciones sobre condiciones de funcionamiento. Sección 2: optimización económica de las secciones de los cables eléctricos de potencia.
- UNE 20.324: grados de protección proporcionados por las envolventes (código IP).
- UNE 20460-7-712 Instalaciones eléctricas en edificios. Reglas para las instalaciones y emplazamientos especiales. Sistemas de alimentación solar fotovoltaica (PV).
- UNE 21.027: cables aislados con goma de tensiones asignadas inferiores o iguales a 450/750v.
- UNE 21.030: conductores aislados cableados en haz de tensión asignada 0,6/1 kv, para líneas de distribución y acometidas.
- UNE 21.123: cables eléctricos de utilización industrial de tensión asignada 0,6/1 kv.
- UNE 21.150: cables flexibles para servicios móviles, aislados con goma de etileno-propileno y cubierta reforzada de policloropreno o elastómero equivalente de tensión nominal 0,6/1 kv.
- UNE 21.1002: cables de tensión asignada hasta 450/750 v con aislamiento de compuesto termoplástico de baja emisión de humos y gases corrosivos. Cables unipolares sin cubierta para instalaciones fijas.
- UNE-EN 50.102: grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra impactos mecánicos externos (código ik).
- UNE-EN 50.107: rótulos e instalaciones de tubos luminosos de descarga que funcionan con tensiones asignadas de salida en vacío superiores a 1kv pero sin exceder 10kV.
- UNE-EN 50.380 Informaciones de las hojas de datos y de las placas de características para los módulos fotovoltaicos
- UNE-EN 50.521 Conectores para sistemas fotovoltaicos. Ensayos y requisitos de seguridad

**Estudio técnico económico de una planta solar fotovoltaica con
estructura fija conectada a la red y destinada a la venta de energía
MEMORIA**

- UNE-EN 50.618 Cables para sistemas fotovoltaicos
- UNE-EN 60269-6 Fusibles de baja tensión. Parte 6: Requisitos suplementarios para la protección de sistemas de energía solar fotovoltaica
- UNE-HD 60364-7-712 Instalaciones eléctricas de baja tensión. Requisitos para instalaciones o emplazamientos especiales. Sistemas de alimentación solar fotovoltaica (FV)
- UNE-EN 60.439-4: conjuntos de aparataje de baja tensión. Parte 4: requisitos particulares para obras (CO). UNE-EN 60.598: luminarias.
- UNE-EN 60.742: transformadores de separación de circuitos y transformadores de seguridad. Requisitos.
- UNE-EN 60.947-2: aparataje de baja tensión. Parte 2: interruptores automáticos.
- UNE-EN 61215 Módulos fotovoltaicos (PV) para uso terrestre. Cualificación del diseño y homologación
- UNE-EN 61215-1 Módulos fotovoltaicos (PV) para uso terrestre. Cualificación del diseño y homologación. Parte 1: Requisitos de ensayo.
- UNE-EN 61215-1-1 Módulos fotovoltaicos (PV) para uso terrestre. Cualificación del diseño y homologación. Parte 1-1: Requisitos especiales de ensayo para los módulos fotovoltaicos (FV) de silicio cristalino
- UNE-EN 61.558: seguridad de los transformadores, unidades de alimentación y análogos.
- UNE-EN 61683:2001 Sistemas fotovoltaicos. Acondicionadores de potencia. Procedimiento para la medida del rendimiento
- UNE-EN 62093 Componentes de acumulación, conversión y gestión de energía de sistemas fotovoltaicos. Cualificación del diseño y ensayos ambientales
- UNE-EN 62116:2014 V2 Inversores fotovoltaicos conectados a la red de las compañías eléctricas. Procedimiento de ensayo para las medidas de prevención de formación de islas en la red.
- UNE-EN 62446 Sistemas Fotovoltaicos conectados a red. Requisitos mínimos de documentación, puesta en marcha e inspección de un sistema.
- UNE-EN 62446-1 Sistemas Fotovoltaicos (FV). Requisitos para ensayos, documentación y mantenimiento. Parte 1: Sistemas conectados a red. Documentación, ensayos de puesta en marcha e inspección.

6. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA INSTALACIÓN

6.1. POTENCIA A INSTALAR

La instalación a tratar se ha dividido en dos partes iguales, es decir, se trata de dos inversores a los cuales llega la misma potencia. Como se ha mencionado previamente en el apartado 4, cada inversor está conformado por 47 series de 15 paneles (3x5), estos 47 paneles se han agrupado en 8 cajas de conexión, es decir hay 7 cajas a las que se conectan 6 series y una última caja a la que se conectan solo 5 (Esta última es la más lejana a cada inversor). Las 8 cajas de conexión se conectan directamente a otra de nivel 2 y por último a su respectivo inversor.

La potencia pico a instalar será de 440 kW (220kW/inversor). Esta potencia coincide con la potencia pico de un panel, multiplicada por el número total de paneles. En este caso se instalarán 1410 paneles de 315 Wpico cada uno. Los inversores y los transformadores se dimensionarán para no limitar la potencia de la instalación, por lo que el parámetro a considerar será este valor de potencia pico.

6.2. ELECCIÓN DEL PANEL FOTOVOLTAICO

Los paneles fotovoltaicos a instalar van a suponer la mayor parte del coste total del proyecto. Hay 1410 unidades de ellos, por lo que una buena o mala elección de los mismos es de vital importancia para la vida y la rentabilidad de esta instalación. Para la elección del panel fotovoltaico se han tenido en cuenta seis parámetros.

- **Potencia.** Al ser una gran instalación, interesa ir a un módulo con la mayor potencia posible dentro de la gama comercial a la que tengamos acceso. Interesan paneles con potencia pico entorno a los 300 Wp.
- **Eficiencia.** Se define como el cociente entre la potencia eléctrica que nos genera el panel y la potencia irradiada sobre el mismo, para unas condiciones determinadas. Siempre es un factor favorable ya que una mayor eficiencia nos permite reducir el área física de actuación de la instalación de la planta. Si para una misma potencia instalada reducimos las dimensiones físicas ocupadas, se producirá un ahorro en costes de estructuras, cableados, canalizaciones, etc., y por consiguiente menores pérdidas por efecto Joule en los cableados.
- **Precio.** Evidentemente es un factor determinante el coste de adquisición del panel por watio pico de potencia.
- **Disponibilidad comercial.** Ligada también al punto previo, es deseable que un mismo

**Estudio técnico económico de una planta solar fotovoltaica con
estructura fija conectada a la red y destinada a la venta de energía
MEMORIA**

producto puedan suministrarlo varios proveedores. Así pues, hay fabricantes que distribuyen su producto a través de almacenes de material eléctrico diversos, y en cambio otros tienen distribuidores específicos por áreas geográficas. No obstante, lo importante es garantizar que, una vez elegido el producto, su suministro tenga plazos de entrega razonables.

- **Otros parámetros técnicos.** En este punto cabe mencionar algunos parámetros característicos de los paneles fotovoltaicos. Por ejemplo, su pérdida de eficiencia en función de la temperatura de trabajo es un factor importante, ya que cuando más producen estas instalaciones es precisamente cuando más potencia irradiada reciben del sol, y por tanto cuando van a estar sometidos a mayor temperatura. Otro aspecto puede ser la pérdida de características con el paso de los años, ya que este tipo de instalaciones requieren fuertes inversiones iniciales, que solo podrían ser viables por la durabilidad de los elementos de la instalación durante periodos de tiempo suficientes para que la inversión sea rentable.
- **Referencias del fabricante.** En general, cuanto más información técnica podamos obtener de un fabricante, mayor sensación de seriedad tendremos del mismo a priori. Cualquier otra fuente de información procedente de gente del sector (proveedores, industriales, etc.) debe ser al menos escuchada y valorada a la hora de la elección del producto. Y cualquier otra fuente de información (internet, foros de especialistas, etc.) será útil para tener el máximo de elementos a la hora de tomar la decisión final.

Panel elegido

Teniendo en cuenta los parámetros anteriormente mencionados, se ha elegido para este proyecto el modelo **Atersa A-315P**. A continuación, se presentan las características del panel seleccionado (Imagen 3) así como la vista genérica de la construcción de un módulo (Imagen 4) y su curva de características de I-V para distintas irradiancias (Gráfica 5):

Estudio técnico económico de una planta solar fotovoltaica con estructura fija conectada a la red y destinada a la venta de energía
MEMORIA

Características eléctricas (STC: 1kW/m ² , 25°C±2°C y AM 1,5)*			
	A-305P	A-310P	A-315P
Potencia Nominal (0/+5 W)	305 W	310 W	315 W
Eficiencia del módulo	15,78%	15,94%	16,19%
Corriente Punto de Máxima Potencia (Imp)	8,27 A	8,35 A	8,43 A
Tensión Punto de Máxima Potencia (Vmp)	36,88 V	37,14 V	37,37 V
Corriente en Cortocircuito (Isc)	8,78 A	8,83 A	8,88 A
Tensión de Circuito Abierto (Voc)	45,97 V	46,14 V	46,31 V
Parámetros térmicos			
Coefficiente de Temperatura de Isc (α)	0,04% /°C		
Coefficiente de Temperatura de Voc (β)	-0,32% /°C		
Coefficiente de Temperatura de P (γ)	-0,43% /°C		
Características físicas			
Dimensiones (mm ± 2 mm)	1965x990x40		
Peso (kg)	24		
Área (m ²)	1,95		
Tipo de célula	Policristalina 156x156 mm (6 pulgadas)		
Células en serie	72 (6x12)		
Cristal delantero	Cristal templado ultra claro de 4 mm		
Marco	Aleación de aluminio pintado en poliéster		
Caja de conexiones / Opcional	QUAD IP54 / QUAD IP65		
Cables	Cable Solar 4 mm ² 1250 mm		
Conectores	MC4 o combinable MC4		
Rango de funcionamiento			
Temperatura	-40°C a +85°C		
Máxima Tensión del Sistema / Protección	1000 V / CLASS II		
Carga Máxima Viento / Nieve	2400 Pa (130 km/h) / 5400 Pa (551 kg/m ²)		
Máxima Corriente Inversa (IR)	15,1 A		

Imagen 3. Panel seleccionado.

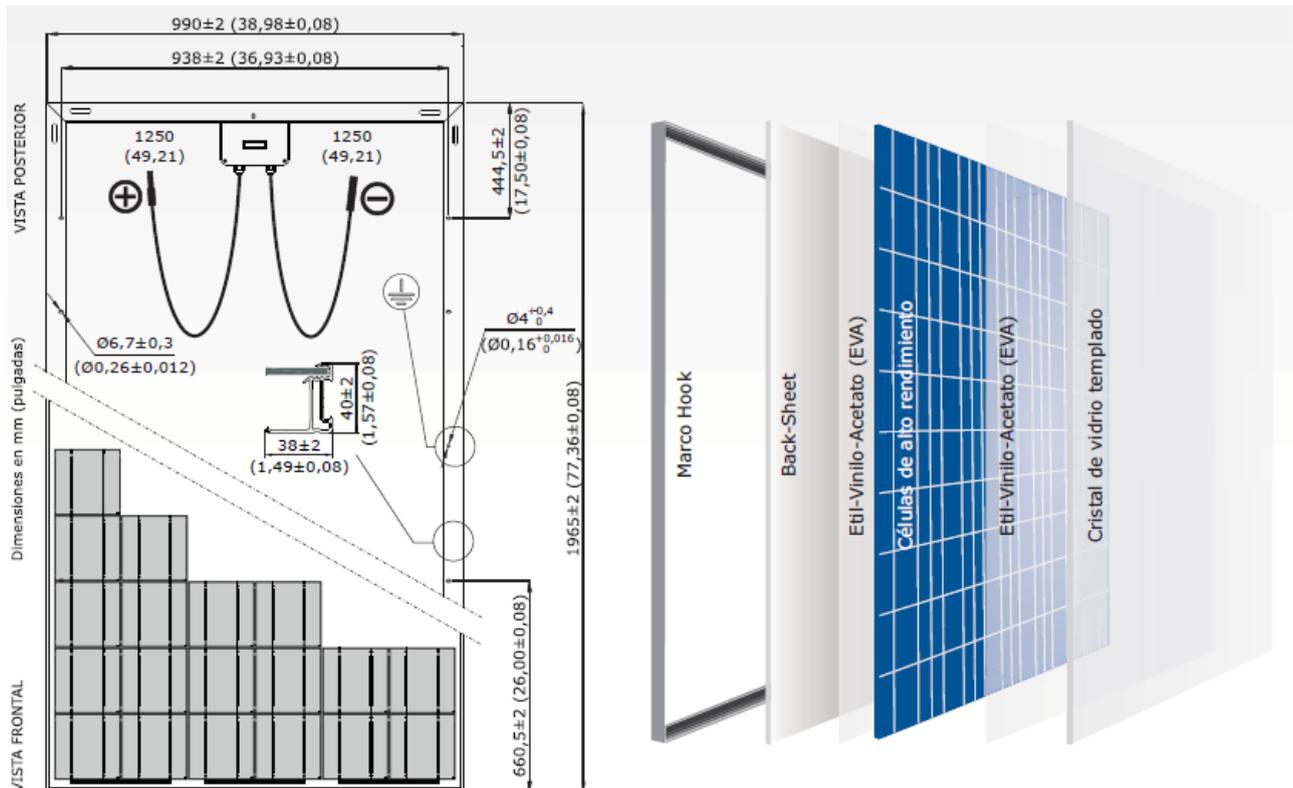
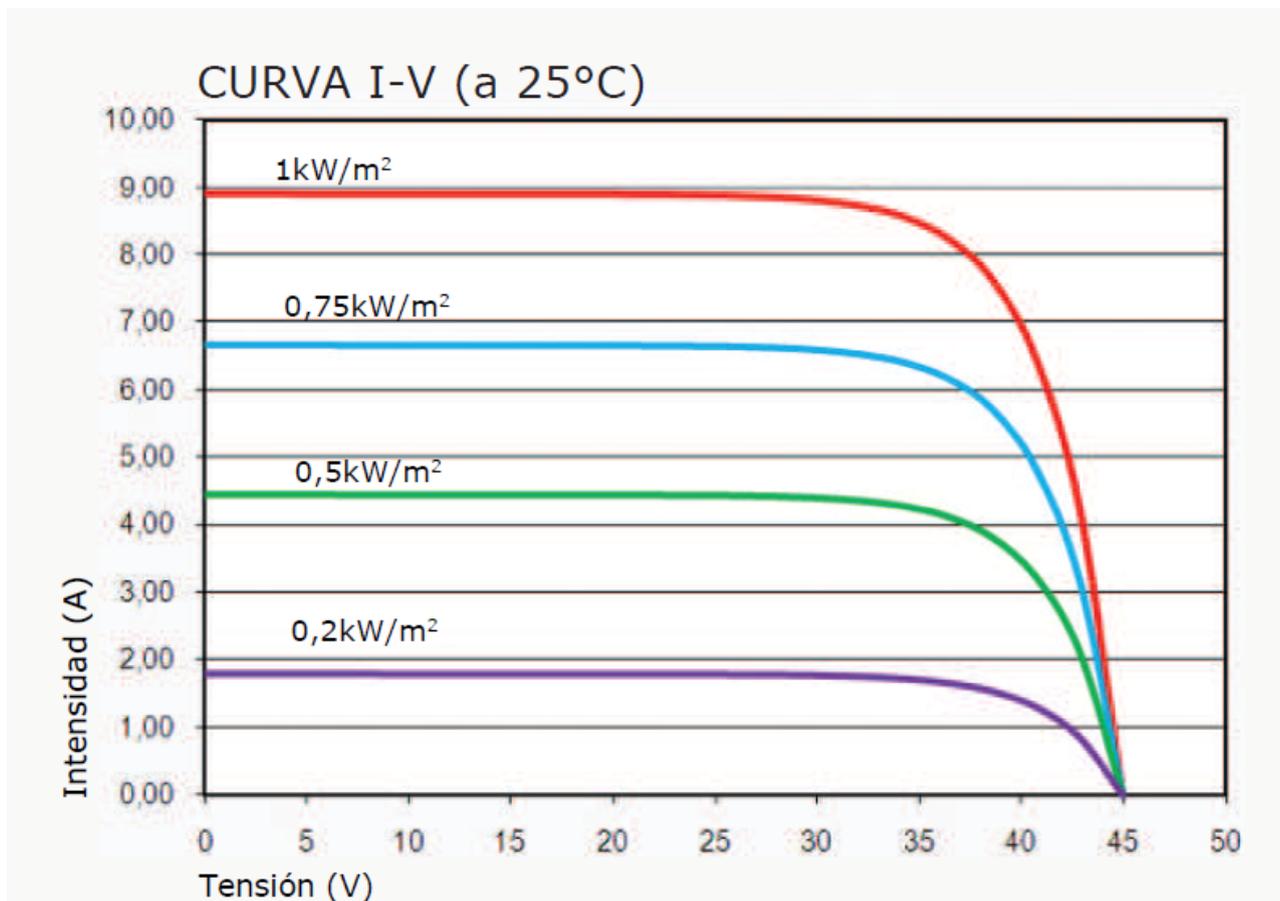


Imagen 4. Construcción del módulo.



Gráfica 5. Curva de características I-V.

6.3. ESTRUCTURA DE SOPORTE

La estructura de soporte será apta para la disposición física de las agrupaciones de paneles a realizar. Como ya se ha justificado, éstos se dispondrán en bloques de 15 paneles en posición vertical con tres alturas, y con la inclinación de 35°.

El fabricante elegido para suministro de la estructura de soporte es K2-systems, empresa alemana con distribuidor para España en la localidad de Picanya (Valencia).

El sistema estructural es de aluminio 6063 T66 AlMgSi 05 F22, con tornillería en acero inoxidable. Suministran los componentes a medida para las dimensiones y disposición específica de los paneles. Permite inclinaciones entre 10 y 45 grados. Ofrecen 12 años de garantía de producto, además de asesoramiento técnico en el proyecto específico.

6.4. ELECCIÓN DEL INVERSOR

El inversor es el elemento destinado a convertir la potencia generada en corriente continua por los grupos de paneles fotovoltaicos, en potencia que se inyectará en la red en corriente alterna a 50 Hz.

El inversor es por tanto otro elemento fundamental del sistema y, por tanto, su elección, debe ser consecuencia de un análisis comparativo entre distintos modelos que existan en el mercado.

Al igual que en el caso de los paneles fotovoltaicos, los aspectos que deberán tenerse en cuenta a la hora de la elección del inversor son los siguientes.

- **Potencia.**

Teniendo en cuenta el tamaño de la instalación que nos ocupa, debemos buscar un inversor cuya potencia se adapte a la modularidad y escalabilidad que queramos obtener.

La gama de inversores que existen en el mercado va desde watios hasta unos pocos megavatios. Si elegimos un inversor de pequeña potencia, deberemos instalar muchos bloques repetidos para alcanzar la potencia que deseamos en nuestra instalación. Ello repercutirá en mayores costes de la instalación y mayor dificultad en la explotación y mantenimiento de la misma.

Por el contrario, si elegimos un único inversor del total de potencia que requerimos, los costes de instalación se reducirán casi con toda probabilidad. Sin embargo, ante una avería de este elemento, dejaríamos a toda la planta fuera de servicio. Y no hay que olvidar que la tecnología utilizada en inversores es bastante sofisticada, y son elementos muchos más susceptibles de fallo que por ejemplo un transformador, o un interruptor automático.

Por tanto, lo más conveniente será ir a una solución en la que exista un número razonable de inversores, de forma que la instalación no se encarezca excesivamente, y en caso de fallo de alguno el porcentaje de instalación que se quede fuera de servicio no sea excesivo. Es decir, es un compromiso entre costes de instalación, costes de mantenimiento, y costes por posibles pérdidas de producción ante fallos.

- **Eficiencia**

Como siempre, la eficiencia es un parámetro fundamental a tener en cuenta. Se define como la relación entre la potencia en alterna que inyecta el inversor a la red, y la potencia en continua que entra en el inversor.

Evidentemente, en la instalación que nos ocupa, cualquier pérdida de potencia incide directamente en los ingresos monetarios que se generarán, ya que es energía que se perderá en

forma de calor y que no se verterá a la red.

- **Precio**

Aspecto fundamental en cualquier elemento, pero de forma importante en los inversores de la instalación ya que su coste también va a ser un porcentaje relevante del coste total del proyecto.

- **Disponibilidad comercial**

Al igual que en el caso de los paneles, dada la importancia y la criticidad que este elemento va a tener en nuestra instalación, va a ser fundamental que tanto a la hora de su suministro, como a la hora de una necesidad de asistencia técnica, el proveedor garantice una respuesta rápida. Quizá es el elemento de la instalación en la que este aspecto, asistencia técnica, sea el más relevante.

- **Otros parámetros técnicos**

Existen diversos parámetros además de la potencia y rendimiento, fundamentales a la hora de realizar la comparación entre distintas opciones de inversor. Estos son algunos de ellos:

-Rango de tensión de entrada para el cual el inversor puede funcionar en el punto de máxima potencia (PMP en español, MPP en inglés). En función de este parámetro tendremos que diseñar las agrupaciones de paneles en serie formando strings.

-Reducción por temperatura (temperature derating). Indica cómo el inversor va reduciendo la potencia capaz de generar en función de la temperatura de trabajo. Ello es consecuencia de que tienen implementado un sistema para proteger los semiconductores de potencia contra el calentamiento.

-Dispositivos adicionales de monitorización y protección. Normalmente los fabricantes de inversores dan opción de añadir funciones adicionales diversas, como por ejemplo protecciones magnetotérmicas en entrada y/o salida, detección de fallo de aislamiento, protección contra sobretensiones, analizador de red, etc. Ello puede ofrecer una solución integrada que facilite la ejecución de los trabajos de instalación y con ello conseguir una reducción de costes.

- **Referencias del fabricante**

Puesto que el inversor es un elemento altamente crítico, debido a la complejidad y sofisticación de la tecnología que emplea, además de las consecuencias graves que un fallo del mismo produciría, cualquier información o referencia que pueda obtenerse sobre la fiabilidad de productos de cada fabricante, es un dato a tener en cuenta a la hora de la elección.

El fabricante que finalmente se ha elegido es Sirio, con el modelo K-200. Con dos de estos

Estudio técnico económico de una planta solar fotovoltaica con estructura fija conectada a la red y destinada a la venta de energía
MEMORIA

inversores se cumplen los requisitos necesarios para nuestra instalación, incluyendo el total de potencia requerida. Se ha planteado la posibilidad de instalar un único inversor al doble de potencia, pero finalmente la solución adoptada ha sido colocar dos inversores con la mitad de potencia, por si fallara uno de ellos. Se ha considerado que este tamaño de inversor era el más óptimo.

A continuación, se muestra la tabla de parámetros del inversor seleccionado:

MODELO	SIRIO K40	SIRIO K64	SIRIO K80	SIRIO K100	SIRIO K200
Potencia nominal corriente alterna	40 KVA	64 KVA	80 KVA	100 KVA	200 KVA
Potencia máxima corriente alterna	40 KW (cosφ=1)	64 KW (cosφ=1)	80 KW (cosφ=1)	100 KW (cosφ=1)	200 KW (cosφ=1)
ENTRADA					
Tensión continua máxima en circuito abierto	800 Vdc				
Rango completo de MPPT	330 + 700 Vdc				
Intervalo de ejercicio	330 + 700 Vdc				
Corriente de entrada máxima	130 Acc	205 Acc	260 Acc	320 Acc	650 Acc
Tensión de umbral para el suministro hacia la red	390 Vdc				
Tensión de Ripple	<1%				
Número de entradas	1				
Número de MPPT	1				
Conectores CC	Term. de tornillo	Busbar			
SALIDA					
Tensión de ejercicio	400 Vca				
Intervalo operativo	340 + 460 Vca ⁽¹⁾				
Intervalo para la máxima potencia	340 + 460 Vca				
Intervalo de frecuencia	47,5 + 51,5 Hz ⁽¹⁾				
Intervalo de frecuencia configurable	47 + 53 Hz				
Corriente nominal	58 Aca	92 Aca	115 Aca	145 Aca	289 Aca
Corriente máxima	73 Aca	117 Aca	146 Aca	182 Aca	364 Aca
Contributo alla corrente di cortocircuito	110 Aca	175 Aca	219 Aca	274 Aca	546 Aca
Distorsión armónica (THDi)	<3%				
Factor de potencia	de 0,9 ind. a 0,9 cap. ⁽¹⁾				
Separación galvánica	Transformador BF				
Conectores CA	Term. de tornillo	Busbar			

6.5. CONFIGURACIÓN DE BLOQUES DE LA PLANTA

La configuración de bloques en una planta fotovoltaica siempre sigue el mismo patrón, aunque las características concretas dependerán de cada instalación.

- Agrupación en serie de paneles fotovoltaicos

Esta agrupación se realiza para adaptar los niveles de tensión de los paneles fotovoltaicos al rango de tensiones de trabajo del inversor.

Los paneles fotovoltaicos tienen unas curvas tensión corriente como la mostrada anteriormente en el gráfico 5.

Como se aprecia, para cada nivel de irradiación solar recibida, hay una curva distinta en la que el punto de máxima potencia entregada se sitúa en el codo de caída de la curva, a una tensión un poco menor que la tensión en circuito abierto, y con una intensidad un poco inferior a la intensidad de cortocircuito.

Evidentemente, lo deseable en cada instante es que los paneles fotovoltaicos trabajen en el punto de máxima potencia (PMP o MPP). Ello es lo que tiene que conseguir el inversor, cuya programación lleva implementados los algoritmos que consiguen situarse en cada instante en ese punto de máxima potencia entregada por los paneles.

Así pues, para el panel elegido la tensión en el punto de máxima potencia en condiciones nominales es de 37,37 voltios. Esta tensión dista mucho de la tensión mínima de trabajo de los inversores para garantizar el funcionamiento en el PMP. Ello significa que deberemos agrupar en serie paneles fotovoltaicos para aumentar la tensión de entrada al inversor.

Para definir el número de paneles que agruparemos en serie hay que tener en cuenta varios puntos.

Es deseable hacer trabajar al sistema a la mayor tensión posible, para así reducir las intensidades y por tanto las pérdidas por efecto Joule en los cableados de corriente continua.

A su vez, existen dos parámetros a considerar para este aspecto.

Por un lado, debemos garantizar que el número de paneles en serie multiplicado por la tensión del PMP de un panel, no exceda del límite superior del rango admisible por el inversor para consecución del PMP.

Proyecto de un huerto solar de 200kW
MEMORIA

Por otro lado, la tensión en circuito abierto de los paneles fotovoltaicos es la máxima que puede aparecer en sus bornes cuando no extraemos corriente. Esta tensión es ligeramente mayor que la tensión de PMP. Y deberemos garantizar que cuando se produzca esta situación, la máxima tensión de entrada en el inversor deberá ser inferior a la máxima que éste admita.

Para este proyecto el número elegido de paneles en serie para atacar a los inversores es de 15. A esta serie de 15 paneles fotovoltaicos le denominaremos en adelante “*string*”.

De esta forma la máxima tensión de entrada a los inversores estará situada en los 772,451 voltios, inferior a los 800 voltios admisibles.

Y, por otro lado, en condiciones nominales la tensión de entrada en los inversores será de 560,55 voltios para que los paneles fotovoltaicos funcionen en su punto de máxima potencia. Esta tensión también es inferior al límite superior del inversor seleccionado.

La elección se ha realizado con vistas a que pueda ser compatible con todos los modelos de inversor analizados. De esta forma, si por cualquier causa en un momento dado interesara cambiar la elección del inversor, todos los cálculos de intensidades y caídas de tensión realizados para la disposición adoptada seguirían siendo válidos.

A continuación, se muestra una tabla con estos valores.

TABLA 1: AGRUPACIÓN DE PANELES EN STRINGS				
CARACTERÍSTICAS DE 1 PANEL A-315P				
Potencia pico	I cc	I máx pot	U circ abierto	U máx pot
Wattios pico	Amperios	Amperios	Voltios	Voltios
315	8,88	8,43	46,31	37,37
COMBINACIÓN DE PANELES SERIE PARA ATACAR INVERSOR				
nº paneles serie	I máx cc	I pmp	V máx abierto	V pmp
15	8,88	8,43	772,451	560,55

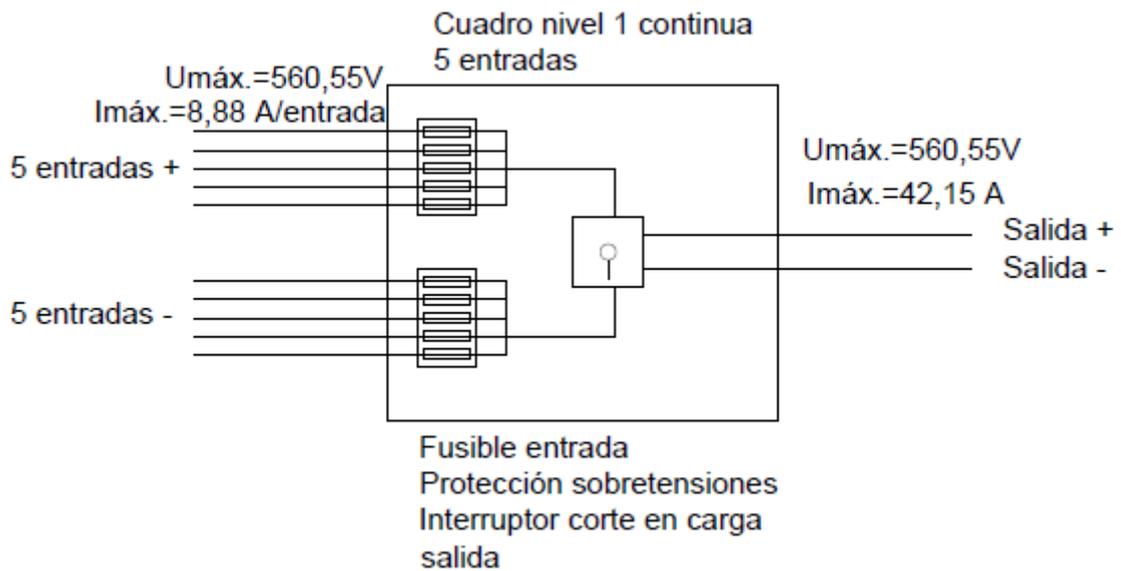
- Agrupación en paralelo de strings de paneles fotovoltaicos. Cuadros de conexión en corriente continua.

Una vez definido el número de paneles fotovoltaicos que formará un string, deberemos definir la agrupación en paralelo de éstos, para adaptar la potencia de los paneles fotovoltaicos que ataquen a un inversor a la potencia admisible por éste.

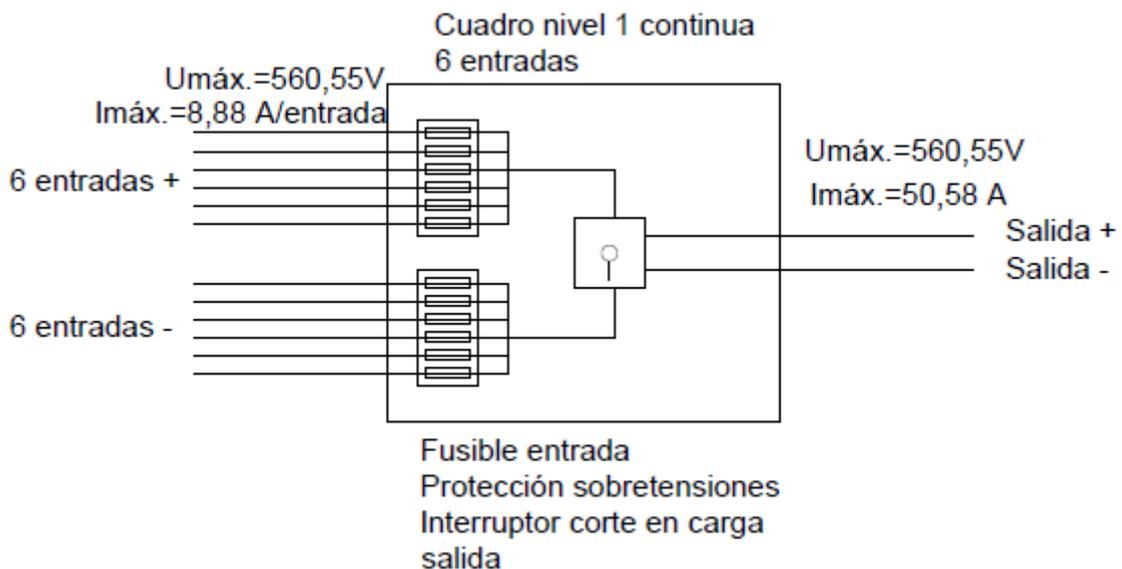
Para ello, no habrá más que dividir la potencia nominal del inversor elegido, por la potencia nominal de un string de paneles fotovoltaicos. La agrupación de 15 paneles de 315 wattios pico nos da un total de 4,72 kW de potencia pico de 1 string. De este modo, si elegimos dos inversores de 200 kW, resulta que para atacarlos se requieren 47 strings en paralelo para cada inversor.

Las agrupaciones en paralelo se realizan a través de lo que suele denominarse “*Cuadros de CC nivel I*”, lo que antes hemos llamado caja de conexión. Estos cuadros son aptos para la conexión de varios circuitos de corriente continua en paralelo, disponiendo de protección por fusible para cada entrada positiva / negativa de cada string, realizando la unión de todos los circuitos a las salidas de los fusibles, y atacando a un interruptor de corte en carga que sirve para dar salida o cortar esta agrupación hacia el resto de la instalación.

A continuación se muestra el esquema de este tipo de agrupación.



Esquema 3: Esquema de Cuadros de Continua nivel I (5 entradas)



Esquema 4: Esquema de Cuadros de Continua nivel I (6 entradas)

Proyecto de un huerto solar de 200kW
MEMORIA

Puesto que los cuadros de nivel 1 tienen un número de entradas estandarizado, (8, 12, 16, 24 típicamente), el número final elegido para agrupaciones de strings en paralelo será de 8, para adecuar la disposición de los cuadros nivel 1 a lo largo de la instalación, formando agrupaciones uniformes y bloques semejantes.

Además, debe haber un cierto margen de potencia nominal del inversor sobre la potencia pico de los paneles que le corresponden. De esa manera no se limita la potencia máxima que puedan generar los paneles fotovoltaicos, quedando un margen de seguridad que favorece el funcionamiento del inversor.

Se elige un número de entradas de 8 para los cuadros de nivel 1, aunque quedarán dos libres, porque solo necesitamos 6 (Esquema 4), con lo cual, para un inversor de 200 kW serán 8 de estos cuadros los que le corresponderán. Uno de estos 8 cuadros, solo usará 5 canales (Esquema 3), este será el más alejado como ya hemos definido a principio de este apartado.

La siguiente tabla muestra estos resultados.

TABLA 2: COMBINACIÓN DE PANELES PARA ATACAR INVERSOR						
		I máx cc	I pmp	V máx abierto	V pmp	pot kw
1 string / canal	15 paneles	8,88	8,43	772,451	560,55	4,72
Cuadro nivel I	6 canales	53,28	50,58	772,451	560,55	28,32
2 Inversores 200 kW	14 Cuadros I	372,96	354,06	772,451	560,55	198,24

TABLA 3: COMBINACIÓN DE PANELES PARA ATACAR INVERSOR						
		I máx cc	I pmp	V máx abierto	V pmp	pot kw
1 string / canal	15 paneles	8,88	8,43	772,451	560,55	4,72
Cuadro nivel I	5 canales	44,40	42,15	772,451	560,55	3,60
2 Inversores 200 kW	2 Cuadros I	44,40	42,15	772,451	560,55	23,60

- Agrupación de inversores y transformadores

Dada la potencia de nuestra instalación, la conexión con la red eléctrica deberá realizarse en la red de alta tensión. Por ello, una vez agrupados los paneles en strings, agrupados los strings en cuadros de 16 canales en paralelo, y agrupados los cuadros que atacan a cada inversor, todo ello en la parte de continua, finalmente hay que hacer la transformación desde la salida en alterna en baja tensión de los inversores, hasta el nivel de tensión de la red en alta tensión

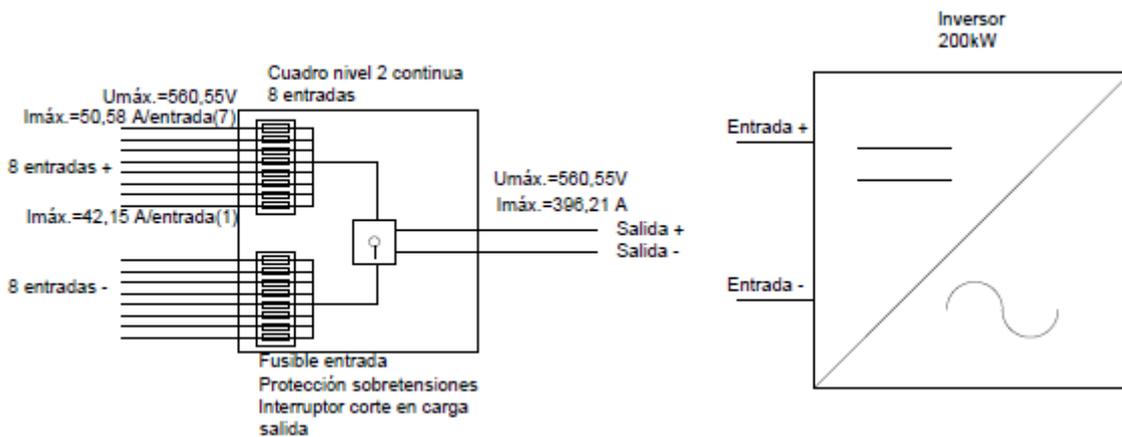
a la que tengamos que conectar nuestro sistema para inyectar la energía generada.

Ello se efectuará a través de transformadores en cuyo primario de baja tensión se conectará la salida de los inversores, y cuyo secundario de alta tensión se conectará a la red eléctrica.

Se elige la potencia de 400 kVA (modelo de la serie Minera PV de Schneider) para el transformador a emplear en nuestro sistema.

6.6. DC Box II

Los cables que llegan hasta el inversor procedentes de los cuadros de nivel I, no se conectan directamente a sus bornes de entrada. Existe en este punto un segundo nivel de agrupamiento, denominado en adelante DC Box II, que es un cuadro con fusibles de entrada en ambas polaridades, adecuados a las intensidades de los cables de entrada. De este cuadro salen los cables que se seguirán hacia los elementos de protección a la entrada de cada inversor. La siguiente figura muestra este segundo nivel de agrupamiento en la parte de continua.



Esquema 5: Esquema agrupación en continua nivel II

6.7. CABLEADO PARTE CORRIENTE CONTINUA

Existirán tres niveles de cableado en la parte de corriente continua de esta instalación.

Por un lado, los strings de paneles deben cablearse hasta llegar a los cuadros de nivel I, en los cuales se agrupan en paralelo, y de ellos salen hacia la caja de nivel II y de ahí al inversor. Puesto que la corriente que circula por los strings es la misma que la de un solo panel, es decir, 8,88 amperios en el caso extremo de cortocircuito, los cables serán de pequeña sección, y dicha sección estará impuesta, tal y como se justifica en los cálculos del punto 1.3 del anexo1 por el criterio de capacidad térmica.

La sección resultante del primer tramo será 4mm².

Por otro lado, las salidas de los cuadros de nivel I deben cablearse hasta el cuadro de nivel II.

En este caso, como se justifica en el punto 1.3, la sección resultante es la debida al criterio térmico y resulta ser de 35 mm² entre cuadros nivel I y cuadro nivel II, y de 2x300 mm² entre ésta y el inversor.

El cable a utilizar en la parte de corriente continua tiene características especiales respecto a los utilizados en los usos industriales convencionales. Los cables escogidos para este proyecto han sido los del fabricante General Cable, concretamente los modelos **EXZHELLENT SOLAR ZZ-F (AS)** para el cableado de strings hasta cuadros nivel I, y el **EXZHELLENT SOLAR XZ1FA3Z-K (AS)** para cableado entre los cuadros de nivel I y cuadro nivel II.

6.8. CABLEADO PARTE CORRIENTE ALTERNA

El cableado de la parte de corriente alterna a la salida de los inversores, deberá ser apto para los siguientes parámetros de funcionamiento:

Tensión: Trifásica sin neutro de 400 voltios entre fases, a 50 hz. Es la tensión de salida para el inversor elegido en este proyecto.

Intensidad: La intensidad nominal de salida en alterna de los inversores es de 289 amperios. Aunque el valor real será inferior, ya que la potencia de los paneles que atacan a un inversor es algo inferior a la potencia nominal del mismo, se dimensiona la instalación para que el cableado pueda soportar la potencia total de los inversores.

Tal y como se justifica en el apartado 1.4 de los cálculos justificativos, la sección de cable a emplear será de 3 conductores de sección 300 mm² por cada una de las tres fases de salida del inversor. El tipo de cable a emplear será libre de halógenos 0,6/1 kV.

El modelo elegido es del fabricante General Cable, modelo **EXZHELLENT XXI 1000 V RZ1-K (AS)**.

6.9. 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 62271-200. y telemandadas.

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.).

* CARACTERÍSTICAS CELDAS RM6

Las celdas a emplear serán de la serie RM6 de Schneider Electric, un conjunto de celdas

compactas equipadas con aparata de alta tensión, bajo envolvente única metálica con aislamiento integral, para una tensión admisible hasta 24 kV, acorde a las siguientes normativas:

- UNE-E ISO 90-3, UNE-EN 60420.
- UNE-EN 62271-102, UNE-EN 60265-1.
- UNE-EN 62271-200, UNE-EN 62271-105, IEC 62271-103, UNE-EN 62271-102.
- UNESA Recomendación 6407 B

Toda la aparata 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 UNE-EN 62271-1.

6.10. CENTRO DE MEDIDA Y SECCIONAMIENTO

Dada la topología que el fabricante Schneider elige para la solución integrada PV Box, en la que se instala únicamente una celda de línea para la utilización de una red radial, será necesario la instalación de un centro de medida y seccionamiento, que deberá contar con al menos una celda de línea necesaria para la conexión del CTs de la instalación fotovoltaica, además de la celda de medida, y las celdas de línea que la compañía suministradora exija para la interconexión con su red de media tensión.

6.11. DIMENSIONADO

La instalación consta de 1410 módulos de 1,96x0,99m con marco incluido. Como cada serie serán 3x5paneles, las estructuras tendrán 6 metros de longitud y 5 de ancho, cada una con su respectivo soporte y una inclinación de 35°. Las series irán agrupadas de tres en tres a excepción de dos grupos que solo tendrán dos series. Cada grupo de tres separado lateralmente por 2,7 metros, 4,7 metros, 2,7 metros, 20 metros, 2,7 metros, 4,7 metros y 2,7 metros en este orden de izquierda a derecha y separados de arriba abajo por una distancia de 7,73 metros para evitar sombras. En las separaciones laterales habrá caminos para el posible transporte o mantenimiento de cualquier necesidad de la instalación. Todos estos detalles se podrán observar con claridad en el plano N° 4.

6.11.1. Conexionado.

El cableado de los paneles (plano N° 6) se efectuará por detrás de estos y se guiará en bandejas por lo más alto de los soportes y bajarán hasta sus respectivas cajas de conexión (en caso de que tengan que cruzar por el aire lo harán también sobre bandeja a la misma altura del soporte, es decir 3,44 metros y bajarán también hasta la caja por tubo de PVC hasta los 2

metros de altura y de ahí hasta el suelo tubo de acero), de estas se dirigirán enterrados hasta las cajas de nivel II, de ahí a los inversores y de los inversores a CT.

7. IMPACTOS AMBIENTALES Y SOCIALES

7.1. Ventajas ambientales y sociales

En primer lugar, se va a realizar un análisis global de las ventajas del uso de las tecnologías solares energéticas en comparación con las fuentes energéticas convencionales. La energía fotovoltaica se presenta como una de las formas de generación más benignas con el medio ambiente. Representa la opción más viable en entornos urbanos mediante la sustitución de materiales constructivos en los edificios. Se plantea como la mejor opción también en zonas de interés turístico y Parques Naturales, debido a la no presencia de postes de tendido eléctrico ni cables visibles.

Desde el punto de vista ambiental, las implicaciones positivas son de sobra conocidas, no obstante, se exponen a continuación algunas de las más importantes:

- Reducción de la emisión de gases de efecto invernadero, principalmente dióxido de carbono (CO₂), dióxido de azufre (SO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x), y también de partículas sólidas.
- Menor necesidad de líneas de transporte de electricidad desde los puntos de generación hasta los puntos de consumo.

Si tenemos en cuenta el punto de vista socioeconómico podemos hablar de otras implicaciones positivas como son:

- El aumento de independencia energética regional o nacional.
- Creación de empleo.
- Una diversificación de la energía que conlleva un aumento de la fiabilidad del aporte energético.
- Una aceleración de la electrificación rural en los países en vías de desarrollo.

A nivel individual se obtienen los siguientes beneficios:

- Ayuda a una nueva forma de generar electricidad, capacidad de convertirse uno mismo en productor y gestor de energía eléctrica durante muchos años.
- Ante una instalación aislada se desarrolla una mayor conciencia de ahorro energético en la familia.
- Contribuir a un mejor futuro, un adecuado desarrollo, para nuestros hijos y nietos.
- El desembolso inicial es elevado pero el mantenimiento es mínimo.

- La instalación fotovoltaica aumenta el valor del inmueble.

7.2. Inconvenientes: Impacto ambiental de una instalación de energía fotovoltaica

Aparte de las ventajas y beneficios que conlleva una energía limpia como es la energía fotovoltaica, también es susceptible de producir impactos ambientales. Se van a diferenciar distintas categorías de impactos sobre el medio ambiente:

Uso de los terrenos

El grado de impacto ambiental sobre el uso de terrenos en ecosistemas naturales depende de factores específicos como la topografía y el paisaje, además de la cercanía de áreas de interés natural.

Es necesario nombrar también el efecto de la superficie cubierta por el sistema fotovoltaico. El impacto se produce fundamentalmente durante la fase de construcción debido a los movimientos de tierra y a la modificación del paisaje. Es necesario tener en cuenta el posible perjuicio que se le puede ocasionar a las tierras de cultivo produciendo la no aceptación de estas por parte de los agricultores de la zona.

Emisiones, derrames o vertidos accidentales

Durante el uso de una instalación ya construida no se produce emisión de sustancias nocivas ya sean líquidas o gaseosas. Una mención especial merece los módulos que contienen telurio de cadmio, que incluyen pequeñas cantidades de sustancias tóxicas. En plantas a gran escala se puede producir la liberación de estas sustancias nocivas en caso de operaciones anormales de la planta, pudiéndose producir cierto riesgo para la salud de los trabajadores. En cualquier caso, este efecto se puede paliar mediante unos planes de emergencia adecuados. En cuanto a derrames al suelo o vertido a las aguas subterráneas se considera que sólo se pueden producir en caso de almacenamientos incorrectos.

Impacto visual

Es uno de los impactos más destacados de la energía fotovoltaica, fundamentalmente dependerá del tipo de instalación que está considerando y del entorno en que ésta se utilice. Algunas de las consideraciones que se deben tener en cuenta:

- Elegir soluciones arquitectónicas óptimas para minimizar el impacto.
- Elegir el emplazamiento y diseño adecuado para plantas a gran escala.

Agotamiento de los recursos naturales

La producción actual de módulos fotovoltaicos necesita cantidades elevadas de materiales y

energía primaria, sobre todo en los módulos de células monocristalinos y policristalinas. Si se utilizaran células de capa delgada las necesidades energéticas serían menores por cada vatio de potencia del módulo, pero la eficiencia sería menor. En las nuevas tecnologías de módulos que se están usando se necesitan pequeñas cantidades de materiales escasos como Indio, Telurio o Galio, así como Cadmio.

Contaminación atmosférica

Para estudiar el nivel de contaminación atmosférica se va a analizar principalmente el ciclo de vida. Las emisiones dependen de la eficiencia del proceso de fabricación y de la producción de electricidad. Las emisiones importantes son las realizadas durante la fase de producción, ya que las producidas durante la fase de transporte son prácticamente nulas. Algunos valores de las emisiones estimadas por cada kWp instalado en el caso de tecnología mono y policristalina son los siguientes:

- 2757- 3845 kg CO₂ / kWp.
- 5,049- 5,524 kg SO₂ / kWp.
- 4,507- 5,273 kg NO_x / kWp.

Generación de ruidos

Durante el funcionamiento normal no existe ningún tipo de emisión de ruido, únicamente se produce contaminación acústica y en un pequeño grado durante la fase de construcción.

Tratamiento de los residuos

Se hace especial hincapié en el caso de los sistemas de generación aislados debido a la presencia de las baterías. Éstas se presentan como las máximas responsables de los impactos ambientales debido a su relativa pequeña vida útil, al contenido de metales pesados, a las altas necesidades energéticas en su fabricación y al uso de materiales especiales.

7.3. Impactos ambientales de la energía solar fotovoltaica a lo largo del ciclo de vida de la instalación

Fase de fabricación

En la fase de fabricación podemos distinguir las emisiones consecuencia del propio proceso de fabricación, de las emisiones debidas a la producción de energía consumida en todo el proceso.

Las emisiones por el propio proceso de fabricación incluyen extracción, purificación y elaboración de las obleas de Silicio (Si), así como montaje del módulo. Los compuestos emitidos que se encuentran en una mayor concentración son Flúor, Cloro y partículas

respirables de Silicio, en forma de polvo de sílice (SiO_2). Son consecuencia de la purificación y el posterior grabado y texturizado de las células.

Las emisiones debidas a la producción de energía que se consume en el proceso de fabricación son principalmente CO_2 , NO_x y SO_2 . Su producción deriva del proceso de conversión de energía primaria a energía eléctrica utilizada en la fabricación de los módulos.

Los valores de las emisiones dependen de parámetros como las necesidades de energía para la fabricación, la forma de la energía consumida o el tipo de instalación.

Fase de funcionamiento

Como se ha citado anteriormente durante la fase de funcionamiento en instalaciones conectadas a red no se producen emisiones contaminantes, únicamente se podrían producir por las emisiones de H_2 de las baterías durante el proceso de carga y descarga. Accidentalmente podrían producirse vertidos de ácido.

Fase de reciclado

En la fase de reciclado se producen emisiones resultado del consumo de energía necesario en el proceso de desmantelamiento y posterior tratamiento de los componentes. Dichas emisiones corresponden principalmente al transporte desde el lugar en que está la instalación hasta el centro de tratamiento, así como a la energía consumida para el reciclado de los componentes.

También se generan residuos sólidos cuando el módulo llega al final de su vida útil. En general, se trata de sustancias consideradas como no peligrosas para el medio ambiente. Se encuentran el silicio de las células, el vidrio, materiales plásticos y el aluminio del marco. También hay que considerar las pequeñas cantidades de metales pesados como cobre y plata.

7.4. Balance medioambiental

Hay mucha información y muy dispar sobre las emisiones que producen las centrales térmicas por cada kWh producido. Tomaremos como referencia los datos suministrados por ASIF (Asociación Industria Fotovoltaica). Según los datos incluidos en el Plan de Energías Renovables (PER), cada kWh producido con carbón provoca unas emisiones de 977 g de CO_2 y si es producido con gas natural en ciclos combinados, 394 g de CO_2 por kWh generado. El kWh producido en España causa unas emisiones por término medio de 400 g de CO_2 .

Asimismo, existen otras emisiones nocivas como el dióxido de azufre (SO_2) o de nitrógeno (NO_x) sobre las que se pueden asumir las siguientes equivalencias según datos proporcionados por UNESA:

- 42 g SO₂/kWh
- 18 g NO_X/kWh

Posibles medidas correctoras o minimizadoras

Algunas de las posibilidades para la minimización se resumen a continuación:

- Ubicar la instalación en el lugar más apropiado, es decir, donde el impacto sea menor. Lejos de zonas con densidad de población elevada o de espacios naturales protegidos. Es recomendable la integración en los tejados.
- Uso de prácticas de operación adecuadas, tomar medidas de protección y tratamiento de residuos al final de la vida útil.
- Compromiso con las organizaciones y con el público en general en las primeras etapas del desarrollo del proyecto, en aras de conseguir una aceptación social.
- El uso de las mejores técnicas disponibles. Realización de estudios que justifiquen la instalación de estas tecnologías.
- Integración en los edificios.
- Potenciar la fabricación de células más delgadas.
- Centrar toda la tecnología disponible en mejorar los módulos.
- Potenciar el uso de materiales más eficientes.
- Potenciación de tecnologías de reciclado.

ÍNDICE

1. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS.....	1
1.1. TOPOLOGÍA Y BLOQUES DE LA INSTALACIÓN	1
1.1.1. Agrupación serie de paneles para formar strings	1
1.1.2. Agrupación paralelo de strings para atacar a inversores	1
1.2. DISPOSICIÓN FÍSICA Y SEPARACIÓN ENTRE FILAS DE PANELES	2
1.3. CÁLCULO DE LA SECCIÓN DE CONDUCTORES DE CORRIENTE CONTINUA.....	2
1.3.1. Cálculo de fusibles y secciones.....	2
1.4. CÁLCULO DE LA SECCIÓN DE CONDUCTORES EN CORRIENTE ALTERNA	4
1.5. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	4

1. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

1.1. TOPOLOGÍA Y BLOQUES DE LA INSTALACIÓN

1.1.1. Agrupación serie de paneles para formar strings

El número máximo de paneles en serie para formar strings vendrá determinado por la tensión máxima de entrada del inversor, y la tensión en circuito abierto de los paneles fotovoltaicos.

$$N_{\text{máx}} = U_{\text{máx inv}} / U_{\text{oc}} = 800 / 46,31 = 17,27$$

Siendo:

$N_{\text{máx}}$: número máximo de paneles por string

$U_{\text{máx inv}}$: tensión de entrada máxima en el inversor

U_{oc} : tensión en circuito abierto de los paneles fotovoltaicos

Se toma pues el valor de **15** como el número de paneles para formar strings para que el inversor pueda trabajar en el punto de máxima potencia, PMP y en su rango de funcionamiento MPPT.

La comprobación a realizar será:

$$N_{\text{ps}} \cdot U_{\text{pmp}} < U_{\text{pmppi}}$$

Siendo:

N_{ps} : número de paneles por string (15)

U_{pmp} : tensión en el punto de máxima potencia de un panel (37,37 voltios)

U_{pmppi} : tensión máxima del inversor para efectuar el seguimiento de máxima potencia (800 voltios)

Por tanto, se cumple la comprobación puesto que $15 \cdot 37,37 = 560,55 < 800$

1.1.2. Agrupación en paralelo de strings para atacar a inversores

De forma análoga al punto anterior, una vez determinado el número de paneles en serie que se adecúan a las tensiones de trabajo del inversor, lo siguiente será determinar el número de strings a poner en paralelo para adaptar el conjunto a la potencia del inversor.

En este caso, el número máximo de strings en paralelo vendrá determinado por la expresión:

$$N_{\text{máx str}} = P_{\text{inv}} / (N_{\text{ps}} \cdot P_{\text{p}}) = 220 / (15 \cdot 0,31) = 47,31$$

Siendo:

$N_{\text{máx str}}$: número máximo de strings en paralelo para atacar a un inversor

Estudio técnico económico de una planta solar fotovoltaica con estructura fija
conectada a la red y destinada a la venta de energía

ANEXO I. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

P inv: potencia del inversor (220 kW en nuestro caso)

Nps: número de paneles en serie por string

Pp: potencia pico de un panel fotovoltaico (0,31 kW en nuestro caso)

Teniendo en cuenta que estas agrupaciones en paralelo se realizan en 2 niveles de agrupamiento, se determina utilizar cuadros de 16 canales de entrada en la agrupación de nivel I, por lo que 8 cuadros de éstos serán los que atacarán a el inversor, resultando por tanto una potencia pico por cada inversor de

$$P_{\text{pico inv}} = 47 \text{ strings} \cdot 15 \text{ paneles/string} \cdot 0,31 \text{ kw/panel} = 220 \text{ kWp}$$

1.2. DISPOSICIÓN FÍSICA Y SEPARACIÓN ENTRE FILAS DE PANELES

Los paneles están separados entre sí verticalmente un centímetro y horizontalmente dos centímetros. Como se ha mencionado anteriormente la disposición es en series de 15 paneles (3x5). Hay 7 cajas de primer nivel a las que llegan 6 series y otra a la que llegan 5 series. Todas las salidas de las cajas de nivel 1 llegan a la caja de nivel 2. Esta distribución se puede observar en el documento N.º 3, plano 4.

1.3. CÁLCULO DE LA SECCIÓN DE CONDUCTORES DE CORRIENTE CONTINUA

1.3.1. Cálculo de fusibles y secciones

Para calcular la sección de las series a la caja de nivel I, empezaremos con el método de capacidad térmica para obtener la intensidad máxima mediante las tablas, basándonos en la intensidad de las series, que son la misma que la del panel, el método de instalación y el tipo de aislamiento y obteniendo así la sección correspondiente. Debemos tener en cuenta las protecciones, se debe cumplir:

$$I_B < I_N < I_Z$$

También se debe cumplir:

$$I_F < 1,45 \cdot I_Z;$$

$$1,9 \cdot I_N < 1,45 \cdot I_Z$$

A continuación, usaremos el método de caída de tensión, utilizando la I_Z , calculada previamente. La caída de tensión no puede superar el 1,5% en toda la instalación.

$$(1) \quad T = T_0 + (T_{m\acute{a}x} - T_0) \cdot \left(\frac{I}{I_{m\acute{a}x}}\right)^2$$

$$(2) \quad \rho_{\theta} = \rho_{20^{\circ}C} \cdot [1 + \alpha \cdot (\theta - 20)]$$

$$(3) \quad C = \frac{1}{\rho_{\theta}}$$

Estudio técnico económico de una planta solar fotovoltaica con estructura fija
conectada a la red y destinada a la venta de energía

ANEXO I. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

$$(4) V\% = \frac{200 * P * L}{C * 4 * V^2} * 100$$

Panel a caja nivel I:

Tiene que cumplir:

$$IB < IN < IZ$$

$$8,43 < 16 < 33,75$$

$$IF < 1,45 * IZ$$

$$1,9 * IN < 1,45 * IZ$$

$$30,4 < 65,25$$

Para calcular la caída de tensión, utilizaremos la fórmula 1, obteniendo así la temperatura (θ), que la sustituiremos en la ecuación 2. Una vez calculada la resistividad hacemos la inversa calculando la conductividad usando la fórmula 3, y finalmente usamos la fórmula 4, sustituyendo la conductividad y con la longitud de su respectiva línea.

Las características de las líneas son todas iguales, exceptuando sus distancias como se observa a continuación:

Sección 4mm	Distancia (m)	V%
L1	14	0,21%
L2	9	0,13%
L3	4	0,06%
L4	2	0,03%
L5	6	0,09%
L6	8	0,12%

CL1 a CL2:

Para este tramo, la sección mínima que podemos emplear son 35mm para que la caída de tensión no se disparara y por el coeficiente de agrupamiento de los cables. Como podemos observar, de esta manera si cumple.

$$IB < IN < IZ$$

$$6 \text{ series } 50,58 < 63 < 109,8$$

$$5 \text{ series } 42,15 < 63 < 109,8$$

$$IF < 1,45 * IZ$$

$$1,6 * 63 < 1,45 * IZ$$

$$100,8 < 159,21$$

Sección 35mm	Distancia (m)	V%
L1	80	0,81%
L2/6	65	0,66%
L3/7	55	0,56%
L4/8	45	0,46%

Estudio técnico económico de una planta solar fotovoltaica con estructura fija conectada a la red y destinada a la venta de energía

ANEXO I. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

L5	80	0,66%
----	----	-------

CL2 a INVERSOR:

$$IB < IN < IZ$$

$$396,21 < 400 < 500$$

$$IF < 1,45 * IZ$$

$$1,6 * 400 < 1,45 * IZ$$

$$640 < 725$$

Sección 300mm	Distancia (m)	V%
L1	4	0,04%

1.4. CÁLCULO DE LA SECCIÓN DE CONDUCTORES EN CORRIENTE ALTERNA

INVERSOR TRANSFORMADOR:

$$IB < IN < IZ$$

$$289 < 400 < 461$$

$$IF < 1,45 * IZ$$

$$1,6 * 400 < 1,45 * IZ$$

$$640 < 668.45$$

Sección 300mm	Distancia (m)	V%
L1	46	0,84%

1.5. TABLA RESUMEN

En la siguiente tabla podemos observar todas las caídas de tensión de nuestra instalación:

0,04%	0,81%	0,21%	1,06%	0,46%	0,21%	0,70%
		0,13%	0,98%		0,13%	0,63%
		0,06%	0,91%		0,06%	0,56%
		0,03%	0,88%		0,03%	0,53%
		0,09%	0,94%		0,09%	0,58%
		0,12%	0,97%		0,12%	0,61%
	0,66%	0,21%	0,91%	0,66%	0,21%	0,91%
		0,13%	0,83%		0,13%	0,83%
		0,06%	0,76%		0,06%	0,76%
		0,03%	0,73%		0,03%	0,73%
		0,09%	0,79%		0,09%	0,79%
		0,12%	0,82%			
	0,56%	0,21%	0,80%			
		0,13%	0,73%			
		0,06%	0,66%			
		0,03%	0,63%			
		0,09%	0,69%			
		0,12%	0,72%			
					Caída tensión CL2 a Inversor	
					Caída tensión CL1 a CL2	
					Caída tensión panel a CL1	
					Caída tensión total de cada línea	

1.5. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

OBJETO DEL PROYECTO

El objeto del presente proyecto es especificar las condiciones técnicas, de ejecución y

**Estudio técnico económico de una planta solar fotovoltaica con estructura fija
conectada a la red y destinada a la venta de energía**

ANEXO I. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

económicas de un centro de transformación de características normalizadas cuyo fin es suministrar energía eléctrica en baja tensión.

Reglamentación y disposiciones oficiales.

Para la elaboración del proyecto se ha tenido en cuenta la siguiente normativa:

- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión, aprobada por Real Decreto 337/2014 de 9 de mayo de 2014.

- Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.

- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias

- Ley 24/2013 de 26 de diciembre de Regulación del Sector Eléctrico.

- Normas UNE/IEC y Recomendaciones UNESA que sean de aplicación.

- Normas particulares de Endesa Distribución (Compañía Sevillana de Electricidad - C.S.E.).

- Especificación técnica de Grupo Endesa FND00300 "APARAMENTA PREFABRICADA BAJO ENVOLVENTE METÁLICA DIELECTRICO SF6 PARA CENTROS DE TRANSFORMACION HASTA 36 kV ".

- Ordenanzas municipales del ayuntamiento correspondiente.

- Condiciones impuestas por las entidades públicas afectadas.

EMPLAZAMIENTO.

Ctra Cuevas, 47, 23009

Coordenadas: 37°47'51.5"N 3°47'53.7"W

Elevación: 235 m.s.n.m.

Superficie total: 175.044,57 m² (1.884.164,08 pies²)

Distancia total: 2,05 km (1,28 mi)

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 62271-200. y telemandadas según las especificaciones del apartado 1.6.2.2 del presente capítulo.

La acometida al mismo será subterránea, alimentando al centro mediante una

**Estudio técnico económico de una planta solar fotovoltaica con estructura fija
conectada a la red y destinada a la venta de energía**

ANEXO I. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

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.).

*** CARACTERÍSTICAS CELDAS RM6**

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

- UNE-E ISO 90-3, UNE-EN 60420.
- UNE-EN 62271-102, UNE-EN 60265-1.
- UNE-EN 62271-200, UNE-EN 62271-105, IEC 62271-103, UNE-EN 62271-102.
- UNESA Recomendación 6407 B

Toda la aparataje 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 UNE-EN 62271-1.

PROGRAMA DE NECESIDADES Y POTENCIA INSTALADA EN KVA.

DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.

Obra Civil.

Local.

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

La caseta será de construcción prefabricada de hormigón tipo EHC-3T1D con una puerta peatonal de Schneider Electric, de dimensiones 3.760 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.

Características del local.

Se tratará de una construcción prefabricada de hormigón COMPACTO modelo EHC de Schneider Electric.

Estudio técnico económico de una planta solar fotovoltaica con estructura fija
conectada a la red y destinada a la venta de energía

ANEXO I. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

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.

*** 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 20324/93 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.

**Estudio técnico económico de una planta solar fotovoltaica con estructura fija
conectada a la red y destinada a la venta de energía**

ANEXO I. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

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.

*** 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 180º hacia el exterior, y se

Estudio técnico económico de una planta solar fotovoltaica con estructura fija
conectada a la red y destinada a la venta de energía

ANEXO I. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

podrán mantener en la posición de 90º con un retenedor metálico.

Instalación Eléctrica.

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.

Características de la Aparata 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 e.
 - a impulso tipo rayo: 125 kV cresta.
- Intensidad asignada en funciones de línea: 400 A.
- Intensidad asignada en funciones de protección. 200 A (400 A en interrup. automat).
- Intensidad nominal admisible durante un segundo: 16 kA ef.

*** CELDAS:**

*** CELDA DE ENTRADA, SALIDA Y PROTECCIÓN.**

Conjunto Compacto Schneider Electric gama RM6, modelo RM6 3IQ (3L+1P), extensibilidad derecha, equipado con TRES 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), 1.619 mm de ancho, 710 mm de profundidad.

Conjunto compacto estanco RM6 en atmósfera de hexafluoruro de azufre SF6, 24 kV tensión nominal, para una intensidad nominal de 400 A en las funciones de línea y de 200 A en la de protección.

- El interruptor de la función de línea será un interruptor-seccionador de las siguientes características:

Intensidad térmica: 16 kA eficaces.

Poder de cierre: 40 kA cresta.

**Estudio técnico económico de una planta solar fotovoltaica con estructura fija
conectada a la red y destinada a la venta de energía**

ANEXO I. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

- La función ruptofusible tendrá las siguientes características:

Poder de corte en cortocircuito: 16 kA eficaces.

Poder de cierre: 40 kA cresta.

El interruptor de la función de protección se equipará con fusibles de baja disipación térmica tipo MESA CF (DIN 43625), de 24kV, de 20 A de intensidad nominal, que provocará la apertura del mismo por fusión de cualquiera de ellos.

El conjunto compacto incorporará:

- Equipo de telemando compuesto por:

- Un armario de control:

- RTU con tarjeta de comunicación IEC104 perfil ENDESA.

- Batería rectificadora a 48 Vcc.

- Un armario de comunicaciones con rejilla corredera para instalar los equipos de comunicación.

- 1. Ud de controlador por función de línea equipado con Sepam S40 realizando las funciones de presencia de tensión, de detección de paso de falta, de automatismo seccionalizador, y recabando las señales de tensión e intensidad de la función de línea.

- 2 Toroidales cerrados de fase por función de línea.

- 1 Toroidal homopolar abarcando las tres fases por función de línea.

- Mangueras de conexión para las funciones de línea, protección y señales de toroidales.

- 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 M16 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.

**Estudio técnico económico de una planta solar fotovoltaica con estructura fija
conectada a la red y destinada a la venta de energía**

ANEXO I. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

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.

- 3 Equipamientos de 3 conectores apantallados en "T" roscados M16 400A cada uno.

- Equipamiento de 3 conectores apantallados enchufables rectos lisos 200A.

*** TRANSFORMADOR:**

*** TRANSFORMADOR 1**

Será una máquina trifásica reductora de tensión, referencia TRFEND0250-24, 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 Schneider Electric, 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.

Sus características mecánicas y eléctricas se ajustarán a la Norma GE FND001, al Reglamento Europeo (UE) 548/2014 de ecodiseño de transformadores y a las normas particulares de la compañía suministradora, siendo las siguientes:

- Potencia nominal: 250 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: 4 %.
- 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:

Estudio técnico económico de una planta solar fotovoltaica con estructura fija
conectada a la red y destinada a la venta de energía

ANEXO I. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

- UNE 21301

- UNE 21428

- 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 1x240 mm² Al para las fases y de 1x240 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.

Características material vario 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 5205B y serán de tipo roscado para las funciones de línea y enchufables para las de protección.

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 Schneider Electric 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

**Estudio técnico económico de una planta solar fotovoltaica con estructura fija
conectada a la red y destinada a la venta de energía**

ANEXO I. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

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 ser maniobradas fácil e independientemente con una sola herramienta aislada.

Transformador 1:

- 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.

Puesta a Tierra.

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.

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.

**Estudio técnico económico de una planta solar fotovoltaica con estructura fija
conectada a la red y destinada a la venta de energía
ANEXO I. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS**

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 sujección 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 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.

Instalaciones Secundarias.

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.

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.

Ventilación.

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

Estas rejillas se construirán de modo que impidan el paso de pequeños animales, la

**Estudio técnico económico de una planta solar fotovoltaica con estructura fija
conectada a la red y destinada a la venta de energía**

ANEXO I. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

entrada de agua de lluvia y los contactos accidentales con partes en tensión si se introdujeran elementos metálicos por las mismas.

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.

Contenido

1. OBJETO	1
2. REGLAMENTACIÓN APLICABLE	1
3. SITUACIÓN ACTUAL	1
4. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.....	1
4.1. Solar fotovoltaica	1
4.1.1. Generalidades	1
4.1.2. Orientación e inclinación y sombras	1
4.1.3. Diseño del sistema de monitorización	2
4.1.4. Integración arquitectónica	2
4.1.5. Componentes y materiales	3
4.1.6. Sistemas generadores fotovoltaicos	4
4.1.7. Estructura soporte.....	4
4.1.8. Inversores.....	5
4.1.9. Cableado.....	7
4.1.10. Conexión a red	7
4.1.11. Medidas.....	7
4.1.12. Protecciones.....	7
4.1.13. Puesta a tierra de las instalaciones fotovoltaicas	8
4.1.14. Armónicos y compatibilidad electromagnética	8
4.1.15. Recepción y pruebas	8
4.1.16. Requerimientos técnicos del contrato de mantenimiento	9
4.1.17. Programa de mantenimiento	9
4.1.18. Garantías	11
4.1.19. Plazos.....	11
4.1.20. Condiciones económicas	11
4.1.21. Lugar y tiempo de la prestación	12
5. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL	12
6. FORMACIÓN	12

1. OBJETO

La instalación de un sistema fotovoltaico de módulos solares en un solar en Jaén.

2. REGLAMENTACIÓN APLICABLE

La normativa de aplicación se encuentra recogida en el Documento nº1 Memoria.

3. SITUACIÓN ACTUAL

La potencia neta instalada en la actualidad es de 400 kW. Las necesidades de energía eléctrica pretenden satisfacerse mediante un sistema de energías alternativas, evitando el uso de otro tipo de energías provenientes de combustibles fósiles, consiguiendo así beneficios económicos y medioambientales.

4. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

El objeto de esta especificación es presentar algunos datos y características técnicas, de modo que se pueda conocer la situación actual y prevista del proyecto.

4.1. Solar fotovoltaica

4.1.1. Generalidades

El módulo fotovoltaico seleccionado cumplirá las especificaciones técnicas.

Todos los módulos que integran la instalación serán del mismo modelo.

El modelo elegido ha de cumplir las normas vigentes.

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 del CTE. Se considerarán tres casos: general, superposición de módulos e integración arquitectónica.

En todos los casos se han de cumplir tres condiciones: pérdidas por orientación e inclinación, pérdidas por sombreado y pérdidas totales inferiores a los límites estipulados respecto a los valores óptimos.

Estudio técnico económico de una planta solar fotovoltaica con estructura fija conectada a la red y destinada a la venta de energía
Anexo II. PLIEGO DE CONDICIONES

	<i>Orientación e inclinación (OI)</i>	<i>Sombras (S)</i>	<i>Total (OI+S)</i>
General	10%	10%	15%
Superposición	20%	15%	30%
Integración arquitectónica	40%	20%	50%

En todos los casos deberán evaluarse las pérdidas por orientación e inclinación del generador y sombras.

4.1.3. Diseño del sistema de monitorización

El sistema de monitorización proporcionará medidas, como mínimo, de las siguientes variables:

- Voltaje y corriente CC a la entrada del inversor.
- Voltaje de fase/s en la red, potencia total de salida del inversor.
- Radiación solar en el plano de los módulos, medida con un módulo o una célula de tecnología equivalente.
- Temperatura ambiente en la sombra.
- Potencia reactiva de salida del inversor para instalaciones mayores de 5 kWp.
- Temperatura de los módulos en integración arquitectónica y, siempre que sea posible, en potencias mayores de 5 kW.
- Los datos se presentarán en forma de medias horarias. Los tiempos de adquisición, la precisión de las medidas y el formato de presentación se hará conforme al documento del JRC-Ispra "Guidelines for the Assessment of Photovoltaic Plants - Document A", Report EUR16338 EN.

El sistema de monitorización será fácilmente accesible para el usuario.

4.1.4. Integración arquitectónica

En el caso de pretender realizar una instalación integrada desde el punto de vista arquitectónico la Memoria de Diseño o Proyecto especificarán las condiciones de la construcción y de la instalación, y la descripción y justificación de las soluciones elegidas.

Estudio técnico económico de una planta solar fotovoltaica con estructura fija conectada a la red y destinada a la venta de energía
Anexo II. PLIEGO DE CONDICIONES

Las condiciones de la instalación se refieren al impacto visual, la modificación de las condiciones de funcionamiento del edificio, la necesidad de habilitar nuevos espacios o ampliar el volumen construido, efectos sobre la estructura, etc.

En cualquier caso, el IDAE podrá requerir un informe de integración arquitectónica con las medidas correctoras a adoptar. La propiedad del edificio, por sí o por delegación, informará y certificará sobre el cumplimiento de las condiciones requeridas.

Cuando sea necesario, a criterio de IDAE, a la Memoria de Diseño o Proyecto se adjuntará el informe de integración arquitectónica donde se especifiquen las características urbanísticas y arquitectónicas del mismo, los condicionantes considerados para la incorporación de la instalación y las medidas correctoras incluidas en el proyecto de la instalación.

4.1.5. Componentes y materiales

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.

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.

Por motivos de seguridad y operación de los equipos, los indicadores, etiquetas, etc. de los mismos estarán en alguna de las lenguas españolas oficiales del lugar de la instalación.

4.1.6. Sistemas generadores fotovoltaicos

Todos los módulos deberán satisfacer las especificaciones UNE-EN 61215 para módulos de silicio cristalino, o UNE-EN 61646 para módulos fotovoltaicos capa delgada, así como estar cualificados por algún laboratorio reconocido (por ejemplo, Laboratorio de Energía Solar Fotovoltaica del Departamento de Energías Renovables del CIEMAT, Joint Research Centre Ispra, etc.), lo que se acreditará mediante la presentación del certificado oficial correspondiente.

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.

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 $\pm 10\%$ 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.

Se valorará positivamente 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.

4.1.7. Estructura soporte

La estructura soporte de módulos ha de resistir, con los módulos instalados, las sobrecargas del viento y nieve, de acuerdo con lo indicado en la normativa básica de la edificación NBE-AE-88.

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.

Estudio técnico económico de una planta solar fotovoltaica con estructura fija conectada a la red y destinada a la venta de energía
Anexo II. PLIEGO DE CONDICIONES

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 se 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.

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, cumpliendo la norma MV-106. En el caso de ser la estructura 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.

Se dispondrán las estructuras soporte necesarias para montar los módulos, tanto sobre superficie plana (terraza) como integrados sobre tejado, cumpliendo lo especificado anteriormente sobre sombras. Se incluirán todos los accesorios y bancadas y/o anclajes.

La estructura soporte será calculada según la norma MV-103 para soportar cargas extremas debidas a factores climatológicos adversos, tales como viento, nieve, etc.

Si está construida con perfiles de acero laminado conformado en frío, cumplirá la norma MV-102 para garantizar todas sus características mecánicas y de composición química.

Si es del tipo galvanizada en caliente, cumplirá las normas UNE 37-501 y UNE 37-508, con un espesor mínimo de 80 micras para eliminar las necesidades de mantenimiento y prolongar su vida útil.

4.1.8. 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.

Estudio técnico económico de una planta solar fotovoltaica con estructura fija conectada a la red y destinada a la venta de energía
Anexo II. PLIEGO DE CONDICIONES

- Seguimiento automático del punto de máxima potencia del generador.
- No funcionarán en isla o modo aislado.

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.
- Frecuencia de red fuera de rango.
- Sobretensiones, mediante varistores o similares.
- Perturbaciones presentes en la red como micro cortes, pulsos, defectos de ciclos, ausencia y retorno de la red, etc.

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 CA. Podrá ser externo al inversor.

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 magnitud un 30 % superior a las CEM durante períodos de hasta 10 segundos.

Los valores de eficiencia al 25 % y 100 % de la potencia de salida nominal deberán ser superiores al 85 % y 88 % respectivamente (valores medidos incluyendo el transformador de salida, si lo hubiere) para inversores de potencia inferior a 5 kW, y del 90 % al 92 % para inversores mayores de 5 kW.

El autoconsumo del inversor en modo nocturno ha de ser inferior al 0,5 % de su potencia nominal.

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.

Estudio técnico económico de una planta solar fotovoltaica con estructura fija conectada a la red y destinada a la venta de energía
Anexo II. PLIEGO DE CONDICIONES

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.

4.1.9. 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 de la parte CC deberán tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior del 1,5 % y los de la parte CA para que la caída de tensión sea inferior del 2 %, teniendo en ambos casos como referencia las tensiones correspondientes a cajas de conexiones.

Se incluirá toda la longitud de cable CC y CA. 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.

4.1.10. Conexión a red

Todas las instalaciones 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, y con el esquema unifilar que aparece en la Resolución de 31 de mayo de 2001.

4.1.11. Medidas

Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1663/2000 (artículo 10) sobre medidas y facturación de instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

4.1.12. 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 y con el esquema unifilar que aparece en la Resolución de 31 de mayo de 2001.

Estudio técnico económico de una planta solar fotovoltaica con estructura fija conectada a la red y destinada a la venta de energía
Anexo II. PLIEGO DE CONDICIONES

En conexiones a la red trifásicas las protecciones para la interconexión de máxima y mínima frecuencia (51 y 49 Hz respectivamente) y de máxima y mínima tensión (1,1 Um y 0,85 Um respectivamente) serán para cada fase.

4.1.13. 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.

Todas las masas de la instalación fotovoltaica, tanto de la sección continua como de la alterna, estarán conectados a una única tierra. Esta tierra será independiente de la del neutro de la empresa distribuidora, de acuerdo con el Reglamento de Baja Tensión.

4.1.14. 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.

4.1.15. 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.

Estudio técnico económico de una planta solar fotovoltaica con estructura fija conectada a la red y destinada a la venta de energía
Anexo II. PLIEGO DE CONDICIONES

Concluidas las pruebas y la puesta en marcha se pasarán 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:

- Entrega de toda la documentación requerida en este PCT.
- 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 será de 8 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 atenderse a lo establecido en la legislación vigente en cuanto a vicios ocultos.

4.1.16. Requerimientos técnicos del contrato de mantenimiento

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 instalación con las labores de mantenimiento preventivo aconsejados por los diferentes fabricantes.

4.1.17. 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 prolongar la duración de la misma:

- Mantenimiento preventivo

Estudio técnico económico de una planta solar fotovoltaica con estructura fija conectada a la red y destinada a la venta de energía
Anexo II. PLIEGO DE CONDICIONES

– 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:

- 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 menor de 5 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.

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).

4.1.18. Garantías

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.

4.1.19. 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 8 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.

4.1.20. 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.

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.

4.1.21. 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 15 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 domicilio del usuario, 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 15 días naturales.

5. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

Se realizará la evaluación de impacto ambiental, teniendo en cuenta la normativa vigente, especialmente el real decreto legislativo 1/2008, de 11 de enero, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos.

6. FORMACIÓN

Una empresa especializada, elegida por el Ayuntamiento se encargará de formar al personal que el propio Ayuntamiento designe sobre el modo de funcionamiento de los nuevos equipos instalados y en especial en lo relativos a toma de datos y conocimientos básicos de los equipos de medida y comunicación, mediante los cursos de formación que sean necesarios.

Contenido

1- MEMORIA.....	1
1.1- OBJETO DEL ESTUDIO.....	1
1.2- NORMATIVA.....	1
1.3- CARACTERISTICAS DE LA INSTALACION	1
1.3.1- Descripción de la instalación y situación.	1
1.3.2- Descripción de los procesos.....	2
1.3.3- Número máximo previsto de personal y duración estimada de los trabajos de instalación	2
1.4- DEFINICION DE LOS RIESGOS	2
1.4.1- Riesgos generales.....	3
1.4.2- Riesgos derivados del uso de máquinas y medios auxiliares.....	5
1.5- MEDIDAS DE PROTECCION Y PREVENCION.....	6
1.5.1- Medidas preventivas colectivas y de carácter general.	6
1.5.2- Medidas preventivas personales.	8
2- PLIEGO DE CONDICIONES.....	8
2.1- DISPOSICIONES LEGALES APLICABLES.....	8
2.2- CONDICIONES PARA LOS MEDIOS DE PROTECCION	9
2.2.1- Protecciones personales.	9
2.3- SERVICIOS DE PREVENCION	20
2.4- INSTALACIONES MÉDICAS.....	21
3- PUESTA EN PRACTICA SEGUIMIENTO Y CONTROL.....	21

1- MEMORIA

1.1- OBJETO DEL ESTUDIO

Este documento contiene el estudio de seguridad y salud para la conexión de una instalación de producción de energía eléctrica fotovoltaica situada en un solar junto al polígono 'Los olivares' de Jaén.

1.2- NORMATIVA

Como consecuencia de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales el MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA ha aprobado el REAL DECRETO 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, publicado en el B.O.E. núm. 256 de 25 de octubre de 1997.

En este Real Decreto se define el nuevo ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD, así como el ESTUDIO BASICO DE SEGURIDAD Y SALUD y el PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO.

Según el artículo 17 de este Real Decreto, es obligatoria la inclusión del Estudio de seguridad y salud o del Estudio Básico de seguridad y salud en el proyecto de obra para poder visar dicho proyecto y también para la expedición de la licencia municipal y de otras autorizaciones y trámites por parte de las diferentes Administraciones públicas.

La elaboración del Estudio de Seguridad y Salud será obligatorio en el caso de:

- a) presupuesto de ejecución para contrata igual o superior a 451.000 Euros.
- b) duración de la obra superior a 30 días laborables y presencia simultánea de más de 20 trabajadores en la obra.
- c) suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra superior a 500.
- d) obras de túneles, galerías, conducciones subterráneas y presas.

En el resto de proyectos de obras no incluidos en el apartado anterior, se tendrá que elaborar un Estudio Básico de Seguridad y Salud.

1.3- CARACTERISTICAS DE LA INSTALACION

1.3.1- Descripción de la instalación y situación.

La obra objeto de este estudio son las instalaciones eléctricas, obras y montajes asociados para la instalación de un conjunto de placas fotovoltaicas para generación de energía eléctrica.

1.3.2- Descripción de los procesos.

Por orden cronológico los procesos a realizar son los siguientes.

- Montaje de sistemas para asegurar la seguridad de las personas y las cosas.
- Montaje de estructura de soporte anclada a la cubierta existente.
- Montaje de las placas fotovoltaicas.
- Tendido de cables de potencia y de control.
- Conexiones de la puesta a tierra.
- Instalación de Inversores y tendido de líneas de corriente continua y corriente alterna.
- Instalación del cuadro de contadores, protección y medida.
- Pruebas y puesta en marcha.

1.3.3- Número máximo previsto de personal y duración estimada de los trabajos de instalación

La punta máxima de personal para la instalación eléctrica y la duración prevista para los trabajos corre a cargo de la empresa instaladora. Pero no debe superar los valores establecidos en el punto 1.2. para no ser obligatorio un estudio de seguridad y salud completo.

1.4- DEFINICION DE LOS RIESGOS

Analizamos a continuación los riesgos previsible inherentes a las actividades de ejecución previstas, así como los derivados del uso de la maquinaria y medios auxiliares o de la manipulación de instalaciones, máquinas o herramientas eléctricas.

Con el fin de no hacer innecesariamente repetitiva la relación de riesgos generales, analizaremos primero los riesgos generales, que puedan darse en cualquiera de las actividades, y seguiremos después con el análisis de los específicos de cada actividad, incluyendo los que puedan afectar a terceras personas ajenas a la obra.

De esta forma se pretende, por un lado, hacer operativo este Plan ya que permite una visión general de los riesgos sobre los que habrá que insistir sistemáticamente añadiéndole la actuación sobre otros factores con base a actividades concretas.

1.4.1- Riesgos generales.

Entendemos como riesgos generales aquellos que afectan a todas las personas que trabajen en las actividades objeto de este Plan, independientemente de la actividad concreta que realicen.

Se prevé que puedan darse los siguientes:

- Caída de objetos, o componentes de la instalación sobre personas.
- Caída de personas a distinto nivel (por un hueco, desde plataformas).
- Caída de personas al mismo nivel
- Proyecciones de partículas a los ojos-
- Conjuntivitis por arco de soldadura u otros
- Heridas, en manos o pies, por el manejo de materiales
- Sobreesfuerzos
- Golpes y cortes por el manejo de herramientas
- Heridas por objetos punzantes o cortantes
- Golpes contra objetos
- Atrapamiento entre objetos
- Quemaduras por contactos térmicos.
- Exposición a descargas eléctricas.
- Atrapamiento por vuelco de máquinas
- Atropellos o golpes por vehículos en movimiento
- Polvo, ruido, etc.

1.4.1.1- Riesgos específicos.

Hacemos referencia a los riesgos propios de actividades concretas que afectan solo al personal que realiza trabajos en la misma.

Este personal estará expuesto a los riesgos generales antes relacionados, más los específicos de su actividad.

En consecuencia, analizamos a continuación las actividades más significativas.

1.4.1.2- Albañilería y pintura.

En la realización de estos trabajos, además de los generales, pueden darse los siguientes riesgos añadidos:

- Aumento de posibilidades de caídas de altura, de materiales o personas, a causa de la continua movilidad del trabajo.
- Intoxicación por inhalación de vapores tóxicos.
- Salpicaduras, principalmente a los ojos, de productos irritantes
- Incendios de vapores combustibles.

1.4.1.3- Transporte de materiales y equipos dentro de la obra.

En esta actividad, además de los riesgos generales, anteriormente descritos, son previsibles los siguientes:

- Desprendimiento y caída de la carga, o de una parte, por ser ésta excesiva o estar mal sujeta.
- Golpes contra partes salientes de la carga.
- Atropellos de personas.
- Vuelcos.
- Choques contra otros vehículos o máquinas.
- Golpes de la carga contra instalaciones.

1.4.1.4- Trabajos de ferralla.

Los riesgos más comunes, que además de los generales, se prevén en la manipulación y montaje de ferralla son:

- Caída de barras durante el izado y transporte de los paquetes-
- Cortes y heridas en el manejo de las barras o alambres.
- Atrapamiento durante las operaciones de carga y descarga de paquetes de barras o en la colocación de las mismas.
- Torceduras de pies, tropiezos y caídas al mismo nivel al caminar sobre las armaduras.
- Roturas eventuales de barras durante el doblado o estirado.

1.4.1.5- Montajes electromecánicos de equipos y de accesorios.

Además de los riesgos generales, son previsible los siguientes:

- Caída de materiales por mala ejecución de maniobras de elevación y acoplamiento de los mismos o fallo mecánico de los equipos.
- Caída de los materiales.
- Caída de personas desde escaleras de mano o desde tuberías o estructuras.
- Explosiones o incendios debido al uso de gases en trabajos con soplete.

1.4.2- Riesgos derivados del uso de máquinas y medios auxiliares.

Analizaremos en este apartado los riesgos que, además de los generales, pueden presentarse en el uso de la maquinaria las herramientas eléctricas o mecánicas y los medios auxiliares,

Con el fin de que este plan sea lo más operativo posible, analizaremos los riesgos previsible en estos medios auxiliares de ejecución clasificándolos en los siguientes grupos:

1.4.2.1- Máquinas fijas, herramientas y cuadros eléctricos.

Los riesgos más significativos son:

- Los característicos de trabajos en elementos con tensión eléctrica en los que pueden producirse accidentes por contactos tanto directos como indirectos.
- Lesiones por uso inadecuado, o malas condiciones, de máquinas giratorias o de corte.
- Proyecciones de partículas
- Cortes en manos por manipulación de material residual.

1.4.2.2- Medios de elevación.

Consideramos como riesgos específicos de estos medios, los siguientes:

- Caída de la carga por deficiente estrobo.
- Rotura de cable, gancho, estrobo, grillete o cualquier otro medio auxiliar de elevación.
- Golpes o aplastamientos por movimientos incontrolados de la carga.
- Vuelco de la grúa.
- Exceso de carga con la consiguiente rotura, o vuelco, del medio correspondiente.
- Fallo de elementos mecánicos o eléctricos.

Estudio técnico económico de una planta solar fotovoltaica con estructura fija conectada a la red y destinada a la venta de energía

ANEXO III. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

- Caída de personas a distinto nivel durante las operaciones de movimiento de cargas.
- Atrapamiento de cualquier cuerpo durante las operaciones de estrobo o colocación de la carga.

1.4.2.3- Medios de transporte.

Nos referimos en este apartado a los medios de transporte interno de materiales, tales como plataformas, camiones, etc. y a los riesgos previsibles tales como:

- Los ya mencionados en el punto "Transporte de materiales y equipos dentro de la obra".
- Cualquier accidente o incidente que pudiera producirse por fallo de frenos, dirección señalización de maniobras, etc.

1.4.2.4- Andamios, plataformas y escaleras.

Son previsibles los siguientes riesgos:

- Caídas de personas a distinto nivel.
- Vuelcos de andamios por fallos de la base o faltas de arriostamiento.
- Derrumbamiento de andamios por fallo de los soportes de sujeción.
- Vuelcos o deslizamiento de escaleras.
- Caída de materiales o herramientas desde el andamio.

1.4.2.5- Equipos de soldadura y corte

- Incendios.
- Quemaduras.
- Explosión de botellas de gases.
- Proyecciones incandescentes.

1.5- MEDIDAS DE PROTECCION Y PREVENCION

1.5.1- Medidas preventivas colectivas y de carácter general.

Se adoptarán las medidas preventivas propias de la obra, como son:

- Andamios metálicos.
- Redes: Se colocarán redes a lo largo de toda la nave, encima de la cubierta existente, de manera que se impida la caída de personas a distinto nivel.

Estudio técnico económico de una planta solar fotovoltaica con estructura fija conectada a la red y destinada a la venta de energía

ANEXO III. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

- Líneas de vida: Se colocarán líneas de vida para cada diente de la nave industrial.

Todos los trabajadores deberán estar unidos en todo momento a dichas líneas de vida mientras trabajen sobre la cubierta.

- Escaleras de mano.

- Plataformas de trabajo

Las generales de la obra a prevenir por el contratista constructor y las específicas del trabajo de instalación eléctrica prevista.

En las fases de ayudas a la paleta se tendrá un especial interés en arreglar las superficies de tránsito y evacuar los escombros.

El montaje de aparatos eléctricos siempre se realizará con personal especializado.

La iluminación con luces portátiles se hará mediante portalámparas estanco con mango aislante y reja de protección de la bombilla, alimentado a 220 V.

No se podrán establecer conexiones de conductores en los cuadros provisionales de obra sin enchufes macho-hembra.

Las escaleras de mano serán del tipo tijera, con zapatillas antideslizantes y cadena limitadora de la abertura.

Se prohíbe expresamente la formación de andamios utilizando escaleras de mano

No se podrán utilizar escaleras de mano o andamios de capitel en lugares con riesgo de caídas desde una altura, si antes no se han instalado las redes o protecciones de seguridad correspondientes.

Las herramientas a utilizar estarán protegidas con material aislante normalizado contra contactos con energía eléctrica.

Se retirarán inmediatamente las herramientas con el aislamiento defectuoso, cambiándolas con otras en buen estado.

Las pruebas de funcionamiento de la instalación eléctrica se anunciarán por escrito antes de que empiecen a todo el personal de la obra, para así poder evitar posibles accidentes.

Antes de conectar la instalación eléctrica se hará una revisión en profundidad de las conexiones de mecanismos, protecciones y uniones de todos los cuadros eléctricos y aparatos.

Estudio técnico económico de una planta solar fotovoltaica con estructura fija conectada a la red y destinada a la venta de energía

ANEXO III. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

Antes de la operación anterior se comprobará la existencia real en las salas del centro de transformación, del taburete y de las perchas de maniobra, extintores de polvo seco, carteles avisadores y botiquín. Los operarios tendrán que llevar los equipos de protección personal.

1.5.2- Medidas preventivas personales.

Indicamos la indumentaria para la protección personal, siendo su utilización más frecuente en esta fase de la obra.

-Casco de polietileno homologado para utilizarlo dentro de la obra de forma permanente.

-Botas aislantes. (CONEXIONES)

-Botas de seguridad.

-Guantes aislantes.

-Ropa de trabajo.

-Faja elástica para la sujeción de la cintura.

-Banqueta de maniobra aislante.

-Comprobadores de tensión.

-Herramientas aislantes.

2- PLIEGO DE CONDICIONES

2.1- DISPOSICIONES LEGALES APLICABLES

Serán de obligado cumplimiento las disposiciones que están dentro de las siguientes reglamentaciones:

-Estatuto de los trabajadores.

-Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el trabajo (O.M.9.3.71) (B.O.E. 16.3.71)

-Plan Nacional de Higiene y Seguridad en el Trabajo (O.M.9.3.71) (B.O.E. 11.3.71)

-Comités de Seguridad e Higiene en el trabajo (Decreto 432/71 11.3.71) (B.O.E. 16.3.71)

-Reglamento de Seguridad e Higiene en la industria de la construcción (O.M. 20.5.52) (B.O.E.15.6.52).

-Reglamento de los servicios Médicos de Empresa (O.M.21.11.59) (B.O.E.27.11.59)

Estudio técnico económico de una planta solar fotovoltaica con estructura fija conectada a la red y destinada a la venta de energía

ANEXO III. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

- Ordenanza de Trabajo de la Construcción, Vidrio y Cerámica (O.M.28.8.70) (B.O.E.5/7/8/9/9.70)
- Homologación de los medios de protección personal de los trabajadores (P.M.17.5.74) (B.O.E.29.5.74)
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (O.M. 20.9.73) (B.O.E. 9.10.73).
- Reglamento de aparatos elevadores para obras (O.M.23.5.77) (B.O.E 14.6.77).
- Convenio Colectivo Provincial de la Construcción.
- Obligatoriedad de la inclusión de un Estudio de Seguridad e Higiene en el trabajo, en los proyectos de edificación y obras públicas (Real Decreto 555/1986, 21.2.86) (B.O.E.21.3.86).
- Ley de prevención de riesgos laborales (LEY 31/1995,8.11.95).
- Reglamento de Alta Tensión (R.D.3275/1982,1.12.1982).

2.2- CONDICIONES PARA LOS MEDIOS DE PROTECCION

Todas las piezas de protección personal y los elementos de protección colectiva tendrán un período de vida útil. Una vez finalizado este elemento se sustituirá por otro nuevo.

Cuando por las circunstancias del trabajo se produzca un deterioro más rápido de lo previsto en una determinada pieza o equipo, será repuesto inmediatamente, será rehusado y sustituido inmediatamente.

Se sustituirán las piezas y los equipos que a causa del uso se hayan deformado y no tengan la forma que recomienda el fabricante.

El uso de una pieza o de un equipo de protección, nunca representará un riesgo en sí mismo.

2.2.1- Protecciones personales.

A continuación, se describen las características de la indumentaria de protección personal más usual:

-Casco

El casco ha de ser de uso personal y obligado en las obras de construcción.

Tiene que ser homologado de acuerdo con la Norma Técnica Reglamentaria M.T.1. (Resolución de la D.G. De Trabajo de 14/12/74, B.O.E. 312 DEL 30.12.74).

Las principales características son:

Estudio técnico económico de una planta solar fotovoltaica con estructura fija conectada a la red y destinada a la venta de energía

ANEXO III. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

-Clase N: se puede hacer servir en trabajos de riesgo eléctrico, a tensiones inferiores o iguales a 1000 V.

-Peso: no ha de sobrepasar de 450 gramos.

Los que hayan sufrido impactos violentos o que tengan más de 10 años, aunque no hayan sido utilizados, han de ser sustituidos por unos de nuevos.

En casos extremos los podrán utilizar diversos trabajadores, siempre que se cambien las partes interiores en contacto con la cabeza.

-Botas

Debido a que los trabajadores del ramo de la construcción están sometidos al riesgo de accidentes, y que hay posibilidad de perforación de las suelas por clavos, es obligado el uso de calzado de seguridad (botas, zapatos o sandalias) homologados de acuerdo con la Norma Técnica Reglamentaria M.T.5. (Resolución de la D.G. De Trabajo del 31.01.08, B.O.E. Núm. 37 del 12.02.80).

Las características principales son:

-Clase III: calzado con puntera y plantilla.

-Peso: no sobrepasaran los 800 gramos.

Cuando se trabaje en tierras húmedas donde se puedan recibir salpicaduras de agua o mortero, las botas serán de goma, Norma Técnica Reglamentaría M.T.27, Resolución de la D.G. De Trabajo del 03.12.81, B.O.E. núm. 305 del 22.12.81, Clase E.

-Guantes

Para evitar agresiones en las manos de los trabajadores (dermatosis, cortes, arañazos, picaduras, etc.) se utilizarán guantes. Pueden ser de diferentes materiales como, por ejemplo:

-Algodón punto: trabajos ligeros

-Cuero: manipulación en general

-Malla metálica: manipulación de chapas cortantes.

-Lona: manipulación de maderas, etc.

Para la protección contra las agresiones químicas, han de estar homologados según la Norma Técnica Reglamentaría M.T.11 (Resolución de la D. G. de trabajo del 06.05.77) B.O.E núm. 158 del 04.07.77.

Estudio técnico económico de una planta solar fotovoltaica con estructura fija conectada a la red y destinada a la venta de energía

ANEXO III. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

Para los trabajos en los que pueda haber riesgos de electrocución, se utilizarán guantes homologados de acuerdo con la Norma Técnica Reglamentaría M.T.4 (Resolución de la D.G. de Trabajo del 28.07.75. B.O.E. núm. 2111 del 03.11.75).

-Cinturones de seguridad

Cuando se trabaje en un lugar alto y con peligro de caídas eventuales, es preceptivo el uso de cinturones de seguridad homologados de acuerdo con las Normas Técnicas Reglamentarias siguientes:

M.T.13. (Resolución de la D.G. De trabajo del 08.06.77, B.O.E. núm. 210 del 02.09.77)

M.T. 21 (Resolución de la D.G. De trabajo del 21.02.81, B.O.E. núm.654 del 16.03.81)

M.T. 22 (Resolución de la D.G. De Trabajo del 23.02.81, B.O.E. núm. 65 del 17.03.81)

Las características principales son:

-Clase A: cinturón de sujeción.

Se utilizarán cuando el trabajador no tenga que desplazarse o cuando sus desplazamientos sean limitados. El elemento de enganche estará siempre tirante para impedir caída libre.

-Clase B: cinturón de suspensión.

Se utilizará cuando el trabajador pueda quedar suspendido, pero solo con la posibilidad de esfuerzos estáticos (peso del trabajador), nunca existirá la posibilidad de caída libre.

-Clase C: cinturón de caída.

Se utilizará cuando el trabajador pueda desplazarse y exista la posibilidad de caída libre. Se tiene que vigilar de forma especial la seguridad del punto de anclaje y su resistencia.

-Dispositivos contra caídas

Cuando los trabajadores hagan operaciones de elevación y descenso, se usarán dispositivos contra caídas según la clasificación, regulada a la Norma Técnica Reglamentaría M.T.28 (Resolución a la D.G. De trabajo del 25.09.82, B.O.E.núm. 229 del 14.12.82).

- Clase A: El trabajador hará operaciones de elevación y descenso y necesita libertad de movimientos.

- Clase B: Para operaciones de descenso o en las ocasiones en que haga falta una evacuación rápida de personas.

Estudio técnico económico de una planta solar fotovoltaica con estructura fija conectada a la red y destinada a la venta de energía

ANEXO III. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

- Clase C: Para trabajos de duración corta y sustituyendo andamios.

– Protectores auditivos

Cuando los trabajadores estén en un lugar o área de trabajo con un nivel de ruido superior a los 80 dB (A), es obligatorio el uso de protectores auditivos que siempre son de uso individual. Estos protectores estarán homologados de acuerdo con la Norma Técnica Reglamentaria M.T.2. (Resolución de la D. G. de TRABAJO DEL 28.07.85 B.O.E. núm.209 del 01.09.75).

Los protectores auditivos pueden ser: tapones, orejeras o cascos contra el ruido.

Según los valores de atenuación se clasifican en las categorías A,B,C,D,E.

– Protectores de la vista

Cuando los trabajadores están expuestos a la proyección de partículas, polvo y humo, salpicaduras de líquidos, radiaciones peligrosas o deslumbramientos, se tendrán que proteger la vista con gafas de seguridad y /o pantallas. Las gafas y oculares de protección han de estar homologadas de acuerdo con las Normas Técnicas Reglamentarias M.T.16 (Resolución de la D.G. de Trabajo del 28.06.78, B.O.E. núm.216 del 09.09.78)

Las pantallas contra la proyección de cuerpos físicos han de ser de material orgánico, transparente, libre de estrías, rayas o deformaciones.

En el caso de pantallas de soldador se ajustarán a las homologaciones recogidas en las Normas Técnicas Reglamentarias M.T.3 (Resolución de la D.G. De Trabajo del 28.07.70) y M.T.18 (Resolución de la D.G. De trabajo del 19.01.79, B.O.E. núm.33 del 07.09.70) y M.T.19 (Resolución de la D.G. De Trabajo del 24.05.79, B.O.E.núm.148 del 27.06.79)

Las gafas protectoras tendrán el cristal doble; será oscuro y retráctil para facilitar que las partículas no las rallen o piquen.

Estas pantallas pueden ser de mano, con arnés propios para que los trabajadores se las ajusten a la cabeza, o acopladas al casco de seguridad.

– Protectores de las vías respiratorias

Consideramos como más frecuentes en este sector la inhalación de polvo en las operaciones de corte con disco de piezas cerámicas o de prefabricados de hormigón. Para proteger las vías respiratorias de los trabajadores dedicados a este trabajo, se harán servir caretas con filtro mecánico homologado de acuerdo con las Normas Técnicas Reglamentarias M.T.7. (Resolución de

Estudio técnico económico de una planta solar fotovoltaica con estructura fija conectada a la red y destinada a la venta de energía

ANEXO III. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

la D.G. de Trabajo del 28.07.75.B.O.E. núm. 215 de 08.09.75) y M.T.9 (Resolución de la D.G. de trabajo del 28.08.75. B.O.E. núm. 216 de 09.09.75)

-Ropa de trabajo

Los trabajadores utilizarán ropa de trabajo facilitada gratuitamente por la empresa. La ropa será de un tejido ligero y flexible, ajustada al cuerpo, sin elementos adicionales y fáciles de limpiar.

-Herramientas manuales para trabajos eléctricos en B.T.

Si se han de hacer trabajos eléctricos e instalaciones de B.T., las herramientas manuales utilizadas, como destornilladores, alicates, tenazas, etc. Han de estar homologadas de acuerdo con la Norma Técnica Reglamentaría M. T. 26 (Resolución de la D.G. de trabajo del 03.09.81.B.O.E. núm. 243 de 10.10.81.

-Barandillas

Han de estar colocadas alrededor del perímetro de los agujeros donde trabajan los instaladores eléctricos o mecánicos en los que hay peligro se que caigan las personas. Las otras las suministrará el constructor de la obra civil como ya se ha explicado al inicio de este estudio. Tendrán una altura de 90 cm. Con una barra intermedia de rodapiés.

Estarán ancladas y dimensionadas de forma que garanticen la retención de las personas, sin deformación permanente ni fractura.

-Redes perimétricas de forjado y verticales de escalera

Se entiende las proveerá el Contratista de la obra civil en las condiciones señaladas al principio de este estudio.

-Plataformas de trabajo

-Variedades: Andamios de capitel, castillos de hormigón, plataformas móviles voladas, plataformas móviles (con ruedas), etc.

-Materiales: plataforma generalmente de madera (excepto en casos especiales de ambientes donde hay peligro de combustión).

-Los castillos pueden ser indistintamente de madera o metálicos. Los segundos son más manejables que los primeros. Las plataformas voladas pueden ser de madera o metálicas, pero los sistemas de fijación serán metálicos.

Estudio técnico económico de una planta solar fotovoltaica con estructura fija conectada a la red y destinada a la venta de energía

ANEXO III. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

-Uso prácticamente durante la ejecución de la obra de estructuras, cerramientos interiores, cerramientos exteriores reculados, fase de acabado e instalaciones, etc.

Condiciones constructivas; están definidas en el artículo 20 del O.G.S.H.T.

-Uso prácticamente durante la ejecución de la obra de estructuras, cerramientos interiores, cerramientos exteriores reculados, fase de acabado e instalaciones, etc.

-“Las plataformas de trabajo fijas o móviles, estarán hechas de materiales sólidos, su estructura y resistencia serán proporcionadas a las cargas fijas o móviles que hayan de soportar”.

-“Los pisos y pasillos de las plataformas de trabajo serán antideslizantes, manteniéndolos libres de obstáculos y estarán provistos de un sistema de drenaje que permita la eliminación de productos resbaladizos”.

-“Las plataformas que ofrezcan peligro de caídas desde más de 2 metros de altura estarán protegidas en todo su alrededor con barandillas y zócalos, atendiendo a las condiciones que se señalan en el artículo 23”.

-“Cuando se trabaje sobre plataformas móviles se utilizarán dispositivos de seguridad que eviten el desplazamiento o caídas.

-Estas condiciones se complementan con el artículo incluido en la subsección 2a. “Andamios” de la Ordenanza Laboral de la Construcción.

Art. 206

“Los tabloneros que formen la plataforma de los andamios se dispondrán de tal forma que no se pueda mover ni tampoco bascular, deslizarse o hacer cualquier movimiento peligroso”.

Art. 212

“Hasta 3 m. de altura se pueden utilizar andamios de caballetes metálicos fijos, sin trabas. Entre 3 y 6 metros de altura máxima permitida para este tipo de andamios se harán servir caballetes metálicos armados de bastidores metálicos trabados”.

Tendrán un mínimo de 60 cm. de ancho y estarán sujetos sólidamente a los puntos de anclaje, de tal manera que no puedan resbalarse ni volcarse.

Las plataformas que estén situadas a dos o más metros de altura, tendrán barandillas perimétricas completas de 90 cm. De altura, formadas por pasamanos, barra intermedia y rodapiés.

Estudio técnico económico de una planta solar fotovoltaica con estructura fija conectada a la red y destinada a la venta de energía

ANEXO III. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

Solo podrán estar sin barandilla los lados de la plataforma o andamios situados de manera permanente a 30 cm. o menos de un parámetro vertical sólido.

-Cables de fijación de los cinturones de seguridad y puntos fuertes de anclaje

Tendrán una resistencia suficiente para poder resistir los esfuerzos que puedan recibir como consecuencia de su función de protección.

-Escaleras de mano

Tipos:

-Sencilla: Para superar alturas que no sobrepasen los 5 metros.

-Reforzada: Para superar alturas que no sobrepasen los 7 metros.

-Extensible: No se utilizan en el ramo de la construcción.

-De tijera: Para trabajos puntuales.

Materiales:

-De hierro: No se hacen servir para trabajar en presencia de corriente eléctrica, solo se utilizan para la función principal (desplazamientos).

-De aluminio: Son ligeras y manejables.

-De madera: Son las más recomendables para la industria de la construcción, tanto por su función principal como por la secundaria.

Uso:

Durante toda la obra y especialmente en las fases de estructura y acabado.

Condiciones constructivas: Definidas en el artículo 19 de la O.G.S.H.T.

- “La escalera de mano tendrá siempre las garantías que hagan falta por lo que hace a solidez, estabilidad y seguridad, y si es el caso, de aislamiento e incombustión”.

- “Cuando los montantes son de madera serán de una sola pieza y sus escalones estarán bien encajados y no solamente enclavados”.

- “Las escaleras de mano solamente se podrán pintar con barniz y no con pintura, debido a que con ésta pueden quedar escondidos posibles defectos”.

ANEXO III. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

- “Se prohíbe empalmar escaleras” (exceptuando las extensibles que están garantizadas por los respectivos fabricantes).

- “Han de estar provistas de tacones, puntas de hierro, grapas y otros mecanismos antideslizantes en los pies, o de ganchos de sujeción en la parte superior”. Los diferentes elementos de fijación serán en función del terreno donde se aguanten.

-Ejemplos: superficies pintadas con tendencia a deslizamiento (talones de goma, arena o tierra, puntas metálicas), tierra irregular: grapas con soporte de goma articuladas.

-Herramientas portátiles

Teniendo en cuenta la importancia y duración del uso que de estas herramientas tienen para los trabajos de instalaciones, describimos seguidamente un estudio específico extraído de la publicación “Seguridad en la construcción. Guía para la ampliación del R.D. 555/1986 de la Generalitat de Cataluña, Departamento de Trabajo”.

Hay cuatro tipos, basándose en la fuente de alimentación.

-Herramientas portátiles eléctricas.

-Herramientas portátiles neumáticas.

-Herramientas portátiles de combustión.

-Herramientas manuales propiamente llamadas.

Herramientas portátiles eléctricas:

De corte: Trepadoras.

De abrasión: De abrasión.

Por calentamiento: Soldaduras.

Solo comentaremos los peligros que tienen las herramientas en sí mismas, y no tendremos en cuenta los que se derivan de las superficies de trabajo, los andamios, etc., que se usan para trabajar con estas herramientas portátiles.

Análisis de los riesgos:

-Contacto eléctrico directo.

-Contacto eléctrico indirecto.

-Cortes y erosiones.

-Enganches.

-Proyección de partículas (incandescentes o no).

-Golpes o cortes por rebotes violentos de las herramientas.

-Quemaduras.

-Ambiente con polvo.

Medidas preventivas:

-Los cables eléctricos de alimentación tendrán aislamientos en un estado de conservación correcto. Si se hacen servir prolongaciones serán con conectores adecuados y nunca se empalmarán provisionalmente, aunque se haga servir cinta aislante como protector.

-Las herramientas portátiles tendrán los siguientes sistemas de seguridad: doble aislamientos, toma de tierra de las masas (PTM) o utilización con transformador de seguridad o separación de circuitos.

-Se llevará ropa ajustada, no se llevará anillos o cadenas ni nada que conlleve la posibilidad de engancharse o pillarse.

-Se utilizarán estas herramientas con cuidado, especialmente las de abrasión, que tienen una velocidad de rotación muy alta. Un contacto accidental de la carcasa o del mango mientras se trabaja, un enganche ligero o una parada pueden hacer que la herramienta rebote de repente y con violencia, llegando a cortar o a erosionar la parte del cuerpo que encuentre en su trayectoria.

-No se tocarán las brocas, discos, etc. Inmediatamente después de que hayan trabajado, porque están muy calientes. El caso de los soldadores es especial, ya que se pondrán en un soporte especial una vez desconectados, para evitar quemaduras.

-Teniendo en cuenta que la emisión de polvo es puntual, cuando se trabaje se llevarán caretas.

-Al trabajar se utilizará herramientas con mucho cuidado, con las brocas y los discos bien apretados, manteniendo las trayectorias de corte bien perpendiculares a la superficie de trabajo y con un centrado correcto del punto de trabajo, etc.

Herramientas portátiles neumáticas:

– Que actúan por percusión: Martillo picador.

– Que actúan por impacto: Pistola clavadora, grapadora, etc.

Estudio técnico económico de una planta solar fotovoltaica con estructura fija conectada a la red y destinada a la venta de energía

ANEXO III. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

Análisis de los riesgos:

- Golpes por rotura de la manguera.
- Golpes, cortes y perforación en general.
- Estrés sonoro.
- Vibraciones.
- Proyecciones de partículas.

Medidas preventivas:

- Revisar las mangueras de alimentación de aire, cambiar inmediatamente las que estén resquebrajadas o con fisuras, y en general todas las que hayan perdido elasticidad al doblarlas.
- Colocar válvulas de seguridad (por desahogo de presión) con la finalidad de evitar latigazos cuando se rompan las mangueras.
- No se pondrá ninguna parte del cuerpo en el mismo lado del punto de operación en general ni en la trayectoria de las pistolas clavadoras en particular.
- Se utilizarán protectores de las orejas cuando el nivel de ruido supere los 80 dB (A) tanto si es seguido como si es intermitente (por impacto).
- Se utilizarán anti vibratorios cuando se trabaje con martillos picadores.
- Se utilizará calzado de seguridad con puntas metálicas para evitar golpes en los pies.
- También y como norma los trabajadores llevará gafas de seguridad y cuando haya emanaciones de polvo caretas.
- Todos los trabajos que se realicen con estas herramientas exigen el uso de guantes de cuero.

Herramientas portátiles de combustión

Básicamente son los sopletes:

Análisis de riesgos:

- Quemaduras
- Incendios.

Medidas preventivas:

Estudio técnico económico de una planta solar fotovoltaica con estructura fija conectada a la red y destinada a la venta de energía

ANEXO III. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

- Todos los trabajos que se realicen con estas herramientas exigen el uso de guantes de cuero.
- Controlar que el soplete esté en buen estado y correctamente fijado al depósito de combustible, ya que actualmente lo más frecuente es que sean bombonas de butano.
- Controlar que la manguera de conexión esté en buen estado.
- Regular adecuadamente la presión el quemador para que la llama no sea demasiado larga.
- No trabajar cerca de materias combustibles.
- Tener una buena ventilación en locales cerrados.
- Hacer servir gafas o pantallas de protección o guantes.

Herramientas manuales:

Son muy variadas, tanto por su función como por su utilización.

Tipos más comunes:

- Punzantes: Escarpa.
- De percusión: Martillos
- De cortes: Sierras y cizallas
- Otras: Destornilladores, pata de cabra, etc.

Análisis de riesgos:

- Golpes, cortes, pinchazos.
- Proyección de partículas

Medidas preventivas:

- Correcto estado de conservación de las herramientas, mangueras, etc.
- Conocimiento y uso adecuado por parte de los familiares de los que las usen.
- Limpieza y conservación, tanto en el almacén como en el trabajo, manteniéndolas limpias y en buen estado de uso.
- Control periódico de su estado (comprobación y mantenimiento).
- Uso de la indumentaria para la protección personal con referencia al riesgo: gafas de seguridad, botas, protectores de las manos, etc.

Pistola clavadora

En realidad, es una herramienta portátil, pero por sus características puede ser considerada un arma de fuego, por este motivo hay que extremar las precauciones cuando se use.

Análisis de riesgos:

- Heridas punzantes por: rebotes, proyecciones o perforaciones.

Medidas preventivas:

-Hacer servir la carga adecuada según las instrucciones que el fabricante. Solo con esto quedan eliminados un importante número de perforaciones y rebotes.

-Hacer servir una campana protectora incluso con los martillos clavadores, en los que la velocidad de salida es menor que en las pistolas.

-Nunca se ha de clavar en: esquinas (habrá una distancia mínima de 10 cm.) en superficies curvadas, materiales fácilmente perforables, materiales elásticos o muy duros o muy frágiles.

Su uso comporta:

- No apuntar a nadie.

- No tenerla cargada en la mano.

- Transportarla boca abajo y descargada.

- Efectuar el disparo desde detrás de la herramienta y nunca de lado.

- Mantener la herramienta en un estado de conservación adecuado.

- Hacer servir siempre casco y gafas de seguridad.

Extintores:

Será de polvo seco polivalente, de 5 Kg. Y 10 Kg.

2.3- SERVICIOS DE PREVENCION

Servicio técnico de seguridad y salud.

El instalador tendrá un servicio de asesoramiento para los temas de seguridad y salud.

Servicio médico

El instalador tendrá un Servicio Médico de Empresa propio o compartido.

2.4- INSTALACIONES MÉDICAS

Se revisará el botiquín mensualmente, reponiendo el material gastado.

3- PUESTA EN PRACTICA SEGUIMIENTO Y CONTROL

El coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra tendrá que llevar a cabo la puesta en práctica, el seguimiento y del control de manera integrada con la dirección facultativa y siguiendo las pautas del coordinador durante el proyecto de los elementos de seguridad y salud.

De todas las tareas asignadas será necesario describir un manual estandarizado de las normas de seguridad a seguir para cada tarea en concreto, y habrá que hacer un seguimiento para verificar su cumplimiento.

Se redactarán unos panfletos a completar por el encargado o responsable de cada trabajo donde se escriba el seguimiento de cada una de las pautas de seguridad seguidas, y que tendrá que firmar el mismo responsable.

También se prevé la creación de unos cursos para concienciar y educar a los trabajadores en materia tanto de seguridad como de salud. Aquí se expondrán los métodos de trabajo y los riesgos que estos pueden ocasionar, juntamente con las medidas de seguridad que habrá que usar para evitarlos. A estos cursos o charlas tendrán que asistir todos los trabajadores de forma periódica.

También se impartirá un curso de socorrismo y primeros auxilios.

Se prevé la promoción de iniciativas y actuaciones de cualquier persona de la obra para que pueda plantear los posibles problemas o impedimentos a la aplicación de las medidas de seguridad, así como la existencia de riesgos innecesarios, circunstancias especiales y su resolución.

Es necesario remarcar por último que para llevar a cabo todas estas normas hace falta una buena organización, un control exhaustivo de todas las actividades y una descripción clara de los deberes y de cada nivel del personal, fomentando la cooperación y la instrucción de todos los agentes incluidos en la construcción, explotación y mantenimiento de las instalaciones descritas en el proyecto.

Contenido

1. PRESUPUESTO	1
1.2. Cálculo de costes.....	1

Estudio técnico económico de una planta solar fotovoltaica con estructura fija conectada a la red y destinada a la venta de energía

ANEXO IV. PRESUPUESTO

1. PRESUPUESTO

1.2. Cálculo de costes

Concepto	Precio (€)	Unidades	Importe
PANELES SOLARES			
Panel fotovoltaico (euros/Wp)	0,99	1410	1.102,76 €
SEGUIDORES Y/O ESTRUCTURAS			
Estructuras para módulos	32	94	2.376,32 €
INVERSORES			
Completamente montado, probado y funcionando	32.921,81	2	52.016,46 €
RED ELÉCTRICA			
Cableado EXZHELLENT SOLAR ZZ-F (AS) (614 m)	0,4/m	1	194,02 €
Cableado EXZHELLENT SOLAR XZ1FA3Z-K (AS)(950m)	3,9/m	1	2.926,95 €
Cableado CL2 a CT (48m)	13,9/m	1	527,09 €
Montaje y conexionado	39600	1	31.284,00 €
SEGURIDAD			
Sistemas de seguridad	3072	1	2.426,88 €
TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN Y MATERIAL			
Proyecto de Ingeniería y dirección de obra	5680,58	1	4.487,66 €
BASE IMPONIBLE			154.076,35 €
IMPORTE IVA (21%)			66.832,76 €
TOTAL PRESUPUESTO INSTALACIÓN			318.251,25 €



TIPO DE DOCUMENTO: PLANO	TÍTULO DEL TRABAJO: Estudio técnico de una planta solar fotovoltaica	
DEPARTAMENTO: ENERGÍAS RENOVABLES		
REF. TÉCNICA: Creado por: D.C.M.	TÍTULO DEL PLANO: Localización	ESCALA SE
Aprobado por: D.C.M.	Propietario: CASTNEDA MAIQUES, Dennise	Nº de identificación:
		Revisión:
		Fecha: 20/07/2019
		Hoja: 1



CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

TIPO DE DOCUMENTO: PLANO	TÍTULO DEL TRABAJO: Estudio técnico de una planta solar fotovoltaica	
DEPARTAMENTO: ENERGÍAS RENOVABLES		
REF. TÉCNICA: Creado por: D.C.M.	TÍTULO DEL PLANO: Emplazamiento	ESCALA SE
Aprobado por: D.C.M.	Propietario: CASTNEDA MAIQUES, Dennise	Nº de identificación:
		Revisión:
		Fecha: 20/07/2019
		Hoja: 2

4

3

2

1

A

A

B

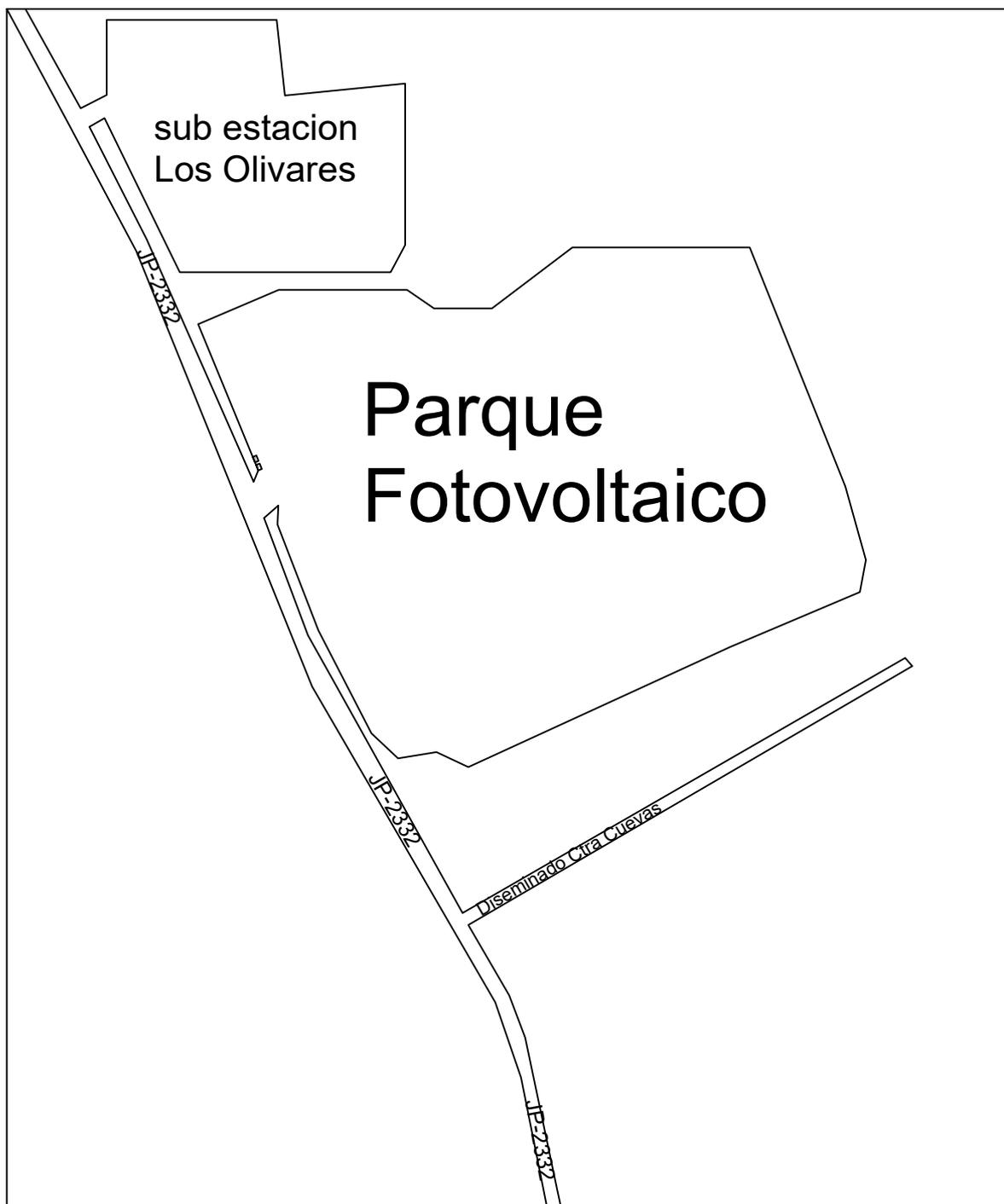
B

C

C

D

D



CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

E

E

F

F

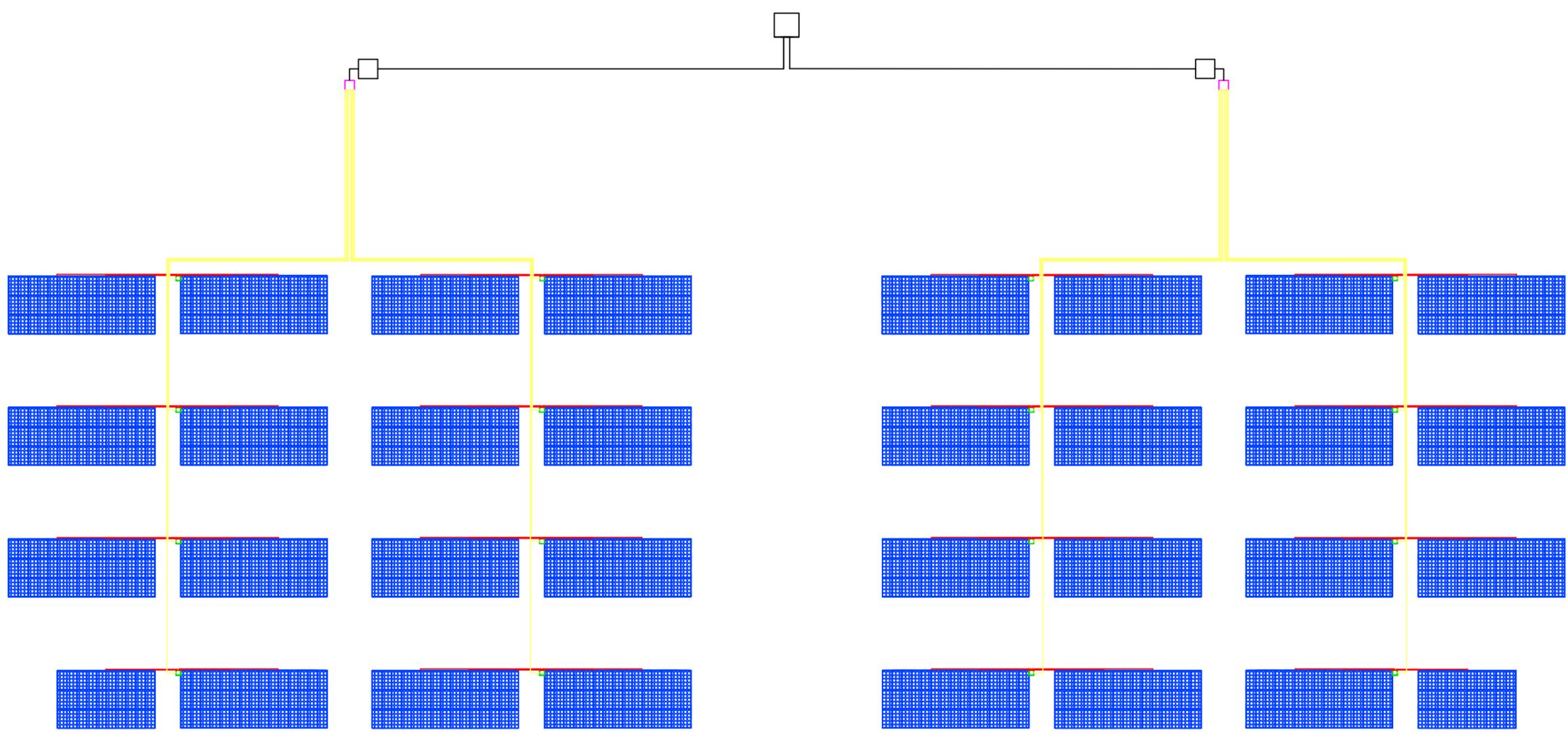
TIPO DE DOCUMENTO: PLANO		TÍTULO DEL TRABAJO: Estudio técnico de una planta solar fotovoltaica	
DEPARTAMENTO: ENERGÍAS RENOVABLES			
REF. TÉCNICA: Creado por: D.C.M.	TÍTULO DEL PLANO: Posicionamiento del recinto		ESCALA SC
Aprobado por: D.C.M.	Propietario: CASTNEDA MAIQUES, Dennise		Nº de identificación:
			Revisión:
			Fecha: 20/07/2019
		Hoja: 3	

4

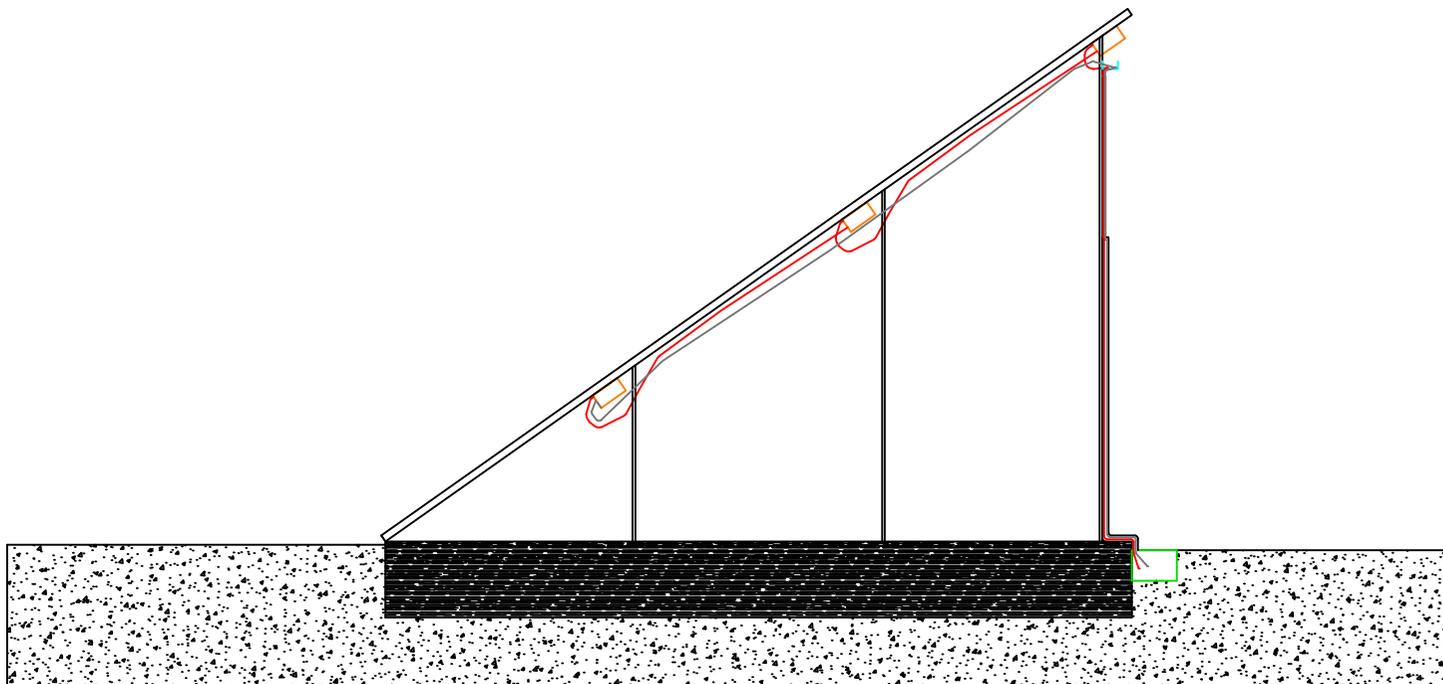
3

2

A4



TIPO DE DOCUMENTO: PLANO	TÍTULO DEL TRABAJO: Estudio técnico de una planta solar fotovoltaica	
DEPARTAMENTO: ENERGÍAS RENOVABLES	TÍTULO DEL PLANO: Distribucion de los panesles	
REF. TÉCNICA: Creado por: D.C.M.	ESCALA 1:500	Nº de identificación:
Aprobado por: D.C.M.	Propietario: CASTNEDA MAIQUES, Dennise	Revisión:
	Fecha: 20/07/2019	Hoja: 4



TIPO DE DOCUMENTO: PLANO		TÍTULO DEL TRABAJO: Estudio técnico de una planta solar fotovoltaica	
DEPARTAMENTO: ENERGÍAS RENOVABLES		TÍTULO DEL PLANO: PERFIL DE LOS PANELES	
REF. TÉCNICA: Creado por: D.C.M.			
Aprobado por: D.C.M.		Propietario: CASTNEDA MAIQUES, Dennise	Nº de identificación:
		Revisión:	Hoja: 5
		Fecha: 20/07/2019	

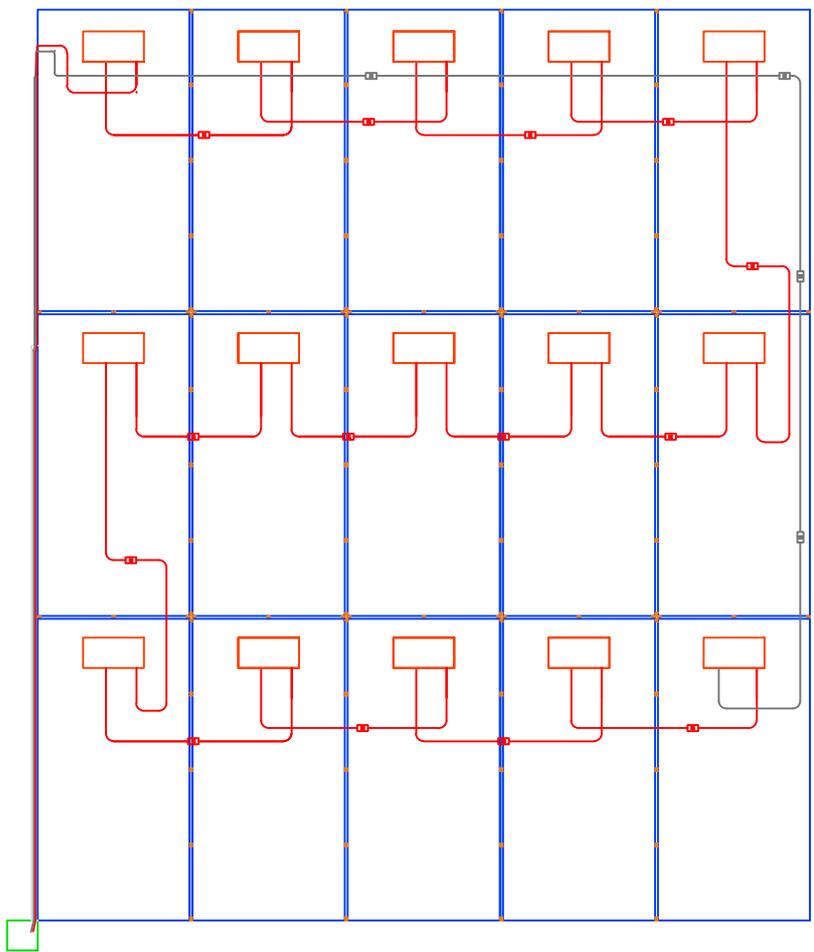
4 3 2 1

A

B

C

D



A

B

C

D

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

TIPO DE DOCUMENTO: PLANO	TÍTULO DEL TRABAJO: Estudio técnico de una planta solar fotovoltaica	
DEPARTAMENTO: ENERGÍAS RENOVABLES		
REF. TÉCNICA: Creado por: D.C.M.	TÍTULO DEL PLANO: CONEXIONADO PLACAS SOLARES	ESCALA 1:50
Aprobado por: D.C.M.	Propietario: CASTNEDA MAIQUES, Dennise	Nº de identificación: Revisión: Fecha: 20/07/2019 Hoja: 6

E

F

E

F

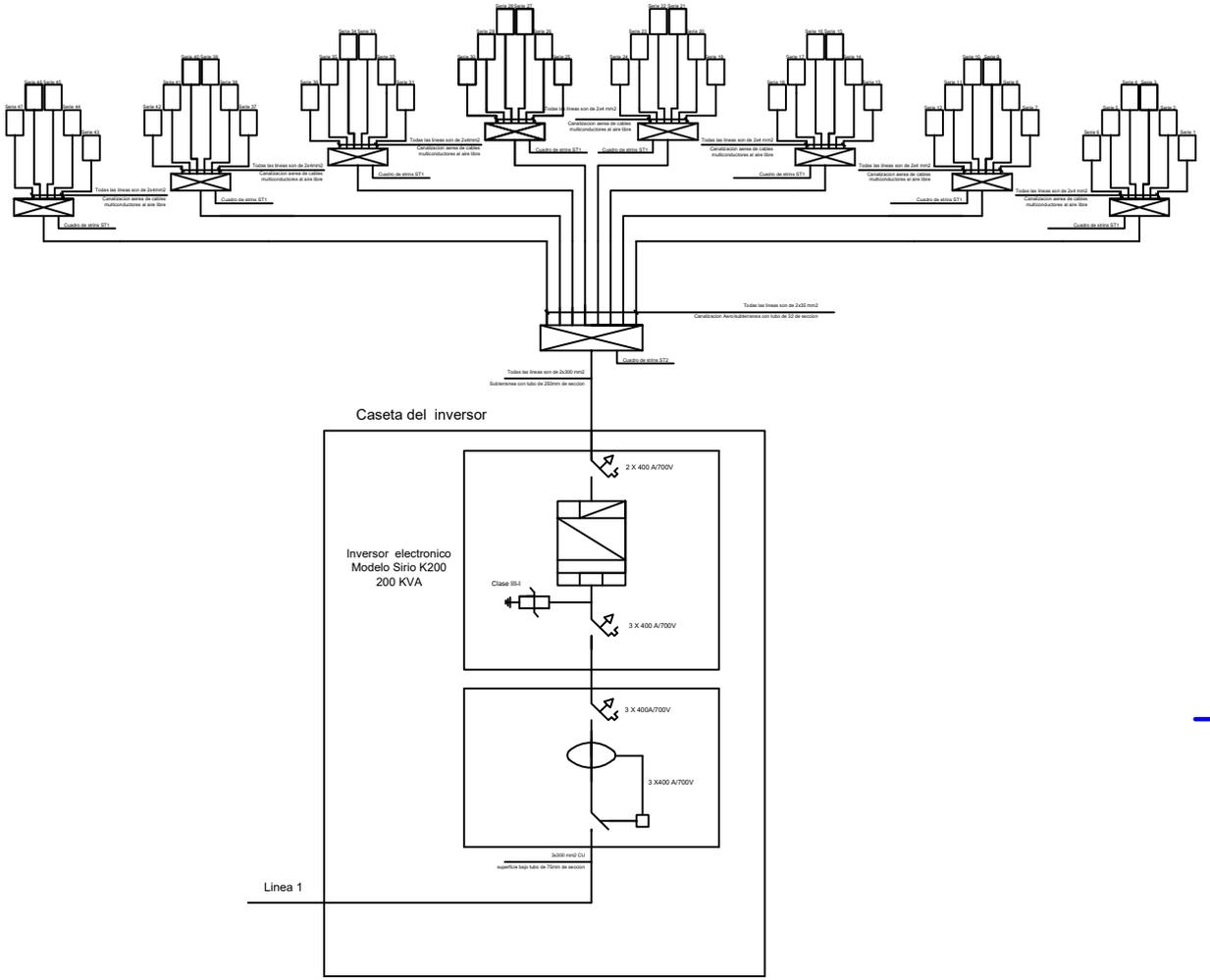
4 3 2 A4

A

B

C

D



A

B

C

D

TIPO DE DOCUMENTO:
PLANO

DEPARTAMENTO:
ENERGÍAS RENOVABLES

TÍTULO DEL TRABAJO:
Estudio técnico de una planta solar fotovoltaica

REF. TÉCNICA:
Creado por: D.C.M.

TÍTULO DEL PLANO:
Esquema unifilar del inversor(linea 1)

ESCALA
SC

Aprobado por:
D.C.M.

Propietario:
CASTNEDA MAIQUES,
Dennise

Nº de identificación:
Revisión:
Fecha: 20/07/2019

Hoja:
7

F

4 3 2 1

A

A

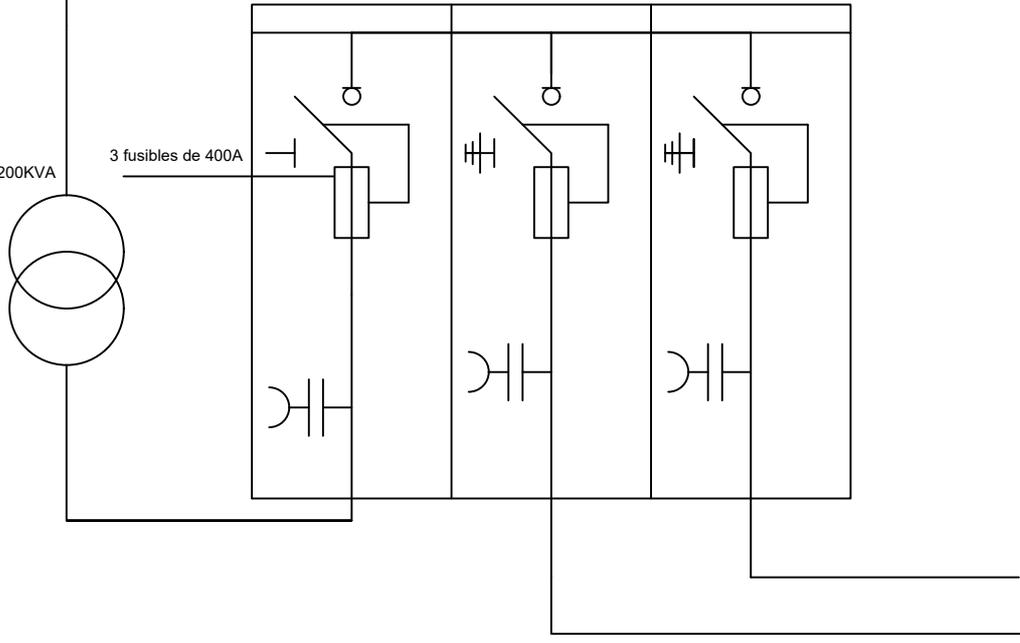
Linea 2

Linea 1

Transformador de 200KVA
400-230 /20kV

3 fusibles de 400A

Fusibles de proteccion



anillo interior de MT

B

B

C

C

D

D

TIPO DE DOCUMENTO:
PLANO

TÍTULO DEL TRABAJO:

Estudio técnico de una planta solar
fotovoltaica

DEPARTAMENTO:
ENERGÍAS RENOVABLES

REF. TÉCNICA:

TÍTULO DEL PLANO:

esquema unifilar del CT y fusibles

ESCALA
SC

Creado por: D.C.M.

Aprobado por:
D.C.M.

Propietario:
CASTNEDA MAIQUES,
Dennise

Nº de identificación:

Revisión:

Hoja:

Fecha: 20/07/2019

9

F

F

4

3

2

A4

Contenido

1. CONCLUSIONES	1
-----------------------	---

1. CONCLUSIONES

En la presente memoria, presupuestos, cálculos justificativos, pliego de condiciones técnicas, planos y anexos; se ha descrito la instalación de un productor de energía eléctrica en régimen especial mediante la aplicación de la Energía solar fotovoltaica por la conexión a la red de baja tensión, con el objeto de vender la electricidad generada por el sistema. Esta instalación cumplirá el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, así como las Normas Ordenanzas y medidas de Seguridad que le sean de aplicación.

Como conclusión final debemos incidir que el camino de las energías renovables está en marcha y como que está aceptado por todo el mundo, que el cambio climático viene a consecuencia de la emisión de los gases combustibles, gran parte de ellos provenientes de la generación de energía.

Es lógico suponer que el sector fotovoltaico experimentará un gran impulso en los próximos años, con el consiguiente beneficio ecológico y al mismo tiempo abrirá un gran abanico de posibilidades a la industria fotovoltaica y a los inversores públicos o privados que apuesten por esta tecnología.

BIBLIOGRAFIA

Referencias bibliográficas consultadas:

- ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA. M.Castro PROGNSA (Promotora General de Estudios)

- INSTALACIONES SOLARES FOTOVOLTAICAS. E.Alcor, Cuarta Edición (PROGENSA).

- SISTEMAS FOTOVOLTAICOS. Introducción al diseño y dimensionado S.A.P.T.

Publicaciones

- GUIA DE TRAMITACION DE INSTALACIONES SOLARES FOTOVOLTAICAS

(Colegio Ingenieros Industriales de Cataluña)

-MANUAL DE BUENAS PRÁCTICAS PARA LA PRESENTACION DE PROYECTOS.

(Colegio Ingenieros Industriales de Cataluña)

- ASPECTOS NECESARIOS EN UN PROYECTO DE PRODUCCION DE ENERGÍA

ELECTRICA EN REGIMEN ESPECIAL

(Dirección General de Energía de Minas).

- ICAEN. Atlas de Radiación Solar a Cataluña (Año 2000)

- I. D.A.E. Pliego de Condiciones Técnicas para Instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

- I.D.A.E. Energía Solar en ESPAÑA 2007. (Estado Actual y Perspectivas).

- I.D.A.E. El sol puede ser tuyo. (noviembre 2008)

- S.A.M. SISTEMAS. (La Tecnología Solar Fotovoltaica)

- SERVICIO METEREOLÓGICO DE CATALUÑA (METEOCAT)

(Anuario datos Meteorológicos de Cataluña.)

- A.S.I.F. (Asociación de la Industria Fotovoltaica). Informe ASIF. (Hacia una electricidad respetuosa con el Medio Ambiente).

Estudio técnico económico de una planta solar fotovoltaica con estructura fija
conectada a la red y destinada a la venta de energía

BIBLIOGRAFÍA

- A.S.I.F. (Asociación de la Industria Fotovoltaica). Informe ASIF. Fotovoltaica conectada a la red Informe 2008.

- CENTRO DE ESTUDIOS DE LA ENERGÍA SOLAR. Instalaciones de Energía Solar.

Ediciones

Progensa.

- COMISION EUROPEA FOTOVOLTAICA GEOGRAFICA INFORMACION SISTEMA

PVGIS.

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

- GRUPO COMSA. Red on - line de Instalaciones fotovoltaicas.

Páginas web:

- www.lcarus-solar.com

- www.ldea.es/index.asp?i=es

- www.asif.org

- www.eic.es

- www.coit.es

- www.fotovoltaica.com

- www.wikipedia.org

- www.censolar.es

- www.icaen.net

- www.milarium.com