



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

DISEÑO PLANTA FOTOVOLTAICA DE 300 KW CON
SEGUIMIENTO SOLAR Y CONEXIÓN A RED EN
NAVARRA

Javier Martínez Arce

Martín Ibarra Murillo

Pamplona, Septiembre 2013

ÍNDICE

1. MEMORIA	3
2. CÁLCULOS	48
3. PLANOS	80
4. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.....	82
5. PLIEGO	110
6. PRESUPUESTO	126
7. BIBLIOGRAFÍA	132



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

DISEÑO PLANTA FOTOVOLTAICA DE 300 KW CON
SEGUIMIENTO SOLAR Y CONEXIÓN A RED EN
NAVARRA

1 MEMORIA

Javier Martínez Arce

Martín Ibarra Murillo

Pamplona, Septiembre 2013

ÍNDICE

1.	Introducción.....	6
2.	Objeto y finalidad del proyecto	7
3.	Emplazamiento	8
4.	Normativa aplicable al proyecto.....	9
4.1.	Instalaciones eléctricas	9
4.2.	Seguridad y salud.....	11
5.	Descripción general de la instalación	11
6.	Sistemas de generación fotovoltaica.....	12
6.1.	Introducción	12
6.2.	Historia.....	13
6.3.	El efecto fotovoltaico	14
6.4.	Generador fotovoltaico	17
6.4.1.	Características principales de un panel.....	19
6.4.2.	Eficiencia y limitaciones	20
6.4.3.	Células fotovoltaicas:	21
6.5.	La radiación solar.....	24
6.5.1.	La constante solar	24
6.5.2.	Distancia Sol-Tierra.....	24
6.5.3.	Radiación solar	24
6.5.4.	Radiación solar en España.....	26
7.	Datos y características del proyecto	27
7.1.	Instalación conectada a red	27
7.2.	Elementos que componen la instalación.....	27
7.2.1.	Elección del modulo fotovoltaico.....	27
7.2.2.	Elección de la estructura de soporte de las placas.	30
7.2.2.1.	Estructura fija.....	30
7.2.2.2.	Seguidores solares.....	30
7.2.3.	Inversor	33
7.2.3.1.	Elección del inversor	33
7.2.4.	Protecciones, cableado y puesta a tierra.	36
7.2.4.1.	Protecciones	36

MEMORIA

7.2.4.2.	Puesta a tierra.....	37
7.2.4.3.	Cableado de la instalación y cajas de conexión en CC.....	38
7.2.4.4.	Cableado de la instalación y cajas de conexión en CA.....	39
7.2.5.	Equipos de medida	39
7.2.6.	Cuadro de distribución, protección y mando.....	40
7.2.7.	Seguridad de la Planta	41
7.2.8.	Acometida eléctrica.	41
8.	Etapas y plazos de ejecución.	41
8.1.	Obra civil	41
8.1.1.	Movimientos de tierras	42
8.1.2.	Cimentación.....	42
8.1.3.	Otros trabajos.....	42
8.2.	Plazos de ejecución	42
8.2.1.	Adecuación del terreno y obra civil.....	43
8.2.2.	Cimentación de las zapatas superficiales.....	43
8.2.3.	Colocación del soporte del seguidor sobre las zapatas.....	44
8.2.4.	Instalación de Módulos.....	44
8.2.5.	Rápida Colocación sobre Estructura.....	45
8.2.6.	Puesta a Punto Rápida y Sencilla.	45
8.2.7.	Vallado perimetral	46
9.	Resumen del presupuesto	46
10.	Conclusiones.....	47

MEMORIA

1. Introducción

A lo largo de la evolución de la Humanidad, se ha observado que la capacidad de desarrollo de los pueblos ha estado directamente relacionada con su capacidad de disponer, de forma continuada, de recursos energéticos. La principal fuente de energía actual, el petróleo y sus derivados, no dispone de una vida ilimitada. Más bien al contrario, pues se prevé que en unos 40 o 50 años las reservas quedarán agotadas.

La demanda mundial de energía está creciendo a ritmos alarmantes. Según el estudio europeo “World Energy Technology and Climate Policy Outlook” realizado en 2003, se prevé un crecimiento medio del 1,8% anual durante el período 2000 – 2030 en demanda mundial de energía primaria. Este incremento se viene afrontando fundamentalmente con reservas de combustibles fósiles, lo cual contribuye a su progresiva disminución.

Siguiendo con los problemas derivados de la actual política energética es el de la contaminación. Algunos de los contaminantes generados en la combustión de los hidrocarburos son responsables de numerosas enfermedades pulmonares, mientras que otros, como el monóxido de carbono en altas concentraciones, aumentan la probabilidad de sufrir un infarto. Estos contaminantes no sólo afectan directamente al ser humano, sino que también lo están haciendo de forma indirecta gracias al temido efecto invernadero, del que ya se están empezando a notar sus efectos en el clima global (huracanes, sequías, tifones, inundaciones...).

Por último, nos encontramos con el problema de que a medida que se vayan agotando las reservas de petróleo, el precio del mismo irá aumentando cada vez en mayor medida, alzando de ese modo a un puesto de privilegio a las energías renovables.

En la actualidad, son muchas las formas de obtener energía eléctrica. En España, La potencia instalada total se situó al finalizar el año en 102.524 MW, 2.356 MW más que en 2011. Esta variación de potencia proviene principalmente de nuevas infraestructuras de origen renovable (1.122 MW de eólica, 968 MW de tecnologías solares y 192 MW de hidráulica).

Respecto a la cobertura de la demanda, la nuclear se ha situado un año más a la cabeza cubriendo el 22% de la demanda, le siguen los grupos de carbón con una aportación del 20%. La hidráulica y los ciclos combinados hicieron una aportación respectivamente del 7% y 14%. Las energías renovables aportaron en 2012 un 33% de la producción total neta.

La energía solar fotovoltaica, que representa un 1% del total de potencia eléctrica instalada en España, es la transformación directa de la energía solar en energía eléctrica por el efecto fotovoltaico. Esta constituye una solución con características interesantes, como es una apuesta de futuro en cuanto a tipo de energía limpia, sencilla de operar, y a la vez práctica. Este tipo de energía no necesita grandes infraestructuras, y además, puede ser ubicada sobre un solar o, integrada sobre fachadas, tejados y demás elementos estructurales de tipo arquitectónico existentes.

MEMORIA

Los sistemas fotovoltaicos de conexión a red, aprovechan la energía del sol para convertirla directamente en energía eléctrica, que posteriormente se inyecta a la red bajo unas condiciones predeterminadas (tensión, frecuencia, etc.), dadas tanto por la compañía a la cual se procede a conectar, como por el Operador del Sistema (REE).

Según lo descrito en el R.D.436/2004, hay libertad para que cualquier interesado pueda convertirse en productor de energía eléctrica a partir de la energía solar, esto provoca, que el desarrollo sostenible pueda verse impulsado por iniciativas particulares, contribuyendo así a la producción de energía limpia.

En los últimos años la generación fotovoltaica ha sufrido una fuerte expansión, esta extensión a gran escala en este tipo de instalaciones ha requerido un desarrollo de la ingeniería específica con el fin de optimizar su diseño y funcionamiento.

2. Objeto y finalidad del proyecto

El objeto del presente proyecto es el estudio, diseño e implantación de una planta fotovoltaica de 300 Kw de potencia nominal con seguimiento solar y conexión a red. Dicha instalación se realizará en una parcela de terreno arable en el término municipal de Ablitas en la provincia de Navarra.

Este proyecto tendrá como objetivo establecer las condiciones técnicas y de seguridad de la Instalación Fotovoltaica, de modo que se asegure un normal funcionamiento de la misma, se preserve la seguridad de las personas y los bienes, y se contribuya a su fiabilidad técnica, a la eficiencia energética y a la durabilidad de estas instalaciones.

La finalidad de la planta solar fotovoltaica será la producción de energía eléctrica a partir de energía solar, para su posterior vertido a la red general de distribución eléctrica. De este modo, se justificarán en el presente proyecto todos los elementos necesarios para ejecutar una instalación fotovoltaica conectada a red, de 300 Kw de potencia nominal.

Entre los factores que han contribuido al interés por este recurso energético cabe destacar la disminución de sus costes, el aumento en eficiencia de conversión de sus diferentes variantes tecnológicas, el encarecimiento de los combustibles fósiles y la existencia de una legislación cada vez más restrictiva en materia medioambiental como consecuencia del sólido consenso internacional sobre el cambio climático.

Con esta instalación se pretende además reducir la emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera, gases que son emitidos por centrales de energías convencionales principalmente térmicas para producir una misma cantidad de energía. Y además, difundir el uso de energías renovables en general, y en este caso,

MEMORIA

la fotovoltaica en particular, concienciando a la ciudadanía de la necesidad de este tipo de energías.

Se estima que Cada Kwh generado con energía solar fotovoltaica evita la emisión a la atmósfera aproximadamente de entre 0,5 kg y un 1 kg de CO₂, dependiendo de la forma de combustión (carbón, gas natural, derivados del petróleo, etc.) a la hora de la generación eléctrica.

3. Emplazamiento

La instalación definida en el presente proyecto se encuentra situada en el término municipal de Ablitas en la provincia de Navarra. Los datos de ubicación del emplazamiento son:

- Comunidad Autónoma: Comunidad foral de navarra

Provincia	Municipio	Agregado	Zona	Polígono	Parcela	Superficie (ha)
31 - NAVARRA	6 - ABLITAS	0	0	1	2121	1,1096

A continuación se muestran dos fotos aéreas del emplazamiento y la situación en un plano catastral.



Figura 1.Foto aérea del emplazamiento

La parcela tiene una superficie de 1 hectárea, o lo que es lo mismo 10000 metros cuadrados, espacio suficiente para montar nuestra instalación, y si es posible y se requiere aumentar la instalación en un futuro.

MEMORIA



Figura 2.Plano Catastral de la instalación

La planta fotovoltaica objeto del proyecto se pretende ubicar en una parcela del municipio de Ablitas, cuya identificación catastral es polígono 1, parcela 2121.

Las coordenadas correspondientes a esta parcela son:

Latitud: 41° 59' 21'' N

Longitud: 1° 38' 16'' W

Desde el municipio de Ablitas la parcela se encuentra a 1,6 Km de este y se accede al emplazamiento a través de la nacional 3010.

4. Normativa aplicable al proyecto

4.1. Instalaciones eléctricas

El presente proyecto se ha elaborado de acuerdo con el Pliego de Condiciones técnicas de instalaciones conectadas a Red del IDAE, el cual recoge la siguiente normativa aplicable a las instalaciones de energía solar fotovoltaica destinadas a la producción de electricidad para ser vendida en su totalidad a la red de distribución.

- Ley 54/1994, 27 de Noviembre, del sector eléctrico, por la que se regula las actividades destinadas al suministro de energía eléctrica.
- R.D.1663/2000 sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a red BT.
- R.D.1995/2000 (y posteriores modificaciones), por el que se regulan actividades de transporte, distribución, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.

MEMORIA

- R.D.841/2002 por el que se regula, para instalaciones de producción de energía eléctrica en régimen especial, su incentivación en la participación en el mercado de producción, determinadas obligaciones de información de sus previsiones de producción, y la adquisición por los comercializadores de su energía eléctrica producida.
- R.D.842/2002 por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico de Baja tensión e ITC (Instrucción Técnica Complementaria).
- R.D.1433/2002 por el que se establecen los requisitos de medida en BT de consumidores y centrales de producción en Régimen Especial.
- R.D.661/2007, por el que se establece la metodología para la actualización y sistematización del régimen jurídico y económico en la actividad de producción de energía eléctrica en Régimen Especial.
- ITC/3801/2008, por el que se establece la tarifa eléctrica para 2010.
- R.D.9/2013, de 12 de julio, por el que se adoptan medidas urgentes para garantizar la estabilidad financiera del sistema eléctrico, eliminando todas las tarifas fijas de la fotovoltaica y desarrollando un nuevo régimen retributivo para este tipo de instalaciones: Este se basará en la percepción de los ingresos derivados de la participación en el mercado, con una retribución adicional que, en caso de resultar necesario, cubra aquellos costes de inversión que una empresa eficiente y bien gestionada no recupere en el mercado.
- Reglamentos y Normas de instalaciones eléctricas en BT dictadas por Juntas de la Comunidad Autónoma si las hubiese.
- Normas y directrices particulares de la Compañía Suministradora.
- Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, aprobado en el BOE (3275/1982).
- R.D.1995/2000 sobre acometidas eléctricas.
- ORDEN FOM/1079/2006 por la que se aprueba la instrucción técnica relativa a las condiciones generales de instalación y autorización de las infraestructuras de producción de energía eléctrica de origen fotovoltaico.
- Normas UNE y Recomendaciones UNESA que sean de aplicación.
- Requisitos de seguridad para instalaciones de generación de energía fotovoltaica ONORM/UNE E2750.
- Norma ISO 9001 elaborada por el Comité Técnico ISO/TC176 de ISO (Organización Internacional para la Estandarización) y que especifica los requisitos para un buen sistema de gestión de la calidad que pueden utilizarse para su aplicación interna por las organizaciones, para certificación o con fines contractuales.

4.2. Seguridad y salud

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre de 1.997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras.
- Real Decreto 485/1997 de 14 de abril de 1997, sobre Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 1215/1997 de 18 de julio de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 773/1997 de 30 de mayo de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.-R.D.2177/1996 (y correcciones) en el que se aprueba la norma sobre Condiciones de Prevención contra incendios en los Edificios.
- Ley 16/2002 de prevención y control integrado de la contaminación.

5. Descripción general de la instalación

De manera general, la instalación del presente Proyecto cuenta con los siguientes elementos:

- Un generador fotovoltaico, encargado de captar y de convertir la radiación solar en corriente eléctrica.
- Un inversor, capaz de adaptar la corriente continua producida por el generador fotovoltaico a las características eléctricas de la carga a alimentar (en este caso se trata de convertir la corriente continua producida en corriente alterna, de manera previa al vertido de ésta).
- Un transformador que eleva la tensión que sale del inversor para su posterior inyección en la red de media tensión.

En cuanto al generador fotovoltaico, esta parte de la instalación se compone de los siguientes elementos:

- Paneles fotovoltaicos: contienen las células donde se lleva a cabo el efecto fotovoltaico por el cual la energía incidente de los fotones de la radiación solar se convierte en un flujo de electrones.
- Estructuras soporte: elementos encargados de sostener a los paneles, así como de conferirles una inclinación adecuada.
- Interconexiones de los paneles: todas aquellas partes necesarias para que la corriente circule desde el panel fotovoltaico hasta el inversor (conductores, cajas de derivación, etc.)

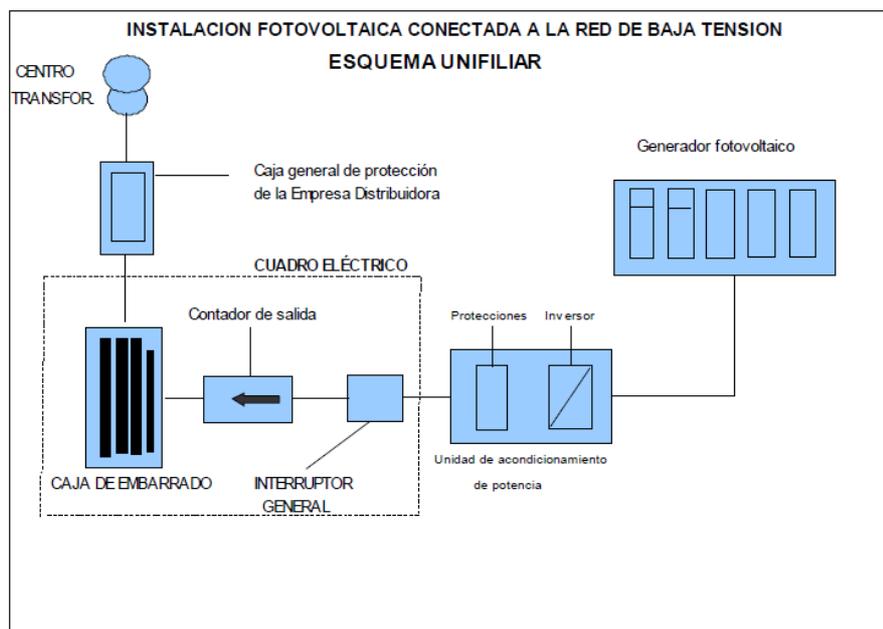


Figura 3. Esquema general de la instalación

6. Sistemas de generación fotovoltaica

6.1. 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, 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 irradiación.

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 irradiación 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).

MEMORIA

6.2. 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 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 etéreo estructura de arseniuro de galio (GaAs) y altamente eficiente se desarrollo en la extinguida URRS 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 desarrollo 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

MEMORIA

germanio como otras celdas. Una celda de uniones simples de Ga As llego 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.

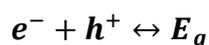
6.3. El efecto fotovoltaico

Las células solares que componen los módulos o paneles fotovoltaicos están constituidas por materiales semiconductores, principalmente silicio, y son elementos que transforman directamente parte de la energía solar que reciben en energía eléctrica. Los electrones de valencia del material semiconductor de la célula, que están ligados débilmente al núcleo de sus átomos, son arrancados por la energía de los fotones de la radiación solar que incide sobre ella. Este fenómeno se denomina efecto fotovoltaico.

Así, en el semiconductor aparecen electrones libres y huecos (el hueco es la carga ideal positiva de igual valor que la del electrón, pero de signo positivo). Para evitar que éstos, electrón y hueco, se recombinen es necesario crear en el interior del semiconductor un campo eléctrico (lo que se consigue mediante una unión “p-n”) que separe físicamente estos dos tipos de cargas libres móviles, apareciendo así una intensidad de corriente neta que atraviesa la célula solar.

La rotura de enlaces, y por tanto la aparición de un par electrón-hueco, puede producirse por la absorción de un fotón de energía suficiente (efecto fotovoltaico) o por agitación térmica. El proceso contrario, es decir, la recombinación o desaparición del par electrón-hueco puede producirse al encontrarse un electrón libre y un hueco (para esto se necesitarían condiciones muy específicas) o por la existencia de un defecto de la estructura del cristal del material semiconductor.

Tanto la energía necesaria para que ocurra el proceso de generación como la cedida en el de recombinación, tienen un valor determinado E_g , denominado ancho de banda prohibida. De este modo, estos dos fenómenos pueden escribirse con la reacción reversible siguiente:



Los electrones libres y los huecos creados por la ruptura del par electrón-hueco tienden a difundirse desde las zonas iluminadas, donde se crean, a las zonas oscuras. Para evitar la recombinación, tal y como se ha indicado, es necesario crear en el interior del semiconductor un campo eléctrico, mediante una unión “p-n”, que separe físicamente estos dos tipos de cargas libres móviles, apareciendo así una intensidad de corriente neta que atraviesa la célula solar en sentido de ese campo.

MEMORIA

Para explicar qué es una unión “p-n”, es necesario explicar antes qué es un semiconductor tipo “n” y uno tipo “p”.

Un semiconductor, por ejemplo de silicio, tipo “n” se consigue dopando un cristal de silicio (introduciendo impurezas) con fósforo. El átomo de fósforo tiene cinco electrones de valencia, frente a los cuatro que tiene el átomo de silicio, por lo que el silicio dopado con fósforo tiene un exceso de electrones con respecto al cristal de silicio puro.

Análogamente, un semiconductor tipo “p” se consigue dopando al cristal de silicio con boro. El átomo de boro tiene sólo tres electrones de valencia, por lo que ahora en este material semiconductor de tipo “p” los electrones serán los portadores de carga minoritaria, es decir, los huecos serán mayoritarios.

Como se ha indicado, de los dos posibles motivos de recombinación, el más importante es la existencia de defectos en el cristal que denominaremos “trampas”. Supóngase un semiconductor tipo “n”, en el que los huecos son minoritarios, y supóngase un defecto en el cristal en estado neutro: como los electrones son muy numerosos, la “trampa” rápidamente captura uno, quedando ionizada negativamente (luego éste será el estado de equilibrio en un semiconductor de este tipo) a la espera de poder capturar un hueco, que es más difícil por ser éstos minoritarios. Cuando lo consigue, de nuevo su estado es neutro y se ha producido una recombinación. Rápidamente captura otro electrón y vuelve a quedar cargada negativamente, a la espera de otro hueco para completar otra recombinación.

Con el objetivo de minimizar el número de recombinaciones, es decir, para poder aprovechar la mayoría de las cargas libres producidas por la ruptura de los pares electrón-hueco gracias a los fotones de la radiación solar incidente, el número de “trampas” o defectos del cristal debe ser lo menor posible. Esto se consigue utilizando cristales de silicio puro o silicio monocristalino.

Para separar esos portadores o cargas libres y evitar su recombinación, es necesario crear en el semiconductor una unión “p-n”. Ésta se obtiene al poner en contacto la superficie de un semiconductor tipo “n” con la de uno tipo “p” (Figura 4 A).

En realidad esta unión se realiza tratando químicamente un mismo semiconductor de silicio: se toma una placa de semiconductor de un determinado tipo (por ejemplo “p”) y se dopa con impurezas de signo contrario, obteniendo así un determinado espesor de semiconductor de tipo opuesto (tipo “n”). El plano de separación de estas dos zonas de distinto tipo es lo que constituye la unión “p-n” (homounión).

Debido al alto gradiente de concentración de portadores de un mismo tipo a cada lado de la unión, tienden a pasar por difusión hacia el lado contrario. Al ocurrir esto, dejan en las proximidades de la unión una zona de cargas fijas (negativa en la zona “p” y positiva en la “n”), produciéndose a ambos lados de la unión un dipolo eléctrico que crea un campo eléctrico, dirigido de la zona “n” a la “p”, que tiende a compensar esta difusión de portadores, llegándose así a una situación de equilibrio (Figura 4 B). Mediante la aplicación de una diferencia de potencial exterior entre las zonas “p” y “n”, se puede modificar el valor de esta barrera de potencial.

MEMORIA

Explicados los conceptos, ya es posible entender el principio físico del funcionamiento de una célula solar. Cuando la radiación solar incide sobre la célula, los fotones con energía suficiente rompen el par electrón-hueco dejando estos portadores libres (efecto fotovoltaico). El campo eléctrico de la unión “p-n” separa estos portadores para evitar que se recombinen, llevando los electrones a la zona “n” y los huecos a la zona “p”, apareciendo de ese modo una intensidad de corriente neta que atraviesa la célula solar en el sentido de ese campo, de la zona “p” a la “n” (Figura 5 A) Si mediante una carga exterior se cierra el circuito, la corriente fotovoltaica generada sale de la célula hacia el circuito exterior por la zona “p”, atraviesa la carga y entra de nuevo en la célula por la zona “n” (Figura 5 B).

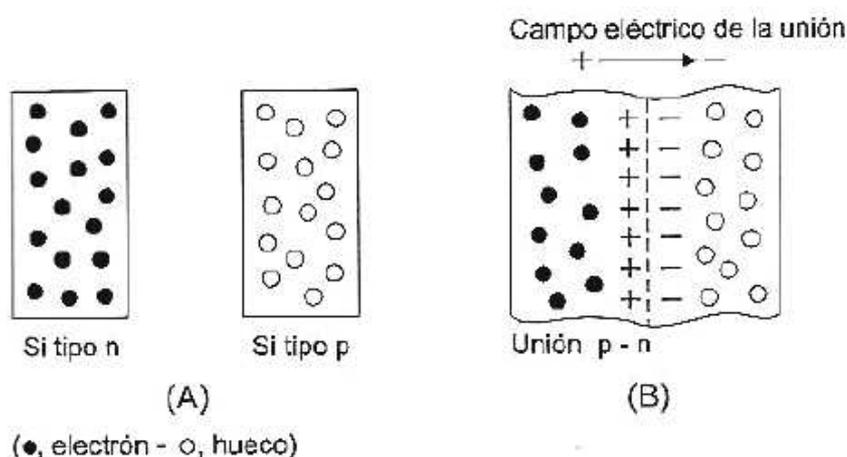


Figura 4.Semiconductor tipo ‘n’ y tipo ‘p’. Unión ‘p-n’.

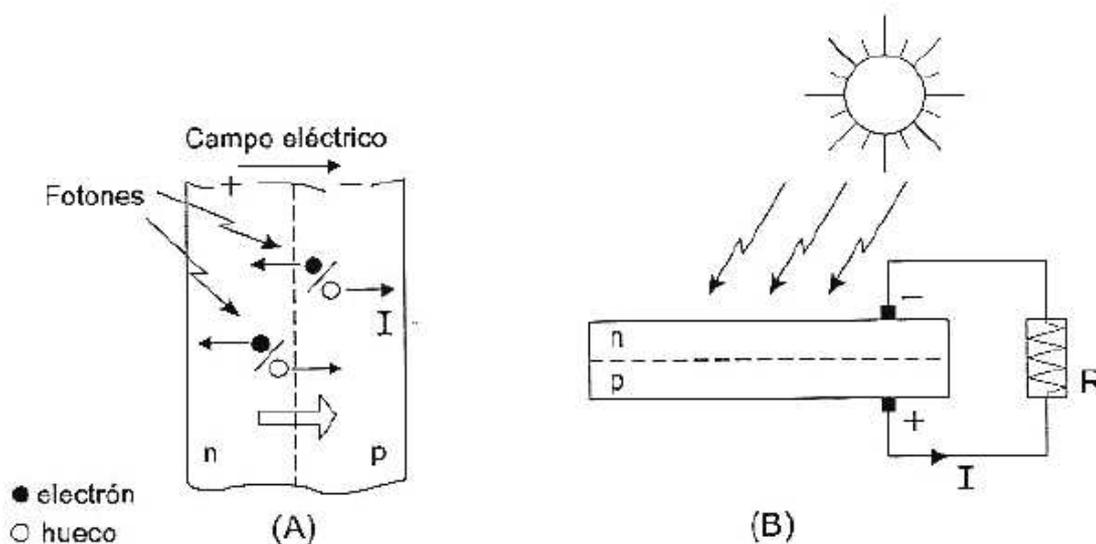


Figura 5.Separacion de los portadores por el campo de la unión p-n. Intensidad de corriente exterior de la célula solar

MEMORIA

6.4. Generador fotovoltaico

El generador fotovoltaico es el elemento del sistema encargado de convertir la radiación solar que recibe en electricidad, con unas características de tensión y de corriente que dependen tanto de la cantidad de radiación como de los parámetros constructivos del mismo.

El elemento básico para realizar esta conversión es la célula fotovoltaica, cuya característica tensión intensidad define su capacidad para generar energía eléctrica. En la práctica, las células aisladas no suministran energía eléctrica en cantidad suficiente como para alimentar las instalaciones que se usan en la actualidad, por lo que es necesario agrupar las células con unas características iguales, conectándolas en serie y paralelo, a fin de obtener una tensión y una corriente determinadas.

Estas agrupaciones de células se encierran en los denominados paneles fotovoltaicos, que proporcionan la necesaria resistencia mecánica y la protección de las células contra los agentes ambientales externos, ofreciendo también el necesario aislamiento eléctrico, que garantiza su funcionamiento en el tiempo y la seguridad de las personas y animales que se encuentran en su entorno.

Los paneles son elementos que se comercializan en distintos modelos (forma, tipo y disposición de las células, etc.) y tamaños. Habitualmente constan de unas 30 a 48 células de silicio encerradas en una estructura rígida, con una superficie de 0,5 m² a 0,8 m² en las aplicaciones comerciales habituales.

Los objetivos principales del panel respecto a las células son: asegurar una estanqueidad suficiente, garantizar una adecuada resistencia mecánica y contra agentes externos, favorecer la máxima captación de la radiación solar y evacuar el calor de las células para obtener un rendimiento máximo. Este último aspecto es de gran relevancia si se considera que el rendimiento de un panel fotovoltaico depende fundamentalmente de la temperatura de las células.

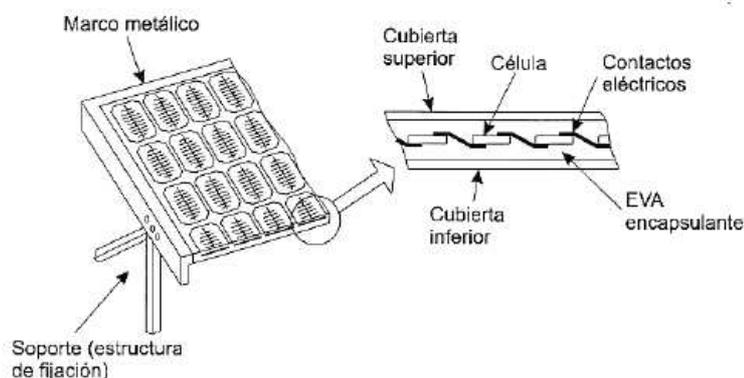


Figura 6. Esquema constructivo de un panel fotovoltaico

Las células que se utilizan para construir un panel fotovoltaico tienen los mismos parámetros eléctricos (admitiéndose pequeñas desviaciones), a fin de asegurar

MEMORIA

que no se produzcan en el conjunto del panel descompensaciones que limiten su funcionamiento. Así, por ejemplo, la intensidad de toda una rama de células conectadas en serie queda limitada por la de la célula que tenga una intensidad de corriente menor.

En el proceso de fabricación de las células son muy importantes los ensayos finales que permiten clasificar y garantizar esa igualdad de los parámetros y características eléctricas de las mismas.

El conjunto de células, conectadas convenientemente en serie y en paralelo para dar los valores nominales de tensión y de corriente del panel, se sitúa encerrado entre dos cubiertas, una superior y otra inferior, que garantizan protección mecánica y contra agentes externos.

La cubierta superior es de un vidrio templado especial, resistente a los impactos, y con una superficie exterior sumamente lisa para que no retenga la suciedad. Es muy importante su calidad óptica para asegurar la mayor transparencia posible a la radiación solar incidente.

La cubierta inferior, por el contrario, suele ser opaca, y tiene únicamente una función de protección contra los agentes externos (principalmente contra la humedad), además de conferir una cierta resistencia mecánica al panel. Se suelen utilizar materiales sintéticos, Tedlar u otro vidrio.

Entre las dos cubiertas, y envolviendo las células y las conexiones eléctricas, se encuentra el material encapsulante, que debe ser transparente a la radiación solar, no verse alterado por la radiación ultravioleta y no absorber humedad. Además, protege a las células ante pequeñas vibraciones que pueden producirse y sirve de adhesivo a las cubiertas. Como material encapsulante se utilizan las siliconas, el polivinilo y, sobre todo, EVA (etil-vinil-acetileno), que ofrece actualmente las mejores características.

El conjunto de las dos cubiertas con las células en el material encapsulante va montado sobre un marco soporte metálico tratado, de aluminio anodinado o acero inoxidable, que confiere al panel la rigidez y la protección mecánica que requiere (principalmente contra el viento). El marco soporte incorpora los taladros que permiten atornillarlo, para su anclaje, a un bastidor o estructura mayor sobre el que se fija el conjunto de paneles de la instalación.

Por último, se encuentran los elementos eléctricos exteriores (cables, bornas, caja de conexión), que permiten de una forma cómoda y fiable la interconexión de los paneles entre sí y con la instalación eléctrica exterior.

MEMORIA

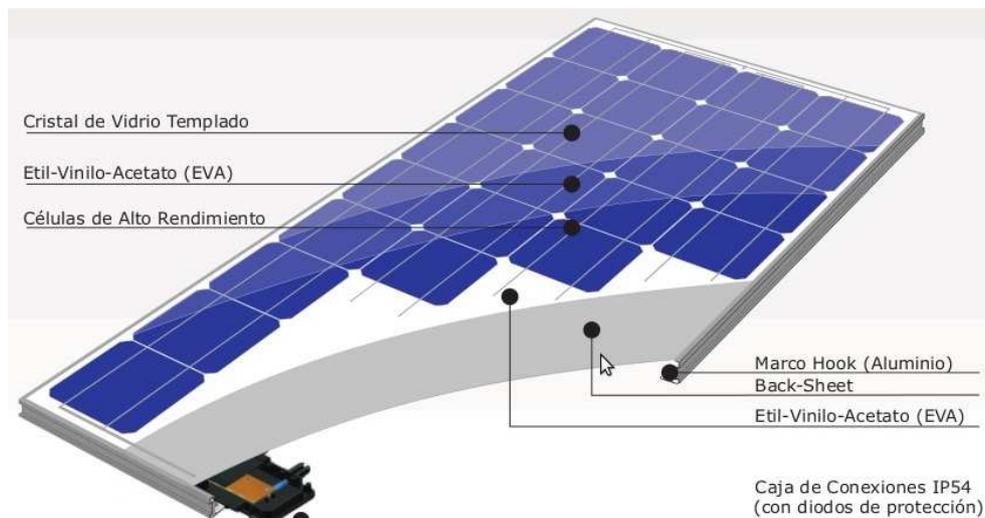


Figura 7. Estructura de un panel fotovoltaico

6.4.1. Características principales de un panel

Como los parámetros o características de todas las células que componen el panel son iguales, el comportamiento del mismo, que se define mediante su curva tensión-intensidad, se obtiene a partir de la correspondiente curva de las células, sin más que multiplicar sus parámetros de corriente (intensidad generada, intensidad de cortocircuito, etc.) por el número de ramas, o conjuntos de células en paralelo, y sus parámetros de tensión (tensión generada, tensión a circuito abierto, etc.) por el número de células en serie que hay en cada rama de las que consta el panel, pudiendo establecerse análogamente para éste un punto de máxima potencia (IM, UM) para cada valor de radiación.

Así, los parámetros característicos del panel respecto de los de la célula, para unas condiciones determinadas de radiación, son:

$$P_{max.panel} = P_{max.célula} \cdot N_s \cdot N_p = P_{max}$$

$$U_{0.panel} = U_{0.célula} \cdot N_s = U_0$$

$$I_{cc.panel} = I_{cc.célula} \cdot N_p = I_{cc}$$

$P_{m\acute{a}x, panel}$ = Potencia máxima del panel

$P_{m\acute{a}x, célula}$ = Potencia máxima de la célula

$U_0, panel$ = Tensión a circuito abierto del panel

$U_0, célula$ = Tensión a circuito abierto de la célula

$I_{cc, panel}$ = Intensidad de cortocircuito del panel

$I_{cc, célula}$ = Intensidad de cortocircuito de la célula

N_s = Número de células en serie en cada ramal del panel

N_p = Número de ramas en paralelo del panel

MEMORIA

La siguiente figura muestra la curva tensión intensidad de un panel fotovoltaico:

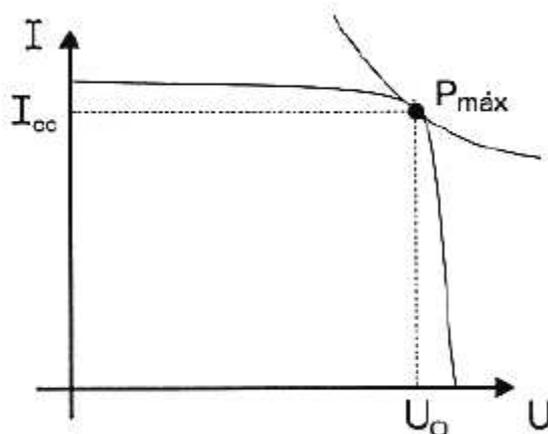


Figura 8.

La relación entre la potencia máxima que entrega el panel a la carga, definida por su punto de máxima potencia (y que corresponde al área del rectángulo formado por I_M , U_M y los ejes de abscisas y de ordenadas), y la potencia teórica, definida por los puntos de tensión a circuito abierto (U_0) y corriente de cortocircuito (I_{CC}) del panel, se denomina factor de forma, FF.

Cuanto mayor sea este parámetro, cuanto más próximo a 1, la potencia máxima que puede dar el panel se acercará más a la potencia máxima teórica.

En la práctica, los fabricantes de paneles no suministran las curvas para cada condición de operación, sino que establecen unas condiciones de referencia y de temperatura de funcionamiento nominal de la célula, a partir de las cuales se pueden deducir los valores en otras condiciones con ciertas suposiciones de funcionamiento. Así, en cada panel se dan, como datos que determinan las condiciones de referencia o nominales del panel, la radiación nominal (G_{nom}) y la temperatura de funcionamiento nominal de las células (TFNC), además de los parámetros eléctricos característicos: potencia máxima nominal ($P_{máx, nom}$), tensión e intensidad máximas nominales ($U_{máx, nom}$ e $I_{máx, nom}$), tensión a circuito abierto nominal (U_0, nom) y corriente de cortocircuito nominal ($I_{cc, nom}$).

6.4.2. Eficiencia y limitaciones

Se define el rendimiento o eficiencia de una célula solar como el cociente entre la potencia máxima que puede dar a la carga y la potencia luminosa recibida:

$$\eta = \frac{I_M \cdot U_M}{P_{PV}}$$

MEMORIA

Para células de silicio monocristalino el rendimiento máximo obtenido en laboratorio está entre el 22% y el 24%, disminuyendo hasta aproximadamente el 15% para células comerciales de este tipo. Otra relación importante es el factor de forma o de relleno, FF. Se define como el cociente entre la potencia máxima que la célula puede solar puede dar a la carga y la potencia teórica máxima, definida por el punto (ICC, V0),

$$FF = \frac{I_M \cdot U_M}{I_{CC} \cdot U_0}$$

El rendimiento de una célula viene limitado por distintos factores de diseño. Éstos son:

- Energía de los fotones incidentes. Para generar los pares electrón-hueco es necesario que los fotones que llegan a la célula tengan una determinada energía.
- Pérdidas por recombinación. El proceso de recombinación depende de los defectos de la estructura cristalina del semiconductor; cuanto más puro sea, menores serán estas pérdidas.
- Resistencia serie. La resistencia serie es menor cuanto más profunda es la zona “n” y cuanto mayor sea la superficie metálica de la rejilla, pero entonces la superficie del semiconductor sobre la que incide la luz solar es y el valor de la tensión a circuito abierto es también más pequeño, por lo que hay que buscar un compromiso a la hora de diseñar la célula. Esta resistencia además disipa energía por efecto Joule, al circular corriente por ella, en forma de calor que debe disipar la célula.
- Pérdidas por reflexión parcial. Parte de la luz que incide sobre la célula es reflejada por la superficie de ésta, por lo que se pierde. Para evitar esta pérdida, en la fabricación de las células se emplean capas anti reflectantes y superficies rugosas.

6.4.3. Células fotovoltaicas:

Los módulos están conformados por un conjunto de células fotovoltaicas conectadas eléctricamente que producen corriente eléctrica a partir del efecto fotovoltaico. Las células solares se fabrican a partir de materiales semiconductores. Cuando la luz incide sobre los mismos, los fotones son capaces de transmitir su energía a los electrones de valencia para que rompan el enlace que les mantiene ligados a los átomos respectivos. Por cada enlace roto queda un electrón libre, que se mueve libremente por el interior del semiconductor. Y a su vez queda el enlace roto, con la ausencia del electrón (denominándose hueco), que actúa como una partícula de carga positiva igual a la del electrón. El movimiento de estas partículas genera una corriente eléctrica en el semiconductor. Para evitar que el enlace roto se regenere de nuevo es necesaria la creación de un campo eléctrico que dirija las partículas de la forma deseada. Esto se consigue mediante las uniones p-n explicadas anteriormente.

MEMORIA

Se pueden realizar diversas clasificaciones de las células fotovoltaicas:

Por el tipo de material empleado:

- ❖ De material simple: sobre todo Silicio, pero también Germanio y Selenio. El germanio tiene un menor ancho de banda que el Silicio, por lo que es apropiado para la absorción de longitudes de onda mayores, como la luz infrarroja. En el caso de que el material semiconductor sea Silicio, una de las regiones (llamada de tipo n), se impurifica con fósforo (que tiene 5 electrones de valencia, uno más que el silicio). Esta región tendrá una concentración de electrones mucho mayor que la de huecos. La otra región (de tipo p), se impurifica con boro, que tiene 3 electrones de valencia (uno menos que el silicio). Convirtiendo esta región en una zona con mayor número de huecos que de electrones. Esta diferencia entre huecos y electrones es la que crea el campo eléctrico responsable de separar los electrones y huecos extras que se producen cuando la célula está iluminada.
- ❖ De compuestos binarios: CdTe, GaAs, InP, CdS, Cu₂S (materiales de la tabla periódica de los grupos III y IV)
- ❖ De compuestos ternarios: AlGaAs, y compuestos de estructura calcopirita basados en el Cu como el CuInSe₂, CuInS₂ y CuInTe₂. Destacar el primero por su utilidad práctica y buen rendimiento.

Por la estructura interna del material:

- ❖ Monocristalino: célula de Silicio procesada como un único cristal. Buena eficiencia (de las células de Silicio es la que tiene una eficiencia mayor) pero elevado coste de fabricación debido a la elevada pureza y a la gran cantidad de Silicio.
- ❖ Multicristalinos: menor rendimiento que los monocristalinos pero menor coste de fabricación, debido a que las heterouniones en el material causan pérdidas de eficiencia. La estructura interna está formada por multitud de granos o monocristales de gran tamaño orientados aleatoriamente.
- ❖ Policristalinos: granos o monocristales pero de un tamaño menor que en el caso de los multicristalinos (por debajo de 1mm). Rendimiento 11-13%. Comparable a los monocristalinos en construcción, características eléctricas y durabilidad. Permite reducir costes al bajar el coste de fabricación de las obleas, pero es muy similar al de las células de Si-monocristalino.
- ❖ Dispositivos híbridos: se alternan capas o sustratos monocristalinos con policristalinos.
- ❖ Amorfos (o lámina delgada): sólo aplicable para el silicio. No hay red cristalina alguna y contienen un gran número de defectos estructurales y de enlaces. El material es depositado sobre finas capas que se unen entre sí. A pesar de que el coeficiente de absorción es 40 veces superior al del Silicio monocristalino, su rendimiento es aún menor que en los multicristalinos (8-10%). Pero su coste de fabricación es menor. Probl

MEMORIA

En la Figura 8 se pueden observar cuatro células de Silicio comerciales con distinto tipo de material base: célula de Si monocristalino ; célula de Silicio multicristalino ; célula de Silicio multicristalino (APEX) ; célula de Si amorfo.

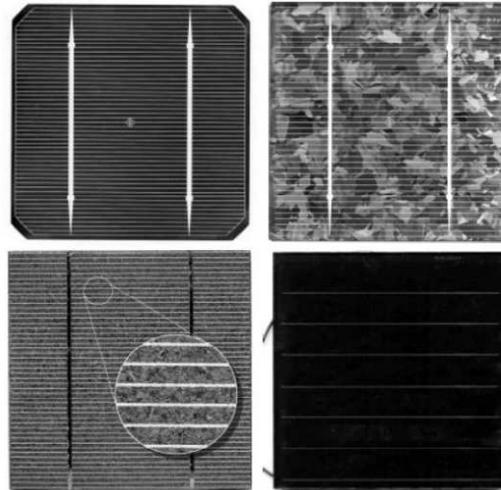


Figura 9. Células de Silicio

Por la estructura del dispositivo

- ❖ Homouniones: la unión p-n se crea sobre un único material por difusión de dopantes desde lados opuestos de la célula.
- ❖ Heterouniones: los materiales situados a ambos lados de la unión p-n son diferentes.
- ❖ Según el número de uniones p-n:
 - Dispositivos de unión simple: una única unión
 - Dispositivos multi-unión
- ❖ Según el número de dispositivos empleados en la misma célula:
 - Dispositivos monocélula
 - Dispositivos tándem o en cascada: combinación de dos o más células en una misma estructura con el fin de aprovechar el mayor rango posible del espectro solar.

Por el tipo de aplicación

- ❖ Células para aplicaciones terrestres sin concentración: o llamadas también de panel plano
- ❖ Para integración en edificios
- ❖ Para aplicaciones terrestres bajo concentración: en busca del mayor rendimiento de conversión posible. Más caros al añadir concentradores Muchos modelos necesitan disipadores térmicos o refrigeración. Para instalaciones de gran potencia.

6.5. La radiación solar

6.5.1. La constante solar

La irradiancia proveniente del Sol que se recibe sobre una superficie perpendicular puede considerarse como constante e igual a 1353 W/m² (dato aceptado por la NASA en 1971). Este es el valor de la constante solar. (FERN08)

La constante solar es una magnitud definida para determinar el flujo de energía recibido por unidad de superficie perpendicular a la radiación solar, a una distancia media de la Tierra al Sol, y situado fuera de cualquier atmósfera. La distancia Tierra-Sol es variable debido a la órbita elíptica que realiza la Tierra, por lo que para el cálculo de la constante solar ha de considerarse una distancia promedio.

Se puede considerar que el sol es una fuente de energía constante, ya que diversos estudios han demostrado que la variación de la energía procedente del sol a lo largo de un ciclo solar (aproximadamente 22 años) es menor al 1%. Estas variaciones, en tanto en cuanto afectan al diseño de una instalación fotovoltaica, puede decirse que se ven afectadas en mayor parte por el efecto de las variaciones meteorológicas en vez de por los ciclos solares.

6.5.2. Distancia Sol-Tierra

Como ya se ha comentado, la distancia entre el Sol y la Tierra es variable a lo largo del año debido a la órbita elíptica que realiza la Tierra. La excentricidad de esta elíptica puede ser calculada como:

$$\varepsilon_0 = 1 + 0.033 \cos \frac{360 \cdot d_n}{365}$$

Siendo d_n el día del año ($1 \leq d_n \leq 365$). Esta distancia es importante puesto que cuando se tiene una fuente luminosa que emite en todas direcciones, el flujo de energía varía inversamente con el cuadrado de la distancia a la fuente emisora.

6.5.3. Radiación solar

Para alcanzar la superficie terrestre la radiación solar emitida debe atravesar la atmósfera, donde experimenta diversos fenómenos de reflexión, absorción y difusión que disminuyen la energía final recibida. La radiación global incidente sobre una superficie inclinada en la superficie terrestre se puede calcular como la suma de tres componentes: la componente directa, la componente difusa y la componente de albedo (o reflejada).

MEMORIA

Radiación solar directa: “Radiación solar incidente sobre un plano dado, procedente de un pequeño ángulo sólido centrado en el disco solar”. También se puede definir como la radiación que llega directamente del sol.

Radiación solar difusa: “Radiación solar hemisférica menos la radiación solar directa”. O la radiación que previamente a alcanzar la superficie es absorbida y difundida por la atmósfera.

Radiación solar hemisférica: “Radiación solar incidente en una superficie plana dada, recibida desde un ángulo sólido de 2π sr (del hemisferio situado por encima de la superficie). Hay que especificar la inclinación y azimut de la superficie receptora”.

Radiación reflejada: radiación que, procedente de la reflexión de la radiación solar en el suelo y otros objetos, incide sobre una superficie. La reflexión dependerá de las características y naturaleza de la superficie reflectora (albedo).

Radiación solar global: “Radiación solar hemisférica recibida en un plano horizontal”.

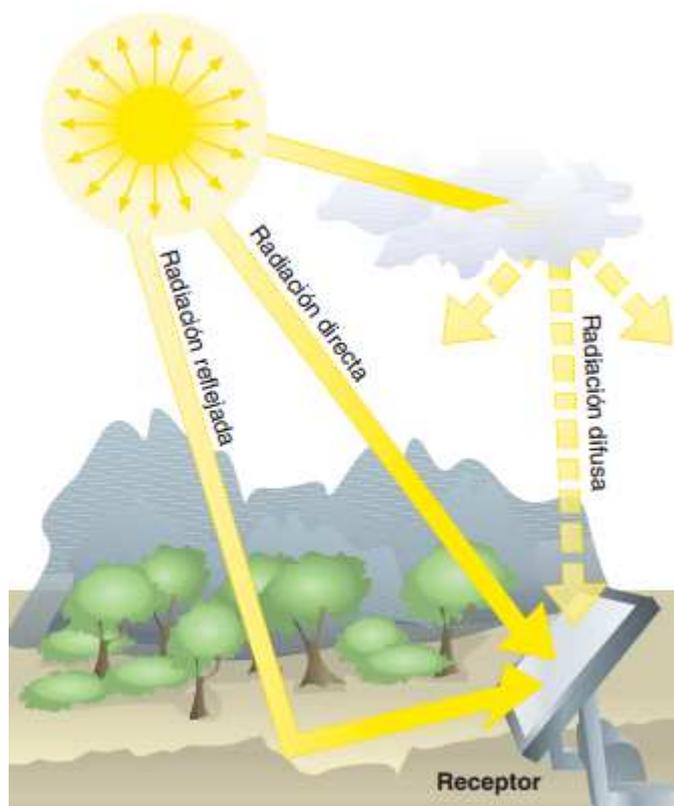


Figura 10. Radiación solar

MEMORIA

6.5.4. Radiación solar en España

Como se puede observar en el mapa, aparecen cinco zonas de radiación solar, y nuestra planta fotovoltaica se encuentra en una zona de radiación global que recibe entre 1531 y 1683 Kwh/m², unas condiciones optimas para la generacion de energia a partir de la radiación solar

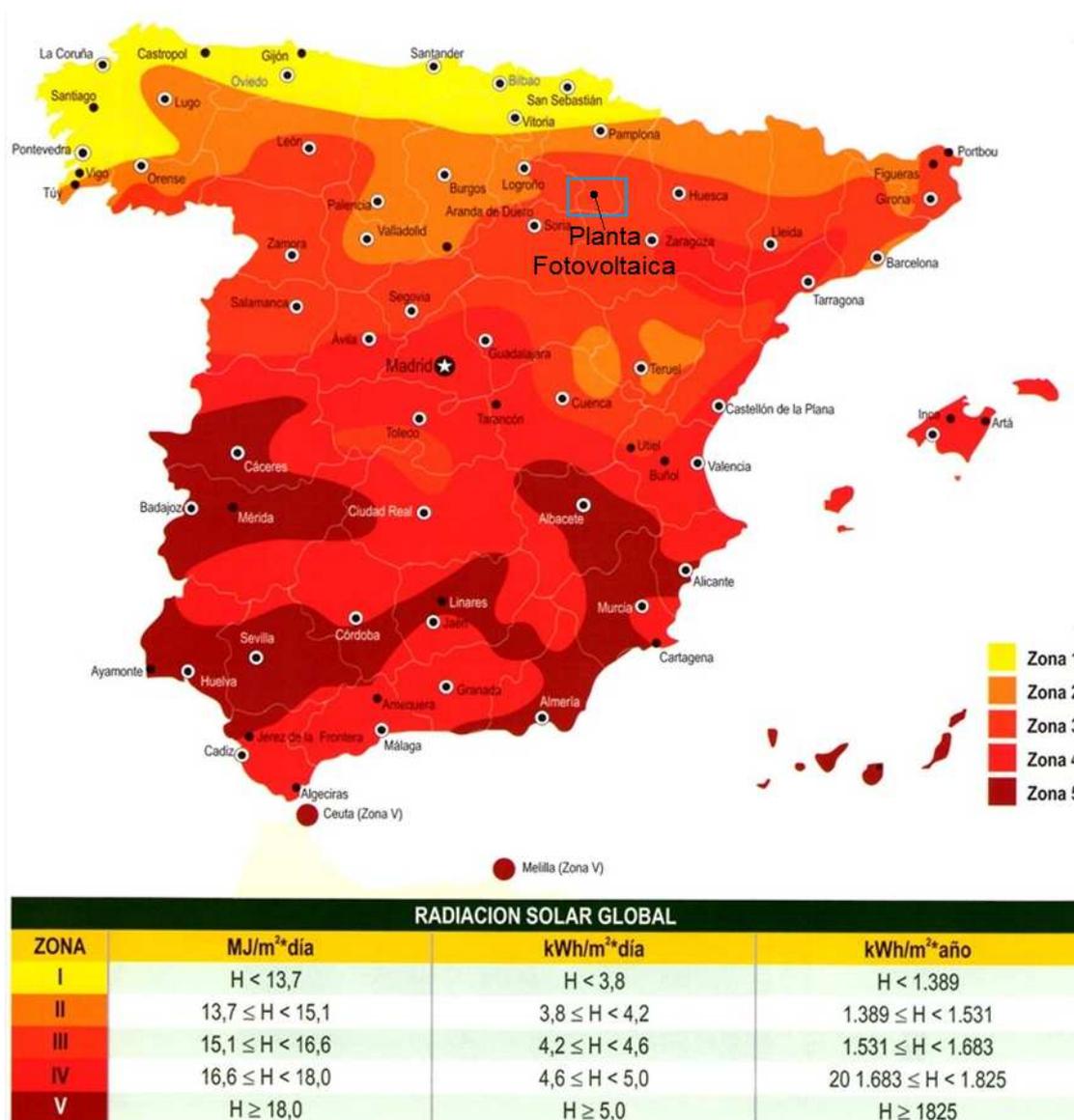


Figura 11. Radiación solar en España

7. Datos y características del proyecto

7.1. Instalación conectada a red

Más de un 90% de los generadores fotovoltaicos están conectados a la red de distribución eléctrica y vierten a ella su producción energética. 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:

Facturación neta: La electricidad solar se usa primero para consumo propio y los excedentes, si los hay, se inyectan a la red.

Tarifa fotovoltaica: Se inyecta el 100% de la energía producida.

La instalación de 300 kW de potencia nominal que se describe en el presente proyecto constará de 1000 paneles fotovoltaicos, contando cada uno de ellos con una potencia pico de 320 Wp. De este modo, la potencia pico total será de 320 kWp.

7.2. Elementos que componen la instalación

7.2.1. Elección del módulo fotovoltaico

Dependiendo de la tecnología a utilizar y del precio, en el mercado existen varios tipos de módulos fotovoltaicos dependiendo de la célula solar del que están compuestos: silicio monocristalino, silicio policristalino y silicio amorfo.

Para el diseño del proyecto se utilizarán los de mayor rendimiento (silicio monocristalino). A pesar de ser algo más costosos que otras tecnologías de módulos fotovoltaicos, proporcionan el mayor rendimiento del mercado, en torno al 20%

La elección del módulo fotovoltaico se efectuará teniendo en cuenta una serie de los cuales se muestran a continuación:

MEMORIA

Potencia nominal: El objetivo es elegir un módulo de potencia elevada con el fin de disminuir al máximo el número de elementos, como son los soportes, ya sea estructura fija o seguidor solar, así como conexiones eléctricas. Por este motivo, los módulos tendrán una potencia de 300 W.

Tolerancia de la potencia: La calidad de un módulo viene definida por este dato. Los valores actuales oscilan entre un 2 % y un 10 %.

El Pliego de Condiciones Técnicas para las Instalaciones Fotovoltaicas Conectadas a la Red del IDAE, establece una tolerancia máxima permitida del 10 %.

Tensión nominal. En los módulos los parámetros nominales vienen definidos por el número de células serie-paralelo. Los módulos fotovoltaicos están formados por una red de células conectadas como un circuito en serie para aumentar la tensión de salida hasta el valor deseado, normalmente se utilizan 12 ó 24 V, a la vez, también se conectan varias redes formando un circuito en paralelo para aumentar la corriente eléctrica que es capaz de suministrar el dispositivo. Lo idóneo, es que la tensión sea lo más elevada posible con lo cual las intensidades son pequeñas para una misma potencia, esto conlleva una disminución de las pérdidas ocasionadas por caída de tensión tanto en el módulo como en los cableados, lo que permite instalar menores secciones en el cableado.

Rendimiento: El rendimiento o eficiencia viene dado por la expresión:

$$\eta(\%) = \frac{P_{\text{Máx}} \cdot 1000}{\text{Área}} \cdot 100$$

Siendo los parámetros que aparecen en la anterior fórmula:

-1.000 corresponde valor de la irradiancia incidente en Condiciones Estándar de Medida (CEM).

-El área es la superficie del módulo.

-P_{máx} corresponde a la potencia máxima perteneciente al módulo.

TONC: Es la temperatura de operación nominal de la célula, definida para una irradiancia.

Índice de protección (IP): El índice de protección indica el grado de estanqueidad del módulo respecto a agentes externos como el polvo y la humedad. Los módulos actuales suelen tener valores de IP de 54 ó 65. En el Pliego de Condiciones Técnicas del IDAE se exige un valor mínimo de IP 65.

Garantía: La garantía de los módulos fotovoltaicos se expresa en términos de mantenimiento de un determinado porcentaje de la potencia nominal durante un número de años que puede llegar a 25 años. Todos los módulos cumplen la norma ISO 9001 y presentan un aislamiento clase II.

MEMORIA

Teniendo en cuenta todas las consideraciones anteriores, se ha elegido el módulo fotovoltaico **SUNPOWER E19-320**, compañía que garantiza una alta eficiencia y fiabilidad en los módulos que fabrican.

A continuación se muestran los datos característicos del modulo fotovoltaico escogido para este proyecto:

DATOS ELÉCTRICOS	
E19-320	
Potencia nominal ¹² (P _{nom})	320 W
Tolerancia de potencia	+5/-0%
Eficiencia media de panel ¹³	19,8%
Tensión en el punto de máxima potencia (V _{mpp})	54,7 V
Corriente en el punto de máxima potencia (I _{mpp})	5,86 A
Tensión de circuito abierto (V _{oc})	64,8 V
Corriente de cortocircuito (I _{sc})	6,24 A
Tensión máxima del sistema	600 V UL
Fusible máximo por serie	20 A
Coefficiente de temperatura de potencia	-0,38% / °C
Coefficiente de temperatura de voltaje	-176,6 mV / °C
Coefficiente de temperatura de corriente	3,5 mA / °C

CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO Y DATOS MECÁNICOS	
Temperatura	- 40°C to +85°C
Carga máxima	Viento: 2400 Pa, 245 kg/m ² frontal y posterior Nieve: 5400 Pa, 550 kg/m ² frontal
Resistencia al impacto	Granizo de 25 mm de diámetro a 23 m/s
Aspecto	Clase A
Células solares	96 células monocristalinas Maxeon II generación
Cristal templado	Templado antirreflectante de alta transmisión
Caja de conexiones	Clasificación IP-65
Conectores	MC4
Bastidor	Negro anodizado de Clase 1, la clasificación más alta de la AAMA
Peso	18,6 kg

Tabla 1.Datos del Panel SUNPOWER E19-320

7.2.2. Elección de la estructura de soporte de las placas.

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

7.2.2.1. Estructura fija

La estructura fija, como su propio nombre indica, es aquella que no puede variar su posición en torno al movimiento que ejerce la Tierra alrededor del Sol durante el día. Se trata de un tipo de montaje que tiene la ventaja de ser más sencillo que los demás, en el cual es de vital importancia el criterio de selección seguido para la elección del ángulo óptimo que garantice su máxima producción energética.

7.2.2.2. Seguidores solares

La función de un seguidor solar es aumentar la producción de los paneles fotovoltaicos por medio de sistemas eléctricos y electrónicos que sigan la trayectoria del Sol como lo haría un girasol, permaneciendo el mayor tiempo con su superficie receptora perpendicular a la trayectoria de los rayos emitidos por el Sol, captando de este modo la máxima radiación solar durante el mayor intervalo de tiempo posible.

Este tipo de tecnología se debe al intento de disminuir el coste de la energía producida. Esto es posible gracias al abaratamiento cada vez mayor de los elementos mecánicos y electrónicos que entran a formar parte del sistema de seguimiento, así como a la construcción de sistemas relativamente sencillos cuyo mantenimiento es mínimo.

7.2.2.2.1. Seguidor de dos ejes

Estos seguidores permiten la libertad total de movimiento, por lo que la superficie colectora puede mantenerse de forma continua perpendicularmente a los rayos del Sol, lo que asegura la máxima captación de energía. Haciendo que el ángulo de incidencia sea mínimo se obtiene que la inclinación de la superficie ha de ser igual al ángulo cenital del Sol y su orientación ha de ser igual al acimut solar, esto es el ángulo de inclinación de la superficie es igual al ángulo cenital del Sol y el acimut de la superficie es igual al acimut del sol.

La superficie gira sobre un eje vertical siguiendo al Sol y sobre un eje horizontal buscando el ángulo óptimo de incidencia, manteniéndose perpendicular al Sol.

$$\begin{aligned} \cos\theta_s &= 1 \\ \beta &= \theta_{zs} \\ \alpha &= \psi_s \end{aligned}$$

MEMORIA

Donde:

- θ_s : Ángulo de incidencia de los rayos del sol para una superficie arbitrariamente inclinada y orientada.
- β : inclinación de la superficie respecto al plano horizontal (ángulo entre la superficie y el plano horizontal).
- θ_{zs} : ángulo cenital.
- s : acimut solar (cero al sur y positivo al este). □
- α : ángulo de acimut de la superficie o ángulo de orientación.



Figura 12. Seguidor de dos ejes

7.2.2.2. Seguidor de eje Polar

Una de las dos configuraciones más utilizadas es el seguimiento con el eje inclinado un ángulo igual a la latitud local, también denominado seguimiento polar. De esta forma el eje de rotación del sistema es paralelo al eje de la tierra. El seguimiento polar consigue aproximadamente un 96% de captación, comparado con el sistema de dos ejes. Se realiza un ajuste continuo para minimizar el ángulo de incidencia.

Su superficie gira sobre un eje orientado al sur e inclinado un ángulo igual a la latitud, el giro se ajusta para que la normal a la superficie coincida en todo momento con el meridiano terrestre que contiene al Sol. La velocidad de de giro es de 15° por hora.



Figura 13. Seguidor de eje Polar

7.2.2.2.3. Seguidor en un eje este-oeste horizontal

La superficie gira mediante un eje horizontal orientado en dirección este-oeste. El giro se ajusta para que la normal a la superficie coincida en todo momento con el meridiano terrestre que contiene al Sol.

En este caso el ángulo de acimut de la superficie cambiará entre 0° cuando el ángulo acimutal del Sol pase por 90°



Figura 14. Seguidor este-oeste horizontal

7.2.2.2.4. Seguidor acimutal

La superficie gira sobre un eje vertical, el ángulo de la superficie es constante e igual a la latitud. El giro se ajusta para que la normal a la superficie coincida en todo momento con el meridiano local que contiene al Sol. La velocidad de giro es variable a lo largo del día.

En este caso la inclinación de la superficie β es constante y el acimut de la superficie es igual al acimut del sol.

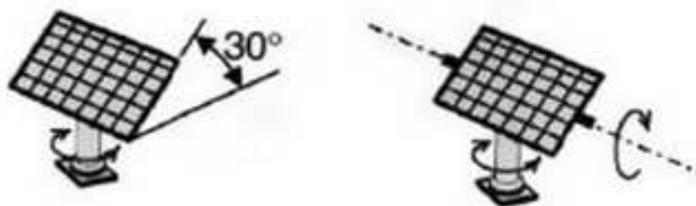


Figura 15. Seguidor acimutal

Una vez explicado el funcionamiento de las tecnologías de seguimiento solar, se procederá a escoger una de ellas para nuestra instalación.

La tecnología escogida es la del Seguidor de dos ejes y se ha elegido del fabricante Meca solar el seguidor de dos ejes **MS-2E TRACKER** con un anclaje en “V”, que no necesita cimentación, es muy fácil de colocar y permite instalar una potencia hasta 13,16 kWp.

MEMORIA

7.2.3. 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).

7.2.3.1. Elección del inversor

Actualmente, en el mercado existen inversores con valores de rendimiento que alcanzan hasta el 98%, lo cual provoca un gran aprovechamiento de energía.

A la hora de elegir un inversor para una instalación fotovoltaica hay que tener en cuenta una serie de parámetros, algunos de los más importantes son: el rendimiento, el tiempo de vida, fiabilidad, el autoconsumo, etc.

La potencia nominal de la instalación se corresponde con la potencia del inversor. Dependiendo de la eficiencia del inversor se podrá conectar una mayor o menor potencia del campo fotovoltaico, ya que la potencia máxima que se puede inyectar a la entrada del inversor resulta de la división entre la potencia máxima de dicho elemento y su eficiencia.

Con las consideraciones anteriormente indicadas sobre el inversor, se ha escogido la estación **INGECOM SUNPOWERSTATION SHE 20** que está equipado con todo lo necesario: El inversor (**250 M220 Indoor de INGECON**), el cuadro de paralelo de Baja tensión, el cuadro de servicios auxiliares, el cuadro de Media tensión y el transformador Mt.



Figura 16. Ingecom SunPowerStation SHE 20

MEMORIA

A continuación se muestran los datos característicos del inversor escogido para este proyecto:

	250 M220 Indoor
Valores de Entrada (DC)	
Rango pot. campo FV recomendado ⁽¹⁾	283 - 325 kWp
Rango de tensión MPP	405 - 820 V
Tensión máxima DC ⁽²⁾	920 V
Corriente máxima DC	800 A
Nº entradas DC	8
MPPT*	2
Valores de Salida (AC)	
Potencia nominal AC ⁽³⁾	300 kW
Corriente máxima AC	736 A
Tensión nominal AC	220 V Sistema IT
Frecuencia nominal AC	50 / 60 Hz
Coseno Phi ⁽⁴⁾	1
Regulación Coseno Phi	±0,9
THD ⁽⁵⁾	<3%
Rendimiento	
Eficiencia máxima	98,1%
Euroeficiencia	97,7%
CEC	97,3%
Datos Generales	
Refrigeración por aire	2.670 m ³ /h
Consumo en standby ⁽⁶⁾	60 W
Consumo nocturno	<5 W
Temperatura de funcionamiento	-20°C a +65°C
Altitud máxima ⁽⁷⁾	3.000 m
Humedad relativa	0 - 95%
Grado de protección	IP20

Tabla 2. Datos del inversor 250 M220 Indoor

MEMORIA

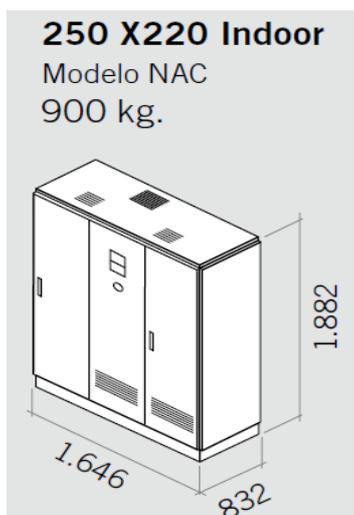


Figura 17. Dimensión y peso del inversor

Existe una amplia gama de este tipo de dispositivos. Se puede realizar la instalación con uno o varios inversores, en este caso, se optará por la elección de un único inversor por las ventajas que se mencionan a continuación:

- Disminución del coste de la instalación
- Mayor rendimiento general en condiciones normales de funcionamiento
- Se trabaja con tensiones más altas que implican menores pérdidas por intensidad con la consecuente disminución de sección en los conductores.
- Mayor facilidad de control y monitorización de la instalación

El inversor cumple con todo lo establecido según el R.D. 1663/2000 de 29 de Septiembre sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión.

Entre estas protecciones se encuentran las que se resumen a continuación:

- Transformador de AC de aislamiento galvánico en su interior.
- Interruptor automático de la interconexión para la desconexión automática de la instalación fotovoltaica en caso de pérdida de tensión o frecuencia de la red.
- Protección para interconexión de máxima y mínima frecuencia (51 y 49 Hz, respectivamente) y de máxima y mínima tensión (1,1 y 0,85 Um, respectivamente).
- Rearme automático de la conexión con la red de baja tensión de la instalación fotovoltaica una vez restablecida la tensión de red por la empresa distribuidora.

MEMORIA

7.2.3.1.1. Transformador:

En la estación **INGECOM SUNPOWERSTATION SHE 20** que aloja el inversor, como ya se ha comentado antes, viene alojado en su interior un transformador de tensión que eleva la tensión del inversor a 24 KV, para poder inyectar esta tensión a la red. Además, este transformador protege al sistema del siguiente modo: por un lado, evita que puedan pasar pequeñas componentes de corriente continua a la red, con lo que asegura la calidad del suministro; por otro lado, su neutro con puesta a tierra garantiza la separación galvánica entre la zona de alterna y la de continua, dando así una gran seguridad al sistema.

7.2.4. Protecciones, cableado y puesta a tierra.

Las protecciones de la instalación cumplirán con lo establecido en el R.D.1663/2000 del 29 de Septiembre sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión, con la resolución de 31 de mayo de 2001 y en particular con el esquema unifilar presentado en el Anexo I de dicha resolución, y con las condiciones particulares de conexión facilitadas por la compañía eléctrica distribuidora.

7.2.4.1. Protecciones

Además de las protecciones que incluye el inversor se incluirán las siguientes protecciones para la instalación:

-Interruptor general manual (de manipulación por la compañía eléctrica).

Interruptor magnetotérmico. La intensidad de cortocircuito de este interruptor debe ser más alta que la facilitada por la compañía eléctrica en el punto de acceso a la red concedido por esta.

-Fusibles (en armario CC).

En ambos polos de cada rama que componen el generador. Estos fusibles se encontrarán en unos armarios situados junto al campo fotovoltaico en las que además se realizará el paralelo de las series hasta llegar al inversor.

-Separación galvánica (en el inversor).

El aislamiento galvánico entre la red de distribución de baja tensión y el generador fotovoltaico se realiza mediante separación galvánica según lo estipulado en la ITC-24 del REBT.

MEMORIA

-Protección para la interconexión de máxima y mínima frecuencia

Formado por el relé de frecuencia que estará calibrado entre los valores 51 y 49 Hz y deberá actuar cuando la frecuencia sea superior ó inferior a la de la red durante más de 5 períodos. Esta protección está incorporada en los inversores.

-Protección para la interconexión de máxima y mínima tensión

Formado por el relé de tensión, que estará calibrado entre los valores 1,1 y 0,85 de la tensión de servicio de la red. El tiempo de actuación debe ser inferior a 0,5 segundos. Esta protección está incorporada en los inversores.

-La protección de derivación a tierra

Tanto del positivo como del negativo está incluida en los inversores.

-Sistema de prevención de funcionamiento en isla.

Este sistema viene incorporado al inversor el cual desconecta automáticamente el generador fotovoltaico cuando no detecta tensión en la red de suministro.

Por supuesto, el rearme de la instalación se realizará de forma automática una vez que se restablezca la tensión y frecuencia de red dentro de los límites prefijados. Los inversores aseguran la reconexión en 180s.

A su vez, la seguridad para las personas viene garantizada por las protecciones que se relacionan a continuación:

-Interruptor automático diferencial.

Con el fin de proteger a las personas en caso de derivación de algún elemento en la parte de corriente alterna de la instalación.

-Magnetotérmico general

Protege a las personas y los equipos de sobrecargas.

7.2.4.2. Puesta a tierra

La puesta a tierra de las masas de una instalación tiene por objeto proteger a las personas en el caso de que un defecto provoque la aparición de tensión donde normalmente no debe haberla y también permite que funciones otras medidas de protección. En este caso tal y como establece el R.D. 1663/2000 “Las masas de la instalación fotovoltaica, tanto las de la parte de alterna como las de continua, estarán conectadas a una tierra independiente de la del neutro de la empresa distribuidora de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, así como de las masas del resto del suministro.”

MEMORIA

Se conectarán a tierra la estructura de sujeción de estos, la carcasa de los inversores así como todas las masas metálicas presentes en la instalación. Esta puesta a tierra se realizara mediante cable de cobre desnudo y pica de tierra, siguiendo la normativa vigente en este tipo de instalaciones. La sección mínima del cable será de 16 mm².

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

Los positivos y negativos de cada rama de la instalación se conducirán hasta el cuadro de alterna separados y protegidos.

Se conectarán las masas metálicas de los módulos entre sí mediante conductor de Cu de puesta a tierra de 16 mm² de sección y se conectarán a la estructura de los módulos.

Se clavará una pica de tierra de Cu de 2,0 m de longitud para cada soporte de los módulos fotovoltaicos y además se unirán las tierras de los 25 soportes que integran la instalación en una tierra unificada.

La una unión de los diferentes puntos de puesta a tierra mediante cable desnudo de cobre de 35 mm² de sección directamente enterrado.

Las masas metálicas de todos los armarios también se unirán a la línea tierra. Se comprobará la continuidad de todas las conexiones a tierras antes de la puesta en servicio de la instalación y en las revisiones periódicas.

7.2.4.3. Cableado de la instalación y cajas de conexión en CC

7.2.4.3.1. Cableado

El conexionado entre módulos se realizará con terminales multicontacto que facilitarán la instalación y además aseguran la durabilidad de las conexiones.

A partir del generador fotovoltaico los positivos y negativos se conducen separados, protegidos y señalizados de acuerdo a la normativa vigente. Los conductores serán de cobre y tendrán la sección adecuada para asegurar caídas de tensión inferiores al 1,5 % en la parte de corriente continua de la tensión nominal, calculando los cables para una intensidad máxima admisible igual a la de cortocircuito del generador fotovoltaico.

El cable utilizado será un conductor flexible de cobre con aislamiento de polietileno reticulado, especialmente diseñado para intemperie y con resistencia contra los rayos UV. Está fabricado de acuerdo a norma UNE 21- 123 y presenta unas prestaciones elevadas frente a sobrecargas y cortocircuitos.

MEMORIA

7.2.4.3.2. Cajas de conexión

Las cajas de conexión en corriente continua deben ser resistentes a las condiciones climáticas del lugar, y como las que se coloquen en los soportes irán en el exterior precisan un grado de protección mínima IP 64, así como tener aislamiento clase II, con una clara distribución entre el polo positivo y el negativo.

Serán cajas de dimensiones adecuadas, en su interior deben estar claramente identificados cada uno de los circuitos, fusible, interruptores, etc. El acceso a estas cajas estará limitado a personal autorizado.

7.2.4.4. Cableado de la instalación y cajas de conexión en CA

7.2.4.4.1. Cableado

El cableado de CA se corresponde al último tramo de la instalación fotovoltaica, el cual finalizará con la conexión física de la misma a la red eléctrica de distribución en media tensión. Este tramo se inicia a la salida del inversor y finaliza en el punto de conexión de media tensión en la red.

El cable utilizado será un conductor flexible de cobre con aislamiento de polietileno reticulado especialmente diseñado para intemperie y con resistencia contra los rayos UV. Está fabricado de acuerdo a norma UNE 21- 123 y presenta unas prestaciones elevadas frente a sobrecargas y cortocircuitos.

Los conductores serán de cobre y tendrán la sección adecuada para asegurar caídas de tensión inferiores 2 % en la parte de corriente alterna de la tensión nominal, incluida las posibles pérdidas por terminales intermedios, y los límites de calentamiento recomendados por el fabricante de los conductores, según se establece en el Reglamento Electrotécnico de Baja.

7.2.4.4.2. Caja de conexión

Las cajas de conexión en corriente alterna deben ser resistentes a las condiciones climáticas del lugar, irán en el interior de la caseta donde se encuentran los contadores, deberán tener aislamiento clase II. Se colocará una caja de conexión por cada contador, serán cajas de dimensiones adecuadas, en su interior debe estar claramente identificado cada uno de los, interruptores. El acceso a estas cajas estará limitado a personal autorizado.

7.2.5. Equipos de medida

Los elementos que conforman el cuadro de medida de la instalación cumplirán en todo momento con las Normas Particulares de la compañía eléctrica, Iberdrola Distribución Eléctrica.

MEMORIA

Todos los elementos integrantes del equipo de medida, tanto a la entrada como a la salida de energía, serán precintados por la empresa distribuidora. Los puestos de los contadores se deberán señalar de forma indeleble, de manera que la asignación a cada titular de la instalación quede patente sin lugar a confusión. Además se indicará, para cada titular de la instalación, si se trata de un contador de entrada de energía procedente de la empresa distribuidora o de un contador de salida de energía de la instalación fotovoltaica.

El instalador autorizado sólo podrá abrir los precintos con el consentimiento escrito de la compañía distribuidora. En caso de peligro pueden retirarse los precintos sin consentimiento de la compañía eléctrica; siendo en este caso obligatorio informar a la compañía distribuidora de inmediato.

La colocación de los contadores y las condiciones de seguridad se realizarán de acuerdo a la ITC-BT-16. Los contadores se ajustarán a las características especificadas en las normas UNE 20.439, 21.310 y 21.311 y, para la activa, como mínimo a las de clase de precisión 2 regulada por el R.D. 875/84.

El contador de salida será bidireccional, ó en su defecto, se conectarán dos contadores unidireccionales. La energía eléctrica que el titular de la instalación facturará a la empresa distribuidora será la diferencia entre la energía eléctrica de salida menos la de entrada a la instalación fotovoltaica.

Los contadores se ajustarán a la normativa metrológica vigente y su precisión deberá ser como mínimo la correspondiente a la Clase 2, regulada por el Real Decreto 875/1984 de 28 de Marzo, por el que se aprueba el Reglamento para la aprobación del modelo y verificación primitiva de contadores de uso corriente (clase 2) en conexión directa, nueva, a tarifa simple o a tarifas múltiples, destinadas a la medida de energía en corriente monofásica o polifásica de 50 Hz de frecuencia.

Las características del equipo de medida de salida serán tales que la intensidad correspondiente a la potencia nominal de la instalación fotovoltaica se encuentre entre el 45% de la intensidad nominal y la intensidad máxima de precisión de dicho equipo.

7.2.6. Cuadro de distribución, protección y mando

Es el cuadro donde se alojan las protecciones de las personas contra contactos directos e indirectos, y de la instalación frente a cortocircuitos, sobrecargas y sobretensiones de las corrientes alternas generadas a la salida de los inversores. El cuadro estará alojado en la estación **INGECOM SUNPOWERSTATION SHE 20**, en la que se aloja el inversor, ya que está preparado como se dijo anteriormente para acoger todos estos elementos de la instalación (inversor, transformador...):

El cuadro está formado básicamente por los siguientes elementos para los tres tipos de configuraciones:

MEMORIA

Interruptor magnetotérmico con relé diferencial

Interruptor de protección y mando contra sobrecargas y cortocircuitos.

Relé diferencial

Interrumpe un circuito en caso de producirse un defecto de aislamiento entre conductores activos y tierra igual ó superior a un valor de 300mA.

7.2.7. Seguridad de la Planta

Para la seguridad de la planta se emplearan varios sistemas varios sistemas que trabajen de forma conjunta para evitar robos e intrusiones en la planta:

- Se hará un vallado perimetral de 3 metros de altura.
- Alarma automática.
- Comunicación vía telefónica con central de alarma y personal de servicio.
- Circuito cerrado de TV, con grabación automática.
- Colocación de protección en los tornillos de fijación de los módulos.

7.2.8. 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.

Existe en la parcela una acometida de la compañía Iberdrola a la que se conectará nuestra planta fotovoltaica. La acometida es subterránea. Los cables son aislados, de tensión asignada 0,6/1 KV, y van directamente enterrados o enterrados bajo tubo.

8. Etapas y plazos de ejecución.

En el siguiente apartado se intentará aproximar tanto los trabajos necesarios que se llevarán a cabo para la construcción de la planta como los plazos de ejecución.

8.1. Obra civil

Debido a las características del emplazamiento se realizarán los siguientes trabajos en el terreno antes de comenzar con la construcción.

MEMORIA

8.1.1. Movimientos de tierras

Los movimientos de tierras que se ejecutarán son los necesarios para dejar el terreno de forma uniforme para poder instalar correctamente los soportes que soportarán los módulos fotovoltaicos. Se compactará el terreno y se eliminará la vegetación. Se realizarán excavaciones, rellenos y explanaciones en las zonas que sean necesarios.

La superficie definitiva del campo solar final se nivelará en sentido Norte-Sur. Las pendientes de Este a Oeste serán iguales o inferiores al 1% para proporcionar capacidad de drenaje. El agua de lluvias torrenciales se drenará mediante unas arquetas que por gravedad conducirán el agua hasta un desagüe.

8.1.2. Cimentación.

Los soportes con seguidor de dos ejes de los paneles solares van montados sobre una Zapata Superficial, por lo que no es necesario excavación para la cimentación. Solamente ha de realizarse una limpieza del terreno eliminando la primera capa de vegetación y posterior allanado de terreno. Se proporciona a los clientes el molde necesario.

Gracias a lo descrito anteriormente, la instalación de los seguidores es muy rápida y sencilla de colocar sobre la zapata de cimentación.

8.1.3. Otros trabajos.

Este parque estará cerrado con una valla metálica y con una serie de medidas de seguridad y además la obra civil incluirá los trabajos de urbanización, en los que estarán los viales de acceso a los paneles fotovoltaicos, inversor etc., y el mantenimiento de los diferentes equipos dentro de la planta.

8.2. Plazos de ejecución

El plazo de ejecución de la obra se estima entre 5 meses 8 meses desde el inicio de la obra. Se separará la construcción en diferentes etapas según su orden cronológico.

MEMORIA

8.2.1. Adecuación del terreno y obra civil.

Lo primero será dejar el terreno en condiciones necesarias para empezar la construcción de la planta. Es lo que se conoce como obra civil, como ya se comentó anteriormente.



Figura 18. Adecuación del terreno

8.2.2. Cimentación de las zapatas superficiales

Una vez el terreno esté listo se procederá a la cimentación de las 25 zapatas superficiales que soportaran cada una de ellas 40 módulos.



Figura 19. Cimentación de las zapatas

MEMORIA

8.2.3. Colocación del soporte del seguidor sobre las zapatas

Rápida y sencilla colocación del seguidor sobre la zapata de cimentación. Con la misma máquina que se ha utilizado para realizar la limpieza del terreno podemos colocar la estructura en “V” sobre la zapata de cimentación. Posteriormente se procede a ajustar la estructura a los pernos mediante un sistema de doble tuerca.



Figura 20. Colocación del soporte del seguidor sobre las zapatas

8.2.4. Instalación de Módulos

Flexible instalación de los módulos de cualquier potencia. La parrilla, que es la estructura sobre la que se ajustan los módulos, permite dotar al seguidor mecasolar de una gran flexibilidad en lo que respecta a la colocación de módulos de diversas potencias y de distintos fabricantes. El seguidor mecasolar en estos momentos es la opción más abierta del mercado para trabajar con cualquier tipo de módulo.



Figura 21. Instalación de Módulos

MEMORIA

8.2.5. Rápida Colocación sobre Estructura.

El hecho de que por un lado un equipo de instalación esté trabajando en la cimentación y colocación de la estructura en “V” sobre la cimentación, y otro equipo esté trabajando en la colocación de módulos sobre las parrillas, permite al instalador una gran agilidad y versatilidad en su equipo, consiguiendo tiempos de instalación muy reducidos.



Figura 22. Colocación de los Módulos sobre la estructura

8.2.6. Puesta a Punto Rápida y Sencilla.

En todo momento contará con el apoyo del equipo técnico de mecasolar que le asesorará en todas las fases del proyecto, tanto en el proyecto de ingeniería, como en la obra civil e instalación, así como en la puesta a punto y mantenimiento.

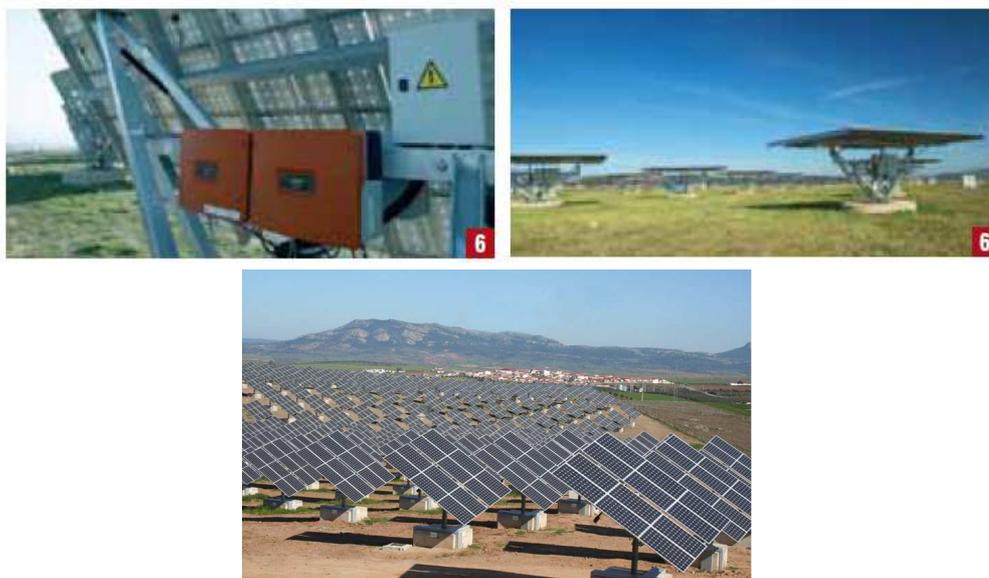


Figura 23. Puesta en Marcha y resultado final

MEMORIA

8.2.7. Vallado perimetral

La parcela donde se sitúa la planta fotovoltaica será vallada en todo su perímetro mediante un vallado metálico de 2 metros de altura compuesto de red metálica y postes con el objeto de evitar intrusiones y la libre circulación de vehículos o personal no autorizado. Este tipo de vallado cumple con los requerimientos establecidos por la Dirección General de Calidad Ambiental dictada en la preceptiva Declaración de Impacto Ambiental.

9. Resumen del presupuesto

Se ofrece a continuación un resumen del presupuesto que será desglosado más adelante en el capítulo de presupuesto.

Capítulo	Resumen	Euros
1	Obra civil	15.825 €
2	Módulo fotovoltaico	452.580 €
3	Estructura de soporte	311.926,5 €
4	Estación Ingecom Power Station SHE 20	103.471,85 €
5	Puesta a tierra	4.348 €
6	Cableado	7.099,6 €
7	Tubos	15.825 €
8	Cuadros y cajas de conexiones	8.900 €
9	Protecciones	4.744,88 €
TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL		924.720,83 €
13,00 % GASTOS GENERALES		120.213,7 €
6,00 % BENEFICIO INDUSTRIAL		55.483,25 €
TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN POR CONTRATA		1.100.417,78 €
21% IVA		231.087,73 €
TOTAL PRESUPUESTO GENERAL		1.331.559,51 €

El presupuesto general asciende a la cantidad de:

UN MILLÓN TRESCIENTOS TREINTAUN MIL QUINIENTOS CINCUENTA Y NUEVE CON CINCUENTA Y UN EUROS

MEMORIA

TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL	924.720,83 €
3,00 % PROYECTO	27.741,62 €
3,00 % DIRECCIÓN DE OBRA	27.741,62 €
HONORARIOS	55.483,24 €
21% IVA	11.651,48 €
TOTAL PRESUPUESTO GENERAL	67.134,72 €

El presupuesto de honorarios asciende a la cantidad de:

SESENTA Y SIETE MIL CIENTO TREINTA Y CUATRO CON SETENTA Y DOS EUROS

10. Conclusiones

Con esta serie de documentos: Memoria, Cálculos, Planos, Presupuesto y Pliego de Condiciones que se acompañan, damos por concluido el estudio de la Instalación, que será ejecutada por el Instalador Autorizado, según lo indicado y de acuerdo a las Normas vigentes en el momento de su ejecución.

Cualquier cambio en los materiales proyectados se notificará a la dirección de obra y se decidirá por esta su sustitución por otra, siempre sin merma en las prestaciones del material proyectado. El precio será el de mercado de los productos sustituidos.

Como conclusiones del proyecto realizado, se puede decir que:

Se ha localizado un emplazamiento en el que diseñar una instalación solar fotovoltaica de 300 Kw. Para ello, se han localizado los puntos de conexión a red reales existentes, se ha escogido uno, y se han buscado terrenos parcelarios para llevar a cabo la instalación en las inmediaciones de este punto de conexión a la red.

A continuación, se eligieron los componentes y se hallaron las dimensiones y características que estos debían tener para satisfacer los requisitos técnicos y reglamentarios de la instalación.

Todos los cálculos y demás consideraciones sobre este proyecto se han hecho teniendo en cuenta la normativa vigente referente a este tipo de instalaciones.

También, se ha elaborado un presupuesto de la instalación en el que se especifica todos los gastos generados en la construcción de este proyecto.

En el pliego del proyecto quedan recogidas todas las condiciones pertinentes relacionadas con la construcción de esta planta fotovoltaica de 300 Kw con seguimiento solar y conexión a red en navarra.



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

DISEÑO PLANTA FOTOVOLTAICA DE 300 KW CON
SEGUIMIENTO SOLAR Y CONEXIÓN A RED EN
NAVARRA

2 CÁLCULOS

Javier Martínez Arce

Martín Ibarra Murillo

Pamplona, Septiembre 2013

ÍNDICE

1.	Dimensionado de la instalación fotovoltaica:.....	50
1.1.	Determinación del numero de módulos en serie.....	51
1.2.	Determinación del numero de módulos en paralelo	53
1.3.	Elección de los parámetros	53
1.4.	Calculo distancia entre las estructuras de los paneles para evitar sombras	55
1.5.	Elección de la estructura soporte	57
1.5.1.	Cálculo de la estructura soporte.....	58
1.5.1.1.	Sobrecargas de viento.	58
1.5.1.2.	Sobrecargas de nieve	59
1.6.	Centro de transformación.....	60
1.7.	Cálculo de la puesta a tierra.....	61
1.8.	Calculo del cableado.....	62
1.8.1.	Criterio de la caída de tensión	62
1.8.1.1.	Fórmulas para el cálculo de la sección de los conductores:	63
1.8.1.2.	Distancias de las líneas	64
1.8.1.3.	Sección de los conductores	65
1.8.2.	Criterio de la intensidad máxima admisible o de calentamiento.	69
1.8.3.	Criterio de la intensidad de cortocircuito.	69
1.9.	Tubos y canalizaciones	71
1.10.	Protecciones	71
1.10.1.	Fusible Caja de Conexiones.....	71
1.10.2.	Fusible Caja de Concentración	72
1.10.3.	Cuadro de protección de alterna	73
1.10.4.	Armario de la compañía.....	73
2.	Estudio energético	74
3.	Análisis de la rentabilidad	78
3.1.	Valor actual neto (VAN).....	79
3.2.	Tasa interna de retorno (TIR)	79

CÁLCULOS

1. Dimensionado de la instalación fotovoltaica:

Antes de realizar el dimensionado de la instalación, recordaremos las características técnicas de los equipos utilizados:

Características técnicas del panel solar fotovoltaico:

El panel utilizado en este proyecto es de la marca **SUNPOWER E19-320**.

Potencia nominal (Pnom)	320 W
Corriente punto de máxima potencia(Imp)	5,86 A
Tensión punto de máxima potencia(Vmp)	54,7 V
Corriente de cortocircuito (Isc)	6,24 A
Tensión de circuito abierto (Voc)	64,8 V
Coefficiente de temperatura de Isc (α)	3,5 mA/°C
Coefficiente de temperatura de Voc (β)	-176,6 mV/°C
Máxima tensión del sistema	600 V
Dimensiones (mm)	1559x1046x46
Peso	18,6 Kg

Tabla 3. Datos del Panel SUNPOWER E19-320

Características técnicas del inversor:

El inversor utilizado en este proyecto es de la marca **250 M220 Indoor de INGECOM**.

Rango de tensión entrada	405-820 V
Máxima tensión entrada	920 V
Máxima corriente entrada	200 A
Potencia nominal	300 Kw
Potencia pico	325 Kw
Corriente máxima CC	800 A
Tensión nominal	220 V
Frecuencia nominal	50/60 Hz
Coseno de Phi	1
Peso	900 Kg
Dimensiones (mm)	1648x832x1882

Tabla 4. Datos del inversor 250 M220 INDOOR

A continuación, se calcularán el número de módulos que se deben colocar, y su distribución, para satisfacer las características de la instalación.

CÁLCULOS

1.1. Determinación del número de módulos en serie

El rango de tensión de entrada del inversor va de 405 a 820V, siendo 920V la máxima tensión admisible a la entrada. Con estos datos, se puede hallar el número mínimo y máximo de módulos serie para los valores críticos de módulo elegido. Cada módulo tiene una tensión a potencia máxima de 54,7V.

Tendremos pues que poner un mínimo 8 de módulos:

$$405 \div 54,7 = 7,4$$

Y un máximo de 15 módulos en serie:

$$820 \div 54,7 = 14,99$$

El módulo tiene una tensión a potencia máxima de 54,7V, como ya se ha mencionado, pero la instalación funcionará a lo largo del año en condiciones variables de irradiación y temperatura.

Se deben tener en cuenta situaciones extremas de funcionamiento como son: temperaturas por debajo de 0°C (la temperatura mínima histórica para Navarra es de -24°C, por lo que es necesario verificar que el sistema no supere la tensión mencionada anteriormente).

Lo mismo ocurre en meses de julio y agosto donde las temperaturas de trabajo de la célula serán muy elevadas, se estiman, cercanas a los 70°C.

Se supone un intervalo de temperatura de trabajo de (-15°C, 70 °C).

La potencia máxima que se puede inyectar a la entrada del inversor es:

$$P_{\text{máx inyectada}} = \frac{P_{\text{máx inversor}}}{\eta} = \frac{325}{0,981} = 331.29 \text{ Kw}$$

A continuación se delimitan el número de paneles que se pueden colocar para conseguir esta potencia:

$$\text{Número máximo de Paneles} = \frac{P_{\text{máx}}}{P_{\text{módulo}}} = \frac{331.29 \text{ Kw}}{320 \text{ w}} = 1035 \text{ módulos}$$

A continuación se calculará el número de módulos que se deben conectar en serie para los puntos de mínima tensión en funcionamiento y mínima tensión en arranque del inversor.

CÁLCULOS

Valor de tensión en el punto de máxima potencia, para el límite superior de temperatura.

$$\Delta V = \Delta T \times \beta = (70 - 25)^{\circ}\text{C} \times \left(-176,6 \frac{\text{mV}}{\circ\text{C}}\right) = -7,95\text{V/módulo}$$

$$V_{\text{Mpp}} = V_{\text{Mpp}}(25^{\circ}\text{C}) + \Delta V = 54,7 - 7,95 = 46,75 \text{ V}$$

$$\frac{405 \text{ V}}{46,75 \text{ V/módulo}} = 8,66 \text{ módulos}$$

Este valor lo ajustamos a 9 módulos para conseguir los 405V de tensión.

Valor de tensión en el punto de máxima potencia, para el límite superior de temperatura.

$$\Delta V = \Delta T \times \beta = (-15 - 25)^{\circ}\text{C} \times \left(-176,6 \frac{\text{mV}}{\circ\text{C}}\right) = 7,06\text{V/módulo}$$

$$V_{\text{Mpp}} = V_{\text{Mpp}}(25^{\circ}\text{C}) + \Delta V = 54,7 + 7,06 = 61,76 \text{ V}$$

$$\frac{820 \text{ V}}{61,76 \text{ V/módulo}} = 13,27 \text{ módulos}$$

Este valor lo ajustamos a 13 módulos para no pasarnos de los 820 V de tensión.

Sin embargo, existe en el inversor otro límite superior en la tensión, que corresponde a la tensión máxima a circuito abierto, que en el inversor que nos ocupa es de 920V.

De este modo, se hace necesario calcular la tensión a circuito abierto a la temperatura de -15 °C.

$$\Delta V = \Delta T \times \beta = (-15 - 25)^{\circ}\text{C} \times \left(-176,6 \frac{\text{mV}}{\circ\text{C}}\right) = 7,06\text{V/módulo}$$

$$V_{\text{OC}} = V_{\text{OC}}(25^{\circ}\text{C}) + \Delta V = 64,8 + 7,06 = 71,86 \text{ V}$$

$$\frac{920 \text{ V}}{71,86 \text{ V/módulo}} = 12,8 \text{ módulos}$$

De este modo, el máximo número de módulos en serie que se deben colocar son 13 para el límite superior y 9 para el límite inferior.

CÁLCULOS

1.2. Determinación del número de módulos en paralelo

La intensidad de corriente en el panel aumenta 3,5 mA por cada grado de aumento en la temperatura.

Así, en el límite superior de 70 °C, la intensidad será de:

$$\Delta I = \Delta T \times \alpha = (70 - 25)^\circ\text{C} \times \left(3,5 \frac{\text{mA}}{^\circ\text{C}}\right) = 0,14 \text{ A/módulo}$$

$$I_{\text{Mpp}} = I_{\text{Mpp}}(25^\circ\text{C}) + \Delta V = 5,86 \text{ A} + 0,14 \text{ A} = 6 \text{ A}$$

$$\frac{800 \text{ A}}{6 \text{ A/módulo}} = 133,3 \text{ módulos}$$

El máximo número de paneles que se podrán colocar en paralelo serán 133.

El número mínimo de paneles a conectar en paralelo, puede determinarse teniendo en cuenta que para el inversor seleccionado de 300 kW de potencia nominal, la instalación debe contar con una potencia mínima de 283 kW. Se decidieran conectar grupos de 10 paneles en serie.

$$P_{\text{paneles en serie}} = 10 \times 54,7\text{V} \times 5,86\text{A} = 3205,42 \text{ W}$$

$$P_{\text{paneles en paralelo}} = \frac{283 \text{ Kw}}{3205,42 \text{ W}} = 88,28 \text{ ramas en paralelo}$$

El mínimo número de paneles que se podrán colocar en paralelo serán 89.

1.3. Elección de los parámetros

De los cálculos anteriores hemos obtenido que el número de módulos solares que se pueden conectar en serie será de 9 como mínimo y 13 como máximo.

De la conexión de los módulos en paralelo hemos obtenido que podemos conectar hasta 89 módulos como mínimo y 133 como máximo.

A continuación, se analizara como van a ir montados los módulos en la estructura del seguidor solar, para colocar las menos estructuras de seguidores posibles y de esta forma abaratar la instalación.

CÁLCULOS

Datos del seguidor:

El seguidor elegido es el MS-2E TRACKER

- La superficie máxima de la parrilla: 92 m².
- Potencia fotovoltaica máxima: 13,16 Kwp

La superficie total del módulo SUNPOWER E19-320 es de 1,63 m².

- Número de módulos por Ramal: 10 paneles conectados en serie.

- Número de ramales conectados en paralelo: 100 ramales

Se decide colocar 4 ramales conectados en paralelo en cada seguidor solar, por lo que harán un total de 40 módulos por seguidor.

La superficie que necesitamos para el seguidor es:

$$\text{Superficie necesaria} = \text{Sup (módulo)} \cdot N$$

$$\text{Superficie necesaria} = 1,63 \cdot 40 = 65,2 \text{m}^2$$

Donde:

Sup (modulo) → Superficie del módulo solar fotovoltaico [m²]

N → Número de módulos a colocar por seguidor

La superficie necesaria es de 65,2m², por lo el seguidor escogido nos permite la instalación.

De esta forma el campo estará formado por un total de 25 estructuras con seguidor solar, en cada seguidor se colocaran 4 ramales conectados en paralelo, lo que hacen un total de módulos en la planta de:

$$\text{Total de módulos} = 4 \cdot 10 \cdot 25 = 1000 \text{ módulos}$$

La potencia pico final de la instalación será la siguiente:

$$P_{pico} = 10 \cdot 54,7 \text{ V} \cdot 100 \cdot 5,86 \text{ A} = 320.542 \text{ Wp}$$

La potencia pico obtenida entra dentro de los valores máximo y mínimo del inversor (283-325Kw) así que los parámetros calculados son correctos.

CÁLCULOS

Resumen de la instalación:

Número de módulos en serie	10
Número de módulos en paralelo	100
Número de módulos totales	1000
Potencia máxima teórica	320,542Kw
Potencia máxima del inversor	325Kw
Potencia del inversor	300 Kw
Conexión a red	Trifásica

Tabla 5. Datos del inversor

1.4. Cálculo distancia entre las estructuras de los paneles para evitar sombras

Para asegurarnos un buen rendimiento en todos los paneles es necesario calcular la distancia entre ellos para evitar las posibles sombras que se producen y así obtener una buena producción de cada uno de los paneles.

Para el cálculo es necesario determinar la latitud de la localización de la planta y saber que el día con la mayor sombra en todo el año es el 21 de diciembre.

Con los siguientes datos se puede proceder, a partir de unas ecuaciones, al cálculo de la declinación y con ello sabremos donde se proyectaran las sombras y donde deberemos montar los seguidores para que estas no afecten al rendimiento de los paneles.

N = día del año (1...365, tomando 1 para el primer día de enero)

Latitud = $41,59^\circ$

$N=355 \rightarrow$ 21 de diciembre

$\delta \rightarrow$ declinación (grados)

$$\delta = 23,45 \times \sin\left(360 \times \frac{N + 284}{365}\right)$$

$$\delta = 23,45 \times \sin\left(360 \times \frac{355 + 284}{365}\right) = -23,45^\circ$$

$$\alpha = 90 - (41,59 - (-23,45)) = 24,96 \text{ m}$$

CÁLCULOS

Con los datos obtenidos tenemos la inclinación del sol que va perpendicular al panel solar y a partir de aquí podemos averiguar el ángulo que forman el panel con el suelo, con lo que concluimos que nos quedara una cosa similar al esquema siguiente.

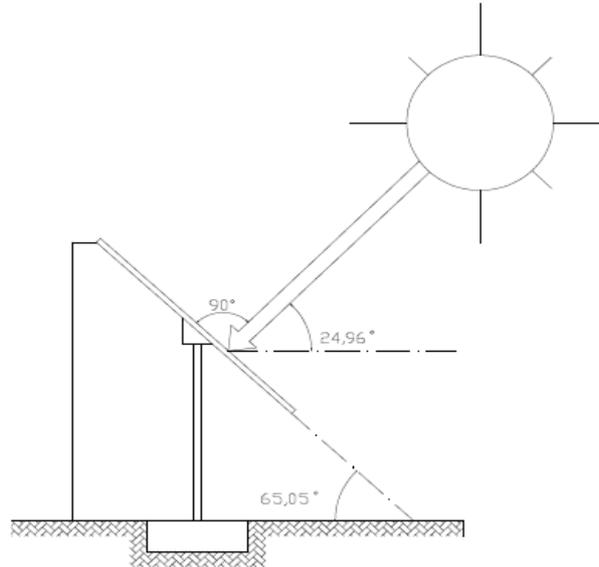


Figura 24. Angulo de incidencia

Características técnicas del seguidor

- Inclinación motorizada de 0° a 60° .
- Altura del seguidor a 60° : 6700mm (desde el suelo a los módulos superiores).

Escogeremos este ángulo y esta altura para calcular la distancia entre una estructura y otra.

Mediante una sencilla relación trigonométrica podemos obtener la distancia de la base del triángulo que forma el panel con el suelo por lo que como el sol incide de forma perpendicular al panel, esa distancia será igual para el triángulo que formara la sombra.

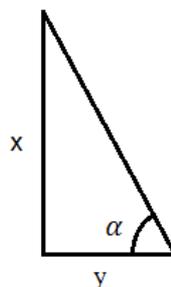


Figura 25

CÁLCULOS

Con esta sencilla formula obtenemos el valor de y:

$$\text{Tang } \alpha = \frac{x}{y} = \frac{6,7\text{m}}{y}$$

Si $\alpha = 60^\circ$, entonces el valor $y=3,86\text{m}$

La distancia de la base del triangulo es 3,86m, por lo que doblamos esta distancia para determinar la distancia entre seguidores y le añadiremos un poco más ya que disponemos de terreno suficiente y podemos dejar un margen por si acaso.

La separación entre poste y poste de la estructura será de 10 m que debería ser suficiente para evitar problemas ocasionados por las sombras.

A continuación se muestra como quedarían colocados los paneles mediante un dibujo.

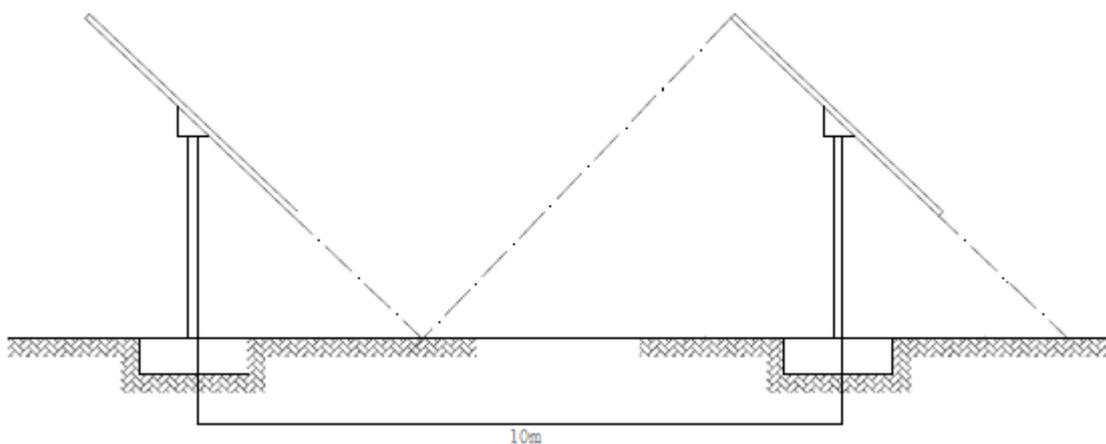


Figura 26.Separacion de los seguidores

1.5. Elección de la estructura soporte

La estructura elegida para la instalación es un seguidor solar de dos ejes modelo MS-2E TRACKER de la empresa MecaSolar.

Se ha elegido este tipo de seguidor ya que ofrece mayor rendimiento a la instalación al seguir la trayectoria acimutal del sol y variar la inclinación de la parrilla en función de la elevación solar, a lo largo del año.

CÁLCULOS

Este tipo de seguidores utilizan un sistema de seguimiento en lazo cerrado. Consta de un sensor óptico que percibe la posición del sol y proporciona información al control de la radiación total y del diferencial entre los lados opuestos del sensor, para garantizar el mejor seguimiento. El circuito de control ajusta automáticamente la sensibilidad del seguimiento y envía una señal a los dos motores, que mueven la parrilla a través de dos ejes hasta encontrar constantemente la posición óptima de captación. Este tipo de estructura aumenta el rendimiento energético entre el 28 y 30 %.

1.5.1. Cálculo de la estructura soporte

Es de vital importancia para la instalación realizar un correcto anclaje de las estructuras soporte. Además, según se detalla en el Pliego de Condiciones Técnicas IDAE, la estructura soporte de cualquier instalación debe respetar una serie de normas y ser capaz de soportar las sobrecargas de viento y nieve que pueden darse en la zona donde se ubica la instalación.

1.5.1.1. Sobrecargas de viento.

- La estructura escogida posee una superficie de 92 m².
- Cada módulo tiene una superficie de 1,63 m².

Por lo que en cada estructura se colocaran la asociación de 10 módulos en serie y 4 filas en paralelo, y la suma total de la superficie será de 65,2m².

Para el cálculo de esta sobrecarga se parte de los siguientes parámetros de partida:

Fuerza y velocidad del viento: el viento, está originado por masas de aire en movimiento. Dicho aire, se considera como una mezcla de gases, que en condiciones normalizadas, tiene entre otras, las siguientes características según la norma UNE-100.000/95.

- Presión atmosférica: 101.325 Pa
- T^a seca: 20 ° C
- T^a húmeda: 13,8 ° C
- Densidad: 1,199 Kga.s. / m³.
- Humedad específica: 7,295 g de agua/Kga.s
- Volumen específico: 0,84 m³/Kga.s
- Viscosidad dinámica: 18,189 μPa s

Velocidad (Km/h)	100	140	200
Fuerza del Viento (Kg/m²)	50	100	200

Tabla 6.Relacion Viento-fuerza (IDAE)

CÁLCULOS

Se tomará para estos cálculos un viento máximo de 140 km/h, correspondiente a un viento de clase 12, clasificado como huracán, para asegurar, con creces, la resistencia de la instalación debido a la rara existencia de este tipo de fenómenos en la región.

La estructura MS-2E TRACKER de dos ejes escogida de la empresa de la MecaSolar, está diseñada para soportar vientos de hasta 140 km/h, cumpliendo con las normativas existentes.

1.5.1.2. Sobrecargas de nieve

Es el peso de la nieve, que en las condiciones climatológicas más desfavorables, puede acumularse sobre ella.

El peso específico aparente de la nieve acumulada es muy variable, según las circunstancias, pudiendo servir de orientación los siguientes valores:

- Nieve recién caída 120 kg/m³
- Nieve prensada o empapada 200 kg/m³
- Nieve mezclada con granizo 400 kg/m³

En el caso proyectado, se tiene una superficie inclinada, por lo que la sobrecarga de nieve formará un ángulo sobre la horizontal, y de manera que no ofrezca impedimento al deslizamiento de nieve tendrá por metro cuadrado de proyección horizontal un valor de:

$$\alpha=60^\circ \rightarrow p \cos\alpha$$

$$\alpha>60^\circ \rightarrow \text{cero}$$

siendo p el valor de la sobrecarga sobre la superficie horizontal.

Cuando la superficie de cubierta tenga resaltos u otros obstáculos que impidan el deslizamiento natural de la nieve, se tomará, cualquiera que sea el ángulo α , sobrecarga por metro cuadrado de proyección horizontal de valor p. En el presente caso, por tener un ángulo que no está contenido en los rangos anteriores, se supondrá una sobrecarga horizontal.

En este caso, se supone que la sobrecarga está uniformemente repartida, y su valor en cada localidad puede fijarse con los datos estadísticos locales cuando existan con garantía suficiente. Cuando no existan datos estadísticos, el valor de la sobrecarga, en función de la altitud topográfica de la localidad, será el dado por la Tabla del Pliego de Condiciones Técnicas IDAE. Aún para las localidades en que no nieva se debe adoptar una sobrecarga de cubierta no menor de 40 kg/m².

El municipio de Ablitas (Navarra) se encuentra a una altitud de 386 m y para esta altitud se tiene en la tabla una sobrecarga de 50 Kg/ m².

CÁLCULOS

Altitud topográfica (m)	Sobrecarga de nieve Kg/ m ²
0 a 200	40
201 a 400	50
401 a 600	60
601 a 800	80
801 a 1000	100
1001 a 1200	120
>1200	h:10

Tabla 7.Relacion Altitud-Sobrecarga (IDAE)

1.6. Centro de transformación

El transformador, como ya se comento en la memoria ira alojado en la estación INGECOM SUNPOWERSTATION SHE 20, en la que va alojado el inversor, por lo que no será necesario dimensionar un centro de transformación, ya que esta estación dispone de un transformador y cumple con todas las normativas y exigencias impuestas por la empresa suministradora, que en este caso es Iberdrola.

En este caso, el instalador se hará cargo de la construcción y montaje, siendo el CT propiedad del titular del contrato de la instalación, pero la compañía eléctrica Iberdrola exige una serie de condiciones a la hora de conectarse a red.

El transformador, que es el encargado de pasar la tensión que sale del inversor a la tensión nominal de la red, en este caso, 24 kV.

La compañía Iberdrola nos da a elegir dos modelos, uno de 400KVA y el de 630KV.

El transformador escogido será trifásico, en baño de aceite mineral dieléctrico, refrigeración natural por aire y con una potencia nominal de 630 KVA.

La suma de potencias conectadas a este centro no podrá superar la mitad de la capacidad de transformación, según el RD 1663/2000 articulo 9.

Como nuestra instalación tiene una potencia nominal de 300Kw, debemos escoger el de 630KVA, ya que al 50% de su capacidad de transformación, daría 315KVA, mientras que el de 400 daría 200KVA.

CÁLCULOS

1.7. Cálculo de la puesta a tierra

Este valor será tal que ninguna masa pueda alcanzar una tensión de contacto de un valor superior a 24 V.

Cada circuito llevará una protección con interruptor diferencial de 300mA de sensibilidad, por lo que la resistencia más desfavorable no podrá ser superior al valor dado por:

$$R_{\text{desfavorable}} = \frac{24}{0,3} = 80\Omega$$

La red de tierras se realizará mediante picas de cobre de 2 m de longitud. El número de picas a utilizar vendrá condicionado por la naturaleza conductora del terreno con el fin de garantizar que $R_{\text{puesta a tierra}} < 80\Omega$.

En el caso de picas:

$$R_{\text{desfavorable}} = \frac{\rho}{L}$$

Teniendo en cuenta que el suelo sobre el que se realizará la puesta a tierra de acuerdo al apartado 9 de la ITC-BT-18 del RBT para un terreno compuesto por Gravas, arenas y limos se ha escogido una resistencia, $\rho = 150 \Omega\text{m}$, por lo que la resistencia de una pica es:

$$R_{\text{desfavorable}} = \frac{150}{2} = 75\Omega$$

Por lo que por cada generador fotovoltaico será necesario como mínimo un número de picas igual a:

$$R_{\text{puesta a tierra}} \geq \frac{75}{80} = 0,93 \approx 1\text{pica}$$

Se instalará una pica por cada soporte de los módulos fotovoltaicos. Además de la colocación de estas picas se realizará una unión de los diferentes puntos de puesta a tierra mediante cable desnudo de cobre de 35 mm² de sección directamente enterrado.

Para garantizar una tierra unificada de la instalación y unos valores mínimos de la resistencia se unificará la tierra de todas las instalaciones que conforman la planta solar fotovoltaica.

Aún así, el número de picas necesario se podrá determinar con exactitud y aumentar o disminuir en función de la medida real de la resistencia de puesta a tierra en el lugar de la instalación.

CÁLCULOS

1.8. Cálculo del cableado

La determinación reglamentaria de la sección de un cable consiste en calcular la sección mínima normalizada que satisfaga simultáneamente las tres condiciones siguientes:

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

1.8.1. Criterio de la caída de tensión

A continuación se va a determinar la sección de cable de la derivación individual en función de la caída de tensión. Esta caída debe de ser inferior a los límites marcados por el Reglamento de cada parte de la instalación, con el fin de garantizar el correcto funcionamiento del inversor alimentado por el cable.

En la planificación de instalaciones de suministro eléctrico se debe tener en cuenta las caídas de tensión producidas en los conductores debido a la resistencia de los mismos. Para ello, las secciones de estos conductores deben calcularse en función de la potencia de la línea.

Es muy importante minimizar todo lo posible la longitud del cable a utilizar, procurando para ello que las distancias entre los paneles y el inversor sean lo menores posible.

La sección de los cables se debe elegir de forma que las máximas caídas de tensión entre el origen y el fin del recorrido estén por debajo de los siguientes límites:

- Caída de tensión de los conductores en la parte de CC inferior del 1,5%.
- Caída de tensión de los conductores en la parte de CA inferior del 2%.

El cable escogido para la instalación, por sus propiedades y variedad de secciones será el **POWERFLEX RV-K**, con aislamiento de dieléctrico seco, tipo RV-K, y con las siguientes características:

- Conductor: Cobre
- Secciones: 1.5-400 m²
- Tensión asignada: 0.6/1KV – 12/20KV
- Aislamiento Polietileno reticulado (XLPE)
- Cubierta Policloruro de vinilo (PVC)

Las líneas de corriente continua serán de dos conductores (fase y neutro). Las líneas de corriente alterna serán de cuatro conductores, tres de fase y uno neutro.

CÁLCULOS

1.8.1.1. Fórmulas para el cálculo de la sección de los conductores:

Formulas en Corriente Continua

La caída de tensión ΔV es, por definición, la diferencia aritmética entre la tensión de alimentación V_A y la tensión en bornes de la carga V_B :

$$\Delta V \leq V_A - V_B = 1,5\%$$

La caída de tensión máxima será de 1.5% para los circuitos de continua y del 2% para los circuitos de alterna, según se recoge en el pliego de condiciones técnicas de IDEA.

La caída de tensión se expresa en tanto por ciento de la tensión en bornes de la carga:

$$v = \frac{\Delta V}{V_B} \times 100$$

v = caída de tensión en la línea en %

ΔV = caída de tensión (V)

V_B = tensión en bornes de la carga (V)

El cálculo de la sección de la línea puede obtenerse a partir de la caída de tensión de la línea:

$$\Delta V = R_L \times I = \rho \times \frac{2 \cdot L}{S} \times I$$

$$S \geq \rho \times \frac{2 \cdot L}{\Delta V} \times I$$

S = sección del conductor de línea (mm²)

ρ = resistividad del conductor ($\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$) → Cobre: $0,0175 \Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$

L = longitud de la línea (m)

I = intensidad (A)

ΔV = caída de tensión de la línea (V)

CÁLCULOS

Formulas en Corriente Alterna

La caída de tensión de la línea entre fases es $\sqrt{3}$ veces la caída de tensión por fase:

$$\Delta V = \sqrt{3} \times R_L \times I \times \cos \sigma$$

ΔV = caída de tensión compuesta (V)

R_L = resistencia de una fase de línea (Ω)

I = corriente eficaz que recorre cada conductor (A)

$\cos \sigma$ = Factor de potencia. Consideramos $\cos \sigma = 0.9$

La sección del conductor se obtiene a partir de la resistencia del conductor:

$$R_L = \frac{\rho \cdot L}{S}$$

Sustituyéndola en la expresión anterior, nos dará el valor de la sección:

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot \rho \cdot I \cdot L \cdot \cos \sigma}{\Delta V} = \frac{\rho \cdot L \cdot P_a}{\Delta V \cdot V_B}$$

1.8.1.2. Distancias de las líneas

A continuación se recoge en una tabla las distancias entre los elementos para poder calcular la caída de tensión.

LÍNEAS	LONGITUD(m)
Cableado de los módulos	3
Ramal a Caja de conexiones	60
Caja de conexiones a Caja de Concentración	5
Caja de Concentración a Inversor	5
Transformador a Acometida	50

Tabla 8. Longitud de los cables

Si la sección calculada no está normalizada, se elegirá siempre la sección inmediatamente superior que figure en la tabla de secciones comerciales.

CÁLCULOS

Una vez determinada la sección comercial del conductor, se comprobará que la intensidad que va a circular por el mismo es igual o inferior a la determinada por cálculo de la densidad de corriente y, la indicada los datos que nos ofrece el fabricante del cable PowerFlex RV-K. En el caso de que la corriente sea superior, se incrementará la sección del conductor hasta el valor que cumpla con las exigencias sobre capacidad térmica.

En base al reglamento electrotécnico de baja tensión, se multiplica por una serie de coeficientes la sección obtenida del cálculo para considerar la exposición al sol, la posibilidad de meter en un tubo varios cables y el incremento de temperatura.

1.8.1.3. Sección de los conductores

1.8.1.3.1. Cableado del ramal (10 módulos en serie)

Se estimara la sección del conductor mediante una limitación de caída de tensión de 1.5%:

$$S \geq \rho \times \frac{2 \cdot L}{\Delta V} \times I = \frac{2 \cdot 0,0175 \cdot 3 \cdot 6,24}{0,015 \cdot 54,7} = 0,80 \text{mm}^2$$

Normalizamos la sección obtenida mediante el cálculo anterior a la sección superior más próxima y en este caso según los datos del cable PowerFlex RV-K, escogemos la sección de 4 mm².

La corriente máxima admisible para esta sección es de 40 A, que es más que suficiente, ya que la corriente de cada módulo es de 6,24A. El trazado se realizará sobre tubos al aire.

Por lo tanto el conductor elegido será:

RV-K 0.6/1KV 2x4 mm² (Cu)

1.8.1.3.2. Cableado del ramal a la caja de conexiones

Se estimara la sección del conductor mediante una limitación de caída de tensión de 1.5%:

$$S \geq \rho \times \frac{2 \cdot L}{\Delta V} \times I = \frac{2 \cdot 0,0175 \cdot 60 \cdot 6,24}{0,015 \cdot 54,7} = 1,60 \text{mm}^2$$

Se ha escogido una longitud de 60 metros ya que es la distancia que hay del ramal más alejado a la caja de conexiones y por lo tanto si se cumple la caída de tensión para esta distancia también lo hará para distancias inferiores.

CÁLCULOS

Normalizamos la sección obtenida mediante el cálculo anterior a la sección superior más próxima y en este caso según los datos del cable PowerFlex RV-K, escogemos la sección de 6 mm².

La corriente máxima admisible para esta sección es de 53A, que es más que suficiente, ya que la corriente de cada ramal es de 6,24A. El trazado se realizará sobre tubos al aire.

Por lo tanto el conductor elegido será:

RV-K 0.6/1KV 2x6 mm² (Cu)

1.8.1.3.3. Cableado de la caja de conexiones a la Caja de Concentración

Se estimara la sección del conductor mediante una limitación de caída de tensión de 1.5%:

$$S \geq \rho \times \frac{2 \cdot L}{\Delta V} \times I = \frac{2 \cdot 0,0175 \cdot 5 \cdot (10 \cdot 6,24)}{0,015 \cdot 547} = 1,33 \text{mm}^2$$

Normalizamos la sección obtenida mediante el cálculo anterior a la sección superior más próxima según los datos del cable PowerFlex RV-K, escogemos la sección de 16 mm².

Para una sección de 16mm², la corriente máxima admisible es de 79 A, que es más que suficiente, ya que la corriente de es de 62,4A. El trazado se hará enterrado bajo tubo.

Por lo tanto el conductor elegido será:

RV-K 0.6/1KV 2x16mm² (Cu)

1.8.1.3.4. Cableado de la caja de concentración al inversor

Se estimara la sección del conductor mediante una limitación de caída de tensión de 1.5%:

$$S \geq \rho \times \frac{2 \cdot L}{\Delta V} \times I = \frac{2 \cdot 0,0175 \cdot 5 \cdot (50 \cdot 6,24)}{0,015 \cdot 547} = 6,65 \text{mm}^2$$

Normalizamos la sección obtenida mediante el cálculo anterior a la sección superior más próxima según los datos del cable PowerFlex RV-K, escogemos la sección de 240 mm².

CÁLCULOS

Para una sección de 240mm², la corriente máxima admisible es de 351 A, que es más que suficiente, ya que la corriente de es de 312A. El trazado se hará enterrado bajo tubo.

Por lo tanto el conductor elegido será:

RV-K 0.6/1KV 2x240mm² (Cu)

1.8.1.3.5. Cableado del transformador a la acometida

Lo primero es calcular la intensidad que va a soportar el cable, con la siguiente expresión:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \sigma} = \frac{320000}{\sqrt{3} \cdot 24000 \cdot 0,9} = 8,55A$$

P: Potencia del centro transformador [kVA]

Up: Tensión primaria [kV]

I: Intensidad primaria [A]

Dado que la potencia máxima a transportar para esta línea es de 300 Kw y la tensión primaria de inyección a red en de 24 KV, se tiene una intensidad a transportar de 8,55 A, que es inferior a los mínimos 330 A de intensidad máxima admisible del cable que se quiere adoptar según la se muestra en la siguiente tabla sacada del RBT:

TENSIÓN NOMINAL (Kv)	SECCIÓN NOMINAL DE LOS CONDUCTORES (mm ²)	INTENSIDAD
		3 Unipolares
12/20	150	330
	240	435
	400	560
18/30	150	330
	240	435
	400	560

Tabla 9. Intensidad máxima admisible en alterna con aislamiento seco XLPE

La sección escogida para este tramo será la de 150 mm², ya que su corriente admisible de 330A.

RV-K 0.6/1KV 3x150mm² (Cu)

CÁLCULOS

Las intensidades máximas admisibles en servicio permanente dependen en cada caso de la temperatura máxima que el aislante pueda soportar sin alteraciones en sus propiedades eléctricas, mecánicas o químicas.

Esta temperatura es función del tipo de aislamiento y del régimen de carga. Para cables sometidos a ciclos de carga, las intensidades máximas admisibles serán superiores a las correspondientes en servicio permanente.

Las temperaturas máximas admisibles de los conductores, en servicio permanente y en cortocircuito, para cada tipo de aislamiento, se especifican en la tabla siguiente:

Tipo Aislamiento seco	TIPO DE CONDICIONES	
	Servicio permanente	Cortocircuito $t \leq 5s$
Polietileno reticulado(XLPE)	90	250

Tabla 10. Temperatura máxima asignada al conductor

Al igual que en la intensidad en régimen permanente, la intensidad de cortocircuito provoca un calentamiento en los conductores, y aunque la duración de la falta es corta, la temperatura alcanzada por los conductores puede ser muy elevada.

En la tabla que se muestra a continuación se indican las densidades de corriente de cortocircuito admisibles para los conductores de cobre y aislamiento de XLPE, utilizados en esta instalación.

	DURACIÓN DEL CORTOCIRCUITO EN SEGUNDOS								
	0.1	0.2	0.3	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
XLPE Y EPR	449	318	259	201	142	116	100	90	82

Tabla 11. Densidad de corriente de cortocircuito, en A/mm², para conductores de cobre.

CÁLCULOS

1.8.2. Criterio de la intensidad máxima admisible o de calentamiento.

La temperatura del conductor del cable, trabajando a plena carga y en régimen permanente, no deberá superar en ningún momento la temperatura máxima admisible asignada de los materiales que se utilizan para el aislamiento del cable. Esta temperatura se especifica en las normas particulares de los cables y es de 70° C para cables con aislamiento termoplásticos y de 90° C para cables con aislamientos termoestables.

El criterio térmico limita la intensidad máxima admisible por el cable. Por seguridad, se tomará un valor para los cálculos de un 125% de esta corriente, cumpliendo con lo indicado en la ITC-BT 40 para instalaciones generadoras. Esta corriente debe ser inferior a la máxima admisible por el cable en todo el trazado por lo que la corriente queda de acuerdo a la siguiente expresión:

$$I_{\text{Línea}} = 1,25 \times I_{\text{sc}}$$

$I_{\text{Línea}}$ = Intensidad máxima de la línea maximizada un 25%.

I_{sc} = Intensidad de cortocircuito de las series.

Aplicaremos este criterio en el tramo que va desde la Caja de Concentración hasta el inversor ya que por esta línea circula una intensidad de 312 A, por lo que el criterio más restrictivo será el térmico.

El cableado desde la caja de concentración hasta el inversor se realizará con conductores unipolares RV-K 0,6/1 KV y aislamiento de polietileno reticulado (XLPE) y cubierta de PVV. El trazado se hará enterrado bajo tubo.

La intensidad máxima asociada a este tramo de línea es de 312 A, por lo que la intensidad de cálculo para estas líneas es de:

$$I_{\text{Línea}} = 1,25 \times I_{\text{sc}} = 1,25 \times 312 = 390\text{A}$$

Para esta intensidad máxima el fabricante tiene un cable de 400 mm², que soporta una intensidad de 464 A, muy superior a la calculada.

1.8.3. Criterio de la intensidad de cortocircuito.

La temperatura que puede alcanzar el conductor del cable, como consecuencia de un cortocircuito o sobreintensidad de corta duración, no debe sobrepasar la temperatura máxima admisible de corta duración (para menos de 5 segundos) asignada a los materiales utilizados para el aislamiento del cable. Esta temperatura se especifica en las normas particulares de los cables y suele ser de 160° C para cables con aislamiento termoplásticos y de 250° C para cables con aislamientos termoestables.

CÁLCULOS

La intensidad máxima que puede circular por los conductores se obtiene de la siguiente expresión:

$$I_{cc} = \frac{K \cdot S}{\sqrt{t}}$$

k = coeficiente dependiente del tipo de conductor.

S = sección del conductor en mm².

t = duración del cortocircuito en segundos.

Este criterio, aunque es determinante en instalaciones de alta y media tensión no lo es en instalaciones de baja tensión ya que por una parte las protecciones de sobrecorriente limitan la duración del cortocircuito a tiempos muy breves, y además las impedancias de los cables hasta el punto de cortocircuito limitan la intensidad de cortocircuito por lo que no se tendrá en cuenta para el cálculo de los conductores.

1.8.3.1.1. Resumen del cableado

Los cables que se han elegido están formados por conductores flexibles de Cu, aislados con polietileno reticulado (XLPE) y cubierta de policloruro de vinilo (PVC), fabricados con la Norma UNE 21123 (IEC-502).

LÍNEAS	LONG (m)	SECCIÓN (mm ²)
Cableado de los módulos	3	RV-K 0,6/1kV 2 x 4 Cu
Ramal a Caja de Conexiones	60	RV-K 0,6/1kV 2 x 6 Cu
Caja Con. a Caja de Concentración	5	RV-K 0,6/1kV 2 x 16 Cu
Caja de Concentración a Inversor	5	RV-K 0,6/1kV 2 x 400 +1x185 Cu
Transformador a Acometida	50	RV-K 0,6/1kV 3x150+1x70 Cu

Tabla 12. Resumen cableado

R: aislamiento de XLPE (polietileno reticulado).

V: cubierta de PVC (policloruro de vinilo).

K: Conductor flexible (clase 5) para servicio fijo.

0,6/1kV: valor eficaz de la tensión.

Número de conductores x sección nominal.

CÁLCULOS

1.9. Tubos y canalizaciones

Las características de protección de la unión entre el tubo y sus accesorios no deben ser inferiores a los declarados para el sistema de tubos.

La superficie interior de los tubos no deberá presentar en ningún punto aristas, asperezas o fisuras susceptibles de dañar los conductores o cables aislados o de causar heridas a instaladores o usuarios.

Las dimensiones de los tubos no enterrados y con unión roscada utilizados en las instalaciones eléctricas son las que se prescriben en la UNE-EN 60.423. La denominación se realizará en función del diámetro exterior.

El diámetro interior mínimo deberá ser declarado por el fabricante. En lo relativo a la resistencia a los efectos del fuego considerados en la norma particular para cada tipo de tubo, se seguirá lo establecido por la aplicación de la Directiva de Productos de la Construcción (89/106/CEE).

Los tubos deberán tener un diámetro tal que permitan un fácil alojamiento y extracción de los cables o conductores aislados. En la tabla que se muestra a continuación, figuran los diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir, en cada uno de los tramos de la instalación.

LÍNEAS	SECCIÓN (mm ²)	Diámetro Tubo(mm)
Cableado de los módulos	2x4	16
Ramal a Caja de Conexiones	2 x 6	16
Caja Con. a Caja de Concentración	2 x 16	63
Caja de Concentración a Inversor	2 x 400 +1x185	400
Transformador a Acometida	3x150+1x70	150

Tabla 13.Tubos

1.10. Protecciones

1.10.1.Fusible Caja de Conexiones

Esta caja situado a pie de la estructura, en ella se juntara 10 módulos en serie.

Estará formado por un armario con las guías necesarias para colocar los fusibles (dos por cada serie, positivo y negativo).

La intensidad que circula por estos conductores es de 6,24 A y la intensidad máxima permitida para el cable escogido es de 53 A.

CÁLCULOS

Escogemos un fusible que cuya intensidad nominal se encuentre dentro de estos dos valores.

El fusible escogido será cilíndrico gPV y con las siguientes características:

- Tamaño: 10x38
- Intensidad nominal: $I_n = 32 \text{ A}$.
- Tensión: $U = 600 \text{ V}$.
- Poder de corte: 30 kA.
- Marca: DF ELECTRIC

Se instalaran un para total de 200 fusibles dado que existen 100 paralelos de series.

1.10.2.Fusible Caja de Concentración

En esta caja se juntan 5 paralelos de 50 series.

Estará formado por un armario con las guías necesarias para colocar los fusibles (dos por cada serie, positivo y negativo).

La intensidad que circula por estos conductores es de 62,4 A y la intensidad máxima permitida para el cable escogido es de 79 A.

Escogemos un fusible que cuya intensidad nominal se encuentre dentro de estos dos valores.

El fusible escogido será de cuchilla NH gPV y con las siguientes características:

- Tamaño: 10x38
- Intensidad nominal: $I_n = 80 \text{ A}$.
- Tensión: $U = 1000 \text{ V}$.
- Poder de corte: 30 kA.
- Marca: DF ELECTRIC

Se instalaran un para total de 20 fusibles dado que existen 10 paralelos de series.

CÁLCULOS

1.10.3. Cuadro de protección de alterna

La INGECOM SUNPOWERSTATION SHE 20, viene equipada con todo lo necesario para realizar una correcto y seguro conexionado de todos los elementos de protección.

En el cuadro de protección de alterna dispondrá de un interruptor magnetotermico y un interruptor diferencial, que se ajusten a las necesidades del cliente.

Interruptor Magnetotermico:

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V_L \cdot \cos \sigma} = \frac{300000w}{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot 1} = 787,29A$$

El magnetotermico escogido será el Magnetotérmicos TX3 y con las siguientes características:

- Iadm: 800A.
- Icc: 50 kA.
- Marca: Legrand

Además se dispondrá de un diferencial en caja moldeada CY tetrapolar de 300 mA de la misma intensidad nominal que su magnetotérmico asociado con las siguientes características:

- Iadm: 800 A.
- Marca: Legrand

1.10.4. Armario de la compañía

En este armario se situará el interruptor de corte manual cuya operación corresponde a la Compañía eléctrica distribuidora además del contador bidireccional de medida de la energía generada y consumida por la planta fotovoltaica.

Se instalara un interruptor magnetotérmico de corriente alterna tetrapolar.

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V_L \cdot \cos \sigma} = \frac{300000w}{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot 1} = 787,29A$$

La intensidad que circula por estos conductores es de 787,29 A y la intensidad máxima permitida para el cable escogido es de 330 A.

CÁLCULOS

Escogemos un magnetotermico cuya intensidad nominal se encuentre dentro de estos dos valores.

El magnetotermico escogido será el SACE isomax S6 y con las siguientes características:

- Iadm: 800 A.
- Icc: 50 kA.
- Marca: ABB

2. Estudio energético

A continuación se realizará el estudio energético de la instalación fotovoltaica, obteniendo la producción mensual y anual esperada. Para ello, se utilizará el software PV3 RETScreen que es un programa de Canadá, que te da la opción de introducir una serie de parámetros acerca del emplazamiento, tipo de módulos fotovoltaicos, inversor, etc., registrados en una base de datos, para obtener así los resultados de producción.

El programa nos permite seleccionar , por un lado, el emplazamiento de la instalación, para ello, el programa posee una gran base de datos en la que se incluyen valores de radiación solar, humedad, etc. Y por otro lado, nos permite definir el tipo de instalación.

Al abrir el programa nos aparece la siguiente tabla que deberemos rellenar para definir nuestra instalación:

Información del proyecto		Ver la base de datos del proyecto
Nombre del Proyecto	<input type="text"/>	
Ubicación del Proyecto	<input type="text"/>	
Preparado para	<input type="text"/>	
Preparado por	<input type="text"/>	
Tipo de proyecto	Generación de electricidad	
Tecnología	Fotovoltaico	
Tipo de red	Red-Central	
Tipo de análisis	Método 2	
Poder calorífico de referencia	Poder Calorífico Superior (PCS)	
Mostrar parámetros	<input checked="" type="checkbox"/>	
Idioma	Spanish - Español	
Manual de usuario	English - Anglais	
Moneda	Euro	
Unidades	Unidades métricas	

Tabla 14.Datos instalación

CÁLCULOS

Como se puede apreciar, en esta tabla el usuario escoge el tipo de instalación, y va definiendo los parámetros a su gusto. En nuestro caso se trata de una instalación fotovoltaica conectada a red.

El programa consta de dos métodos de cálculo para solventar el problema de la orientación de los módulos, el Método 1 se utilizará para instalaciones que no dispongan de la tecnología de los seguidores solares, y el Método 2 para aquellas instalaciones que si la tengan. En nuestro caso emplearemos el método 2.

A continuación se escoge el emplazamiento del lugar, en nuestro caso el emplazamiento escogido será Pamplona, ya que la base de datos no reconoce los municipios de Navarra.

Condiciones de referencia del sitio [Seleccionar ubicación de datos meteorológicos](#)

Ubicación de datos meteorológicos

Mostrar datos

Tabla 15.Ubicación

Según la base de datos del problema, para el emplazamiento seleccionado tenemos los siguientes datos climatológicos:

	Ubicación de datos meteorológicos		Ubicación del Proyecto	
	Unidad	meteorológicos	del Proyecto	
Latitud	'N	42,8	42,8	
Longitud	'E	-1,7	-1,7	
Elevación	m	554	554	
Temperatura de diseño de la calefacción	°C	-2,2		
Temperatura de diseño del aire acondicion	°C	27,7		
Amplitud de la temperatura del suelo	°C	20,2		

Mes	Temperatura del aire °C	Humedad relativa %	Radiación solar diaria - horizontal kWh/m²/d	Presión atmosférica kPa	Velocidad del Viento m/s	Temperatura del suelo °C	Días-grado de calentamiento °C-d	Días-grado de enfriamiento °C-d
Enero	3,7	79,1%	1,67	95,0	4,0	3,3	443	0
Febrero	4,9	73,1%	2,56	95,0	4,1	5,0	367	0
Marzo	8,1	61,8%	3,82	94,8	4,0	9,1	307	0
Abril	10,6	57,7%	4,45	94,4	3,9	12,4	223	17
Mayo	15,4	51,2%	5,38	94,6	3,3	18,2	80	168
Junio	19,8	46,4%	6,21	94,8	3,1	23,6	0	295
Julio	22,3	46,0%	6,30	94,8	3,3	26,2	0	380
Agosto	22,1	48,3%	5,58	94,8	3,1	25,5	0	376
Setiembre	18,7	51,8%	4,32	94,8	3,0	21,0	0	260
Octubre	14,1	60,8%	2,78	94,8	3,4	15,0	122	126
Noviembre	8,1	73,2%	1,82	94,7	3,7	8,1	296	0
Diciembre	4,9	79,3%	1,45	94,9	3,9	4,5	405	0
Anual	12,8	60,7%	3,87	94,8	3,6	14,4	2.243	1.622
Medido a	m				10,0	0,0		

Tabla 16.Datos climatológicos

A continuación para obtener los datos energéticos de la instalación, se deberán definir una serie de parámetros relacionados con el inversor y los módulos fotovoltaicos elegidos para esta instalación.

Para el módulo fotovoltaico se pide, el tipo de células de las que dispone, la capacidad de generación eléctrica del conjunto de módulos, el fabricante, modelo y eficiencia, además de la temperatura normal de operación

CÁLCULOS

de las celdas, coeficiente de temperatura y área total, así como un factor de pérdidas, que serán el conjunto de pérdidas óhmicas en el cableado de la instalación, las pérdidas de polvo y suciedad, y las pérdidas ocasionadas por la posibilidad de sombras en los módulos.

Según el Pliego de Condiciones Técnicas del IDAE, las pérdidas en el cableado de corriente alterna de la instalación serán como máximo del 2% mientras que en el cableado de corriente continua no deberán ser superiores al 1,5%, para realizar el estudio energético se utilizará el 2% al ser la peor condición admisible.

Las pérdidas por suciedad o degradación de los módulos fotovoltaicos tienen su origen en la disminución de la potencia recibida en el generador fotovoltaico debido a la deposición de polvo en la superficie de este. Para este caso, estas pérdidas serán como máximo del 3%.

Para el inversor se pide la eficiencia, la capacidad o potencia nominal, y un factor de pérdidas arias en el acondicionamiento de potencia.

Los parámetros mencionados se introducen en el PV3 RETScreen a través de esta otra tabla:

Fotovoltaico		
Tipo		mono-Si
Capacidad de generación eléctrica	kW	320,00
Fabricante		Sunpower
Modelo		mono-Si - SPR-320E-WHT
Eficiencia	%	19,6%
Temperatura normal de operación de las celdas	°C	45
Coefficiente de temperatura	% / °C	0,40%
Área del colector solar	m ²	1,631
Pérdidas varias	%	5,0%
Inversor		
Eficiencia	%	96,1%
Capacidad	kW	300,0
Pérdidas varias	%	1,0%
Resumen		
Factor de utilización	%	20,8%
Electricidad exportada a la red	MWh	583,08

Tabla 17.Datos módulos e inversor

Tabla 18.Eleccion Fabricante y modelo del módulo

CÁLCULOS

Tras haber rellenado esta serie de parámetros acerca de los módulos e inversor, obtenemos la siguiente tabla:

Tipo de análisis Método 1 Método 2

Evaluación de recursos
 Modo de rastreo solar Biaxial

Mostrar datos

Mes	Radiación solar diaria - horizontal kWh/m ² /d	Radiación solar diaria - inclinado kWh/m ² /d	Tarifa de exportación de electricidad €/MWh	Electricidad exportada a la red MWh
Enero	1,67	3,64	0,4	32,97
Febrero	2,56	4,61	0,4	37,42
Marzo	3,82	5,95	0,4	52,69
Abril	4,45	6,01	0,4	51,12
Mayo	5,38	6,82	0,4	58,69
Junio	6,21	8,28	0,4	67,35
Julio	6,30	8,17	0,4	67,82
Agosto	5,58	7,73	0,4	64,18
Setiembre	4,32	6,34	0,4	51,78
Octubre	2,78	4,58	0,4	39,70
Noviembre	1,82	3,69	0,4	31,80
Diciembre	1,45	3,06	0,4	27,65
Anual	3,87	5,74	0,40	583,08

Radiación solar anual - horizontal	MWh/m ²	1,41
Radiación solar anual - inclinado	MWh/m ²	2,10

Tabla 19.Datos energéticos de la instalación

Gracias a este programa se conoce de forma aproximada los datos energéticos de la instalación, conociendo la energía captada por los módulos fotovoltaicos teniendo en cuenta las características mencionadas anteriormente.

Según la tabla anterior, la radiación solar anual es de 1,41 MWh/m², y la electricidad exportada a la red anualmente teniendo en cuenta los factores de pérdidas es de 583,08MWh.

CÁLCULOS

3. Análisis de la rentabilidad

Una vez que hemos obtenido la producción anual que inyecta el sistema solar fotovoltaico a la red, se realiza el estudio económico. Con los datos de partida que se resumen en la siguiente tabla, se hace la estimación del dinero que se obtiene cada año con la producción.

DATOS	VALOR
Inversión	1.331.559,51 €
Energía inyectada anual KWh	583080 Kw
Tarifa venta de energía €/ KWh	0,4632
Inflación %	2,31%
Mantenimiento	6.000 €
Disminución del rendimiento anual	0,80 %

Año	Costes	Producción	Ingresos	Cash(C)
0	0,00€	0,00	0,00€	-1331559,51€
1	6000,00€	583080,00	270082,66€	264082,66€
2	6138,60€	578415,36	267921,99€	261783,39€
3	6280,40€	573788,04	265778,62€	259498,22€
4	6425,48€	569197,73	263652,39€	257226,91€
5	6573,91€	564644,15	261543,17€	254969,26€
6	6725,76€	560127,00	259450,83€	252725,06€
7	6881,13€	555645,98	257375,22€	250494,09€
8	7040,08€	551200,81	255316,22€	248276,13€
9	7202,71€	546791,21	253273,69€	246070,98€
10	7369,09€	542416,88	251247,50€	243878,41€
11	7539,32€	538077,54	249237,52€	241698,20€
12	7713,48€	533772,92	247243,62€	239530,14€
13	7891,66€	529502,74	245265,67€	237374,01€
14	8073,96€	525266,72	243303,54€	235229,59€
15	8260,46€	521064,58	241357,12€	233096,65€
16	8451,28€	516896,07	239426,26€	230974,98€
17	8646,51€	512760,90	237510,85€	228864,34€
18	8846,24€	508658,81	235610,76€	226764,52€
19	9050,59€	504589,54	233725,88€	224675,29€
20	9259,66€	500552,82	231856,07€	222596,41€
21	9473,55€	496548,40	230001,22€	220527,67€
22	9692,39€	492576,01	228161,21€	218468,82€
23	9916,29€	488635,41	226335,92€	216419,63€
24	10145,35€	484726,32	224525,23€	214379,88€
25	10379,71€	480848,51	222729,03€	212349,32€

CÁLCULOS

Una vez calculados los resultados para la vida útil de la instalación, se procede a estimar los parámetros que nos indican la viabilidad del proyecto.

3.1. Valor actual neto (VAN)

El valor actual neto también conocido como valor actualizado neto, cuyo acrónimo es VAN, es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión. La metodología consiste en descontar al momento actual, es decir, actualizar mediante una tasa, todos los flujos de caja futuros del proyecto. A este valor se le resta la inversión inicial, de tal modo que el valor obtenido es el valor actual neto del proyecto.

La tasa que se aplica es la tasa de descuento (r), y en este caso, ya que el proyecto tiene una vida útil de 25 años, la estimamos con el valor del bono español a 30 años del 7,25 %.

Por lo tanto:

$$VAN = -C_0 + \sum_{i=1}^{25} \frac{C_i}{(1+r)^i} = 1.462.364,41 \text{ €}$$

Este primer parámetro nos indica que el proyecto es rentable ya que es un valor positivo y elevado.

3.2. Tasa interna de retorno (TIR)

La tasa interna de retorno de una inversión, está definida como el promedio geométrico de los rendimientos futuros esperados de dicha inversión, es decir, la tasa de descuento que hace que el VAN sea cero.

$$VAN = -C_0 + \sum_{i=1}^{25} \frac{C_i}{(1+TIR)^i} = 0$$

$$TIR=19\%$$

En éste caso como se puede comprobar, la TIR tiene un valor de un 19 % que nos indica que el proyecto tiene una gran viabilidad económica.

El periodo de recuperación nos indica en qué tiempo se recupera la inversión inicial. En este caso el periodo de recuperación es de 6 años y por lo tanto es factible llevar a cabo esta instalación, ya que reportara beneficios a partir del sexto año.



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

DISEÑO PLANTA FOTOVOLTAICA DE 300 KW CON
SEGUIMIENTO SOLAR Y CONEXIÓN A RED EN
NAVARRA

3 PLANOS

Javier Martínez Arce

Martín Ibarra Murillo

Pamplona, Septiembre 2013

ÍNDICE

PLANO 1-Emplazamiento

PLANO 2-Distribucion de las cimentaciones

PLANO 3-Distribucion de los seguidores y cableado

PLANO 4-Esquema de la red de tierra

PLANO 5-Esquema Unifilar

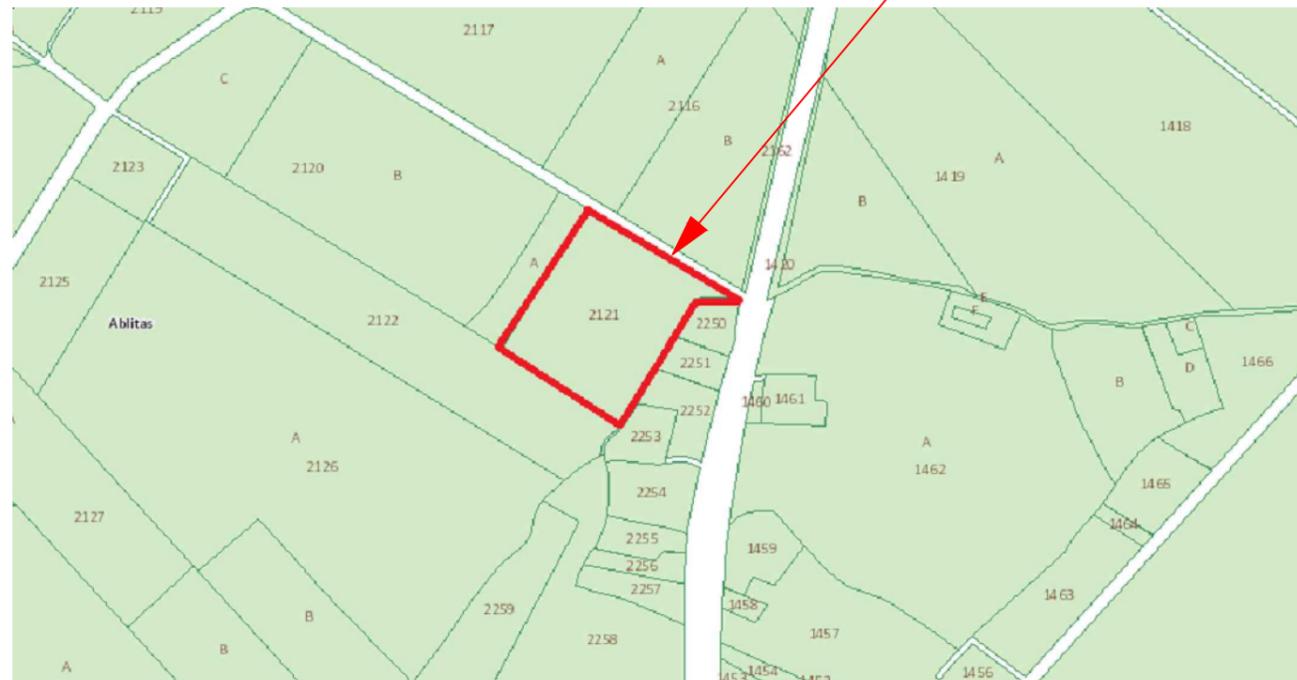
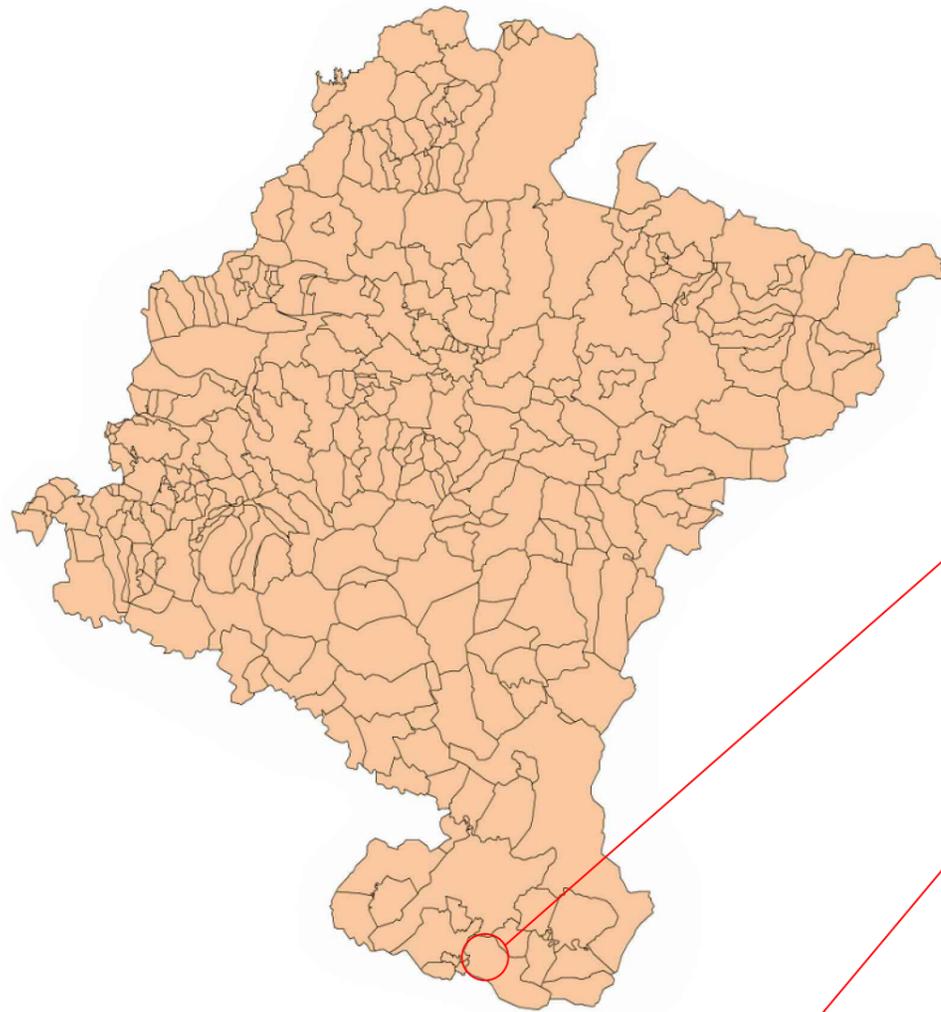
PLANO 6-Estructura del seguidor

PLANO 7-Detalle cimentación de la zapata

PLANO 8-Molde parte Circular

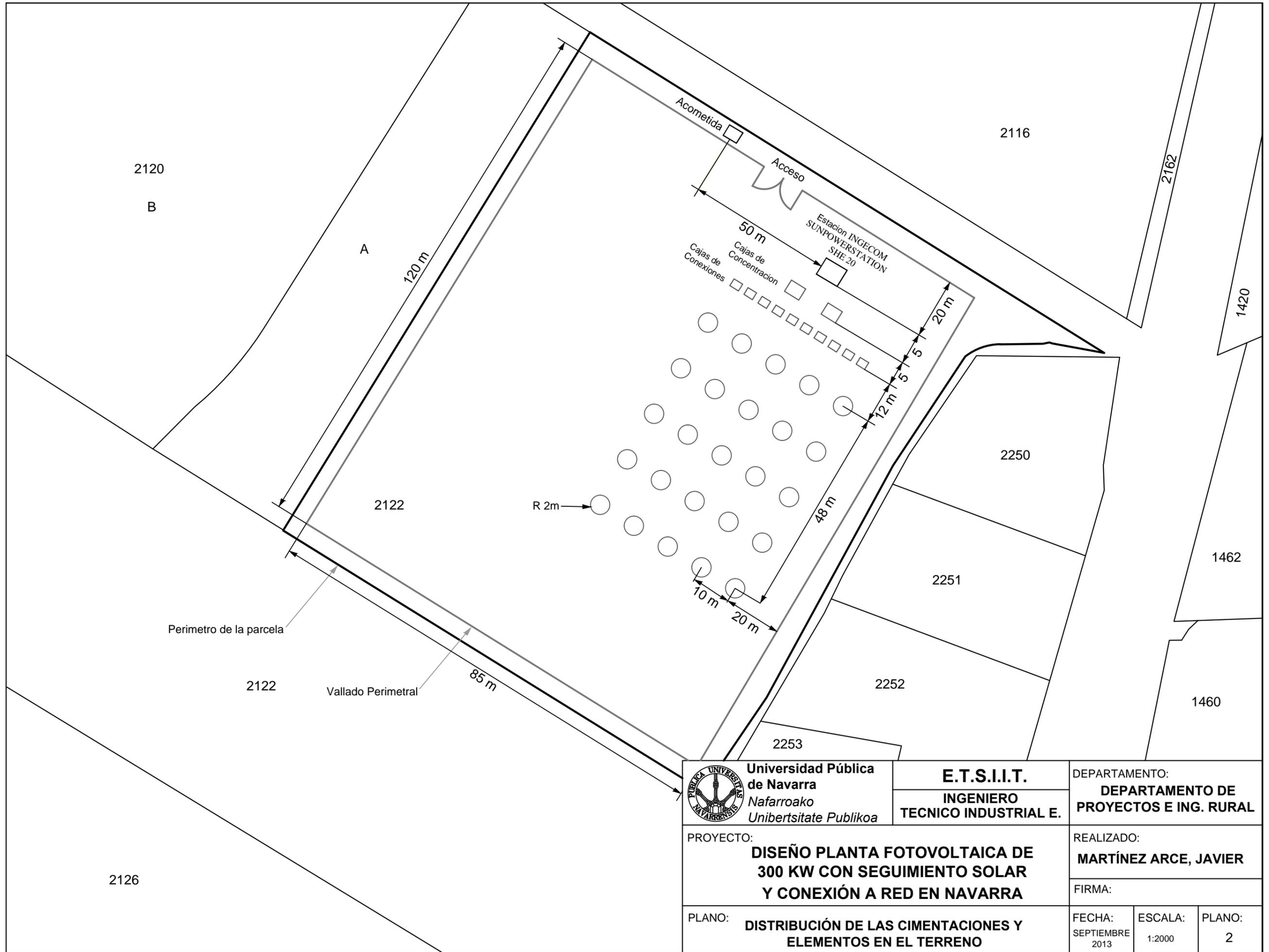
PLANO 9-Molde parte puente

PLANO 10-Molde completo para la cimentación



EMPLAZAMIENTO PLANTA FOTOVOLTAICA DE 300 KW EN ABLITAS (NAVARRA) PARCELA 2121 POLÍGONO 1

 Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</i>	E.T.S.I.I.T.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL		
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	REALIZADO: MARTÍNEZ ARCE, JAVIER		
PROYECTO: DISEÑO PLANTA FOTOVOLTAICA DE 300 KW CON SEGUIMIENTO SOLAR Y CONEXIÓN A RED EN NAVARRA		FIRMA:		
PLANO: EMPLAZAMIENTO DE LA PLANTA FOTOVOLTAICA		FECHA: SEPTIEMBRE 2013	ESCALA: VARIAS	PLANO: 1




Universidad Pública de Navarra
 Nafarroako Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.
INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.

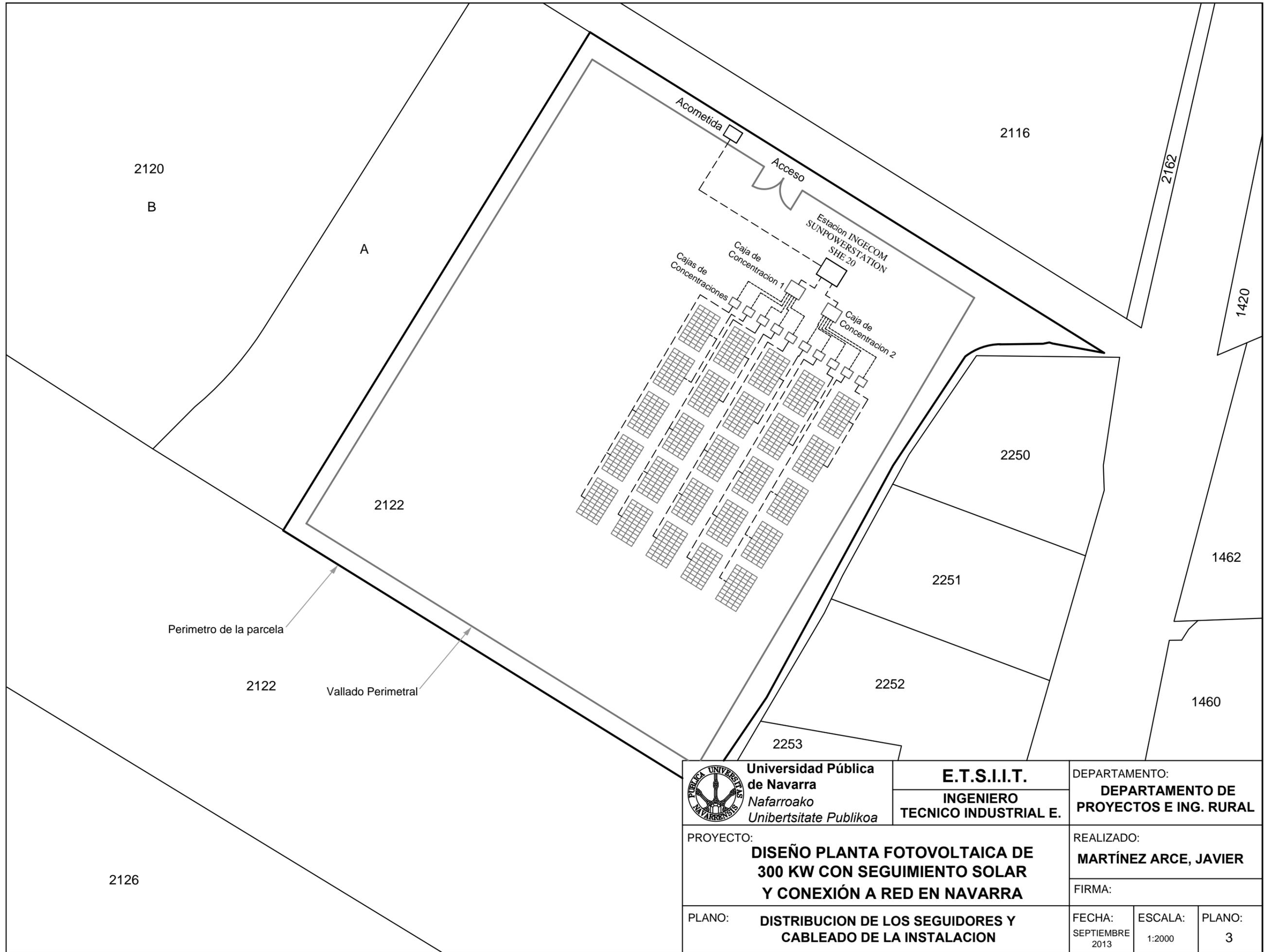
DEPARTAMENTO:
DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL

PROYECTO:
DISEÑO PLANTA FOTOVOLTAICA DE 300 KW CON SEGUIMIENTO SOLAR Y CONEXIÓN A RED EN NAVARRA

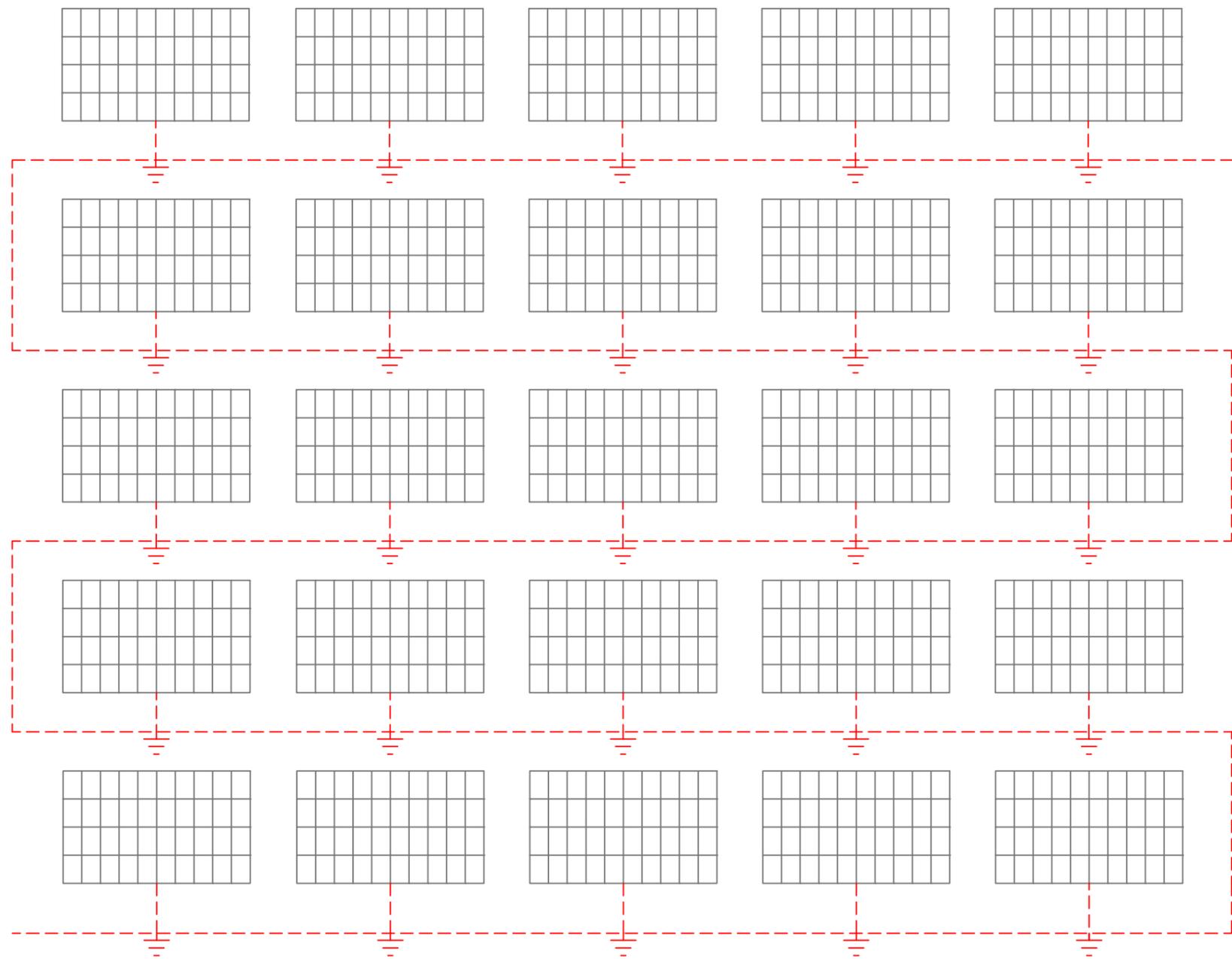
REALIZADO:
MARTÍNEZ ARCE, JAVIER
 FIRMA:

PLANO:
DISTRIBUCIÓN DE LAS CIMENTACIONES Y ELEMENTOS EN EL TERRENO

FECHA: SEPTIEMBRE 2013	ESCALA: 1:2000	PLANO: 2
---------------------------	-------------------	-------------

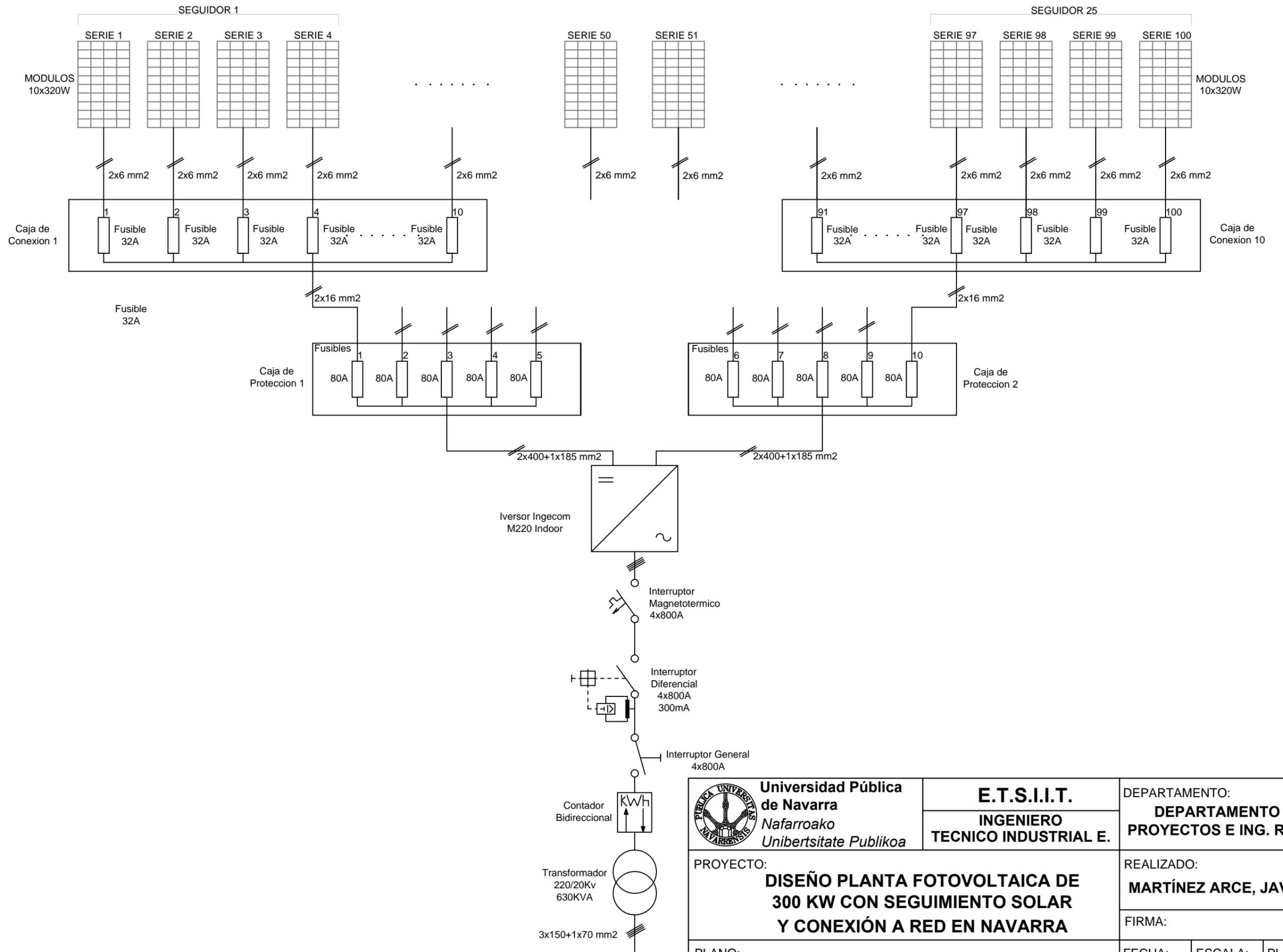


 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL			
	PROYECTO: DISEÑO PLANTA FOTOVOLTAICA DE 300 KW CON SEGUIMIENTO SOLAR Y CONEXIÓN A RED EN NAVARRA			REALIZADO: MARTÍNEZ ARCE, JAVIER		
PLANO: DISTRIBUCION DE LOS SEGUIDORES Y CABLEADO DE LA INSTALACION			FIRMA:	FECHA: SEPTIEMBRE 2013	ESCALA: 1:2000	PLANO: 3

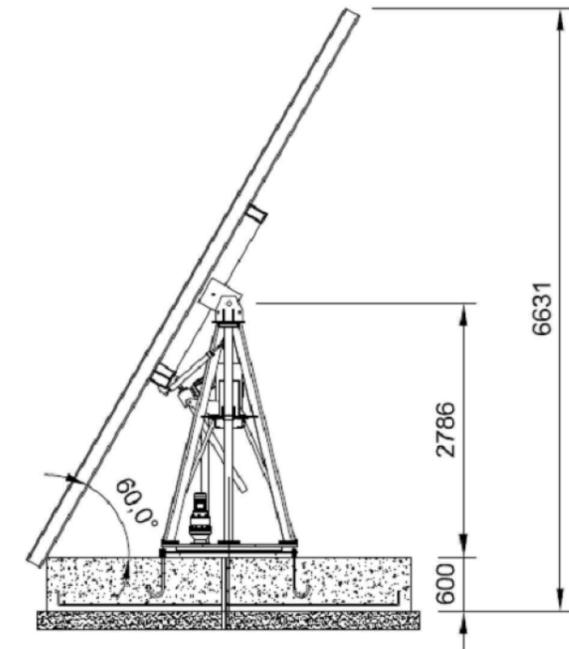
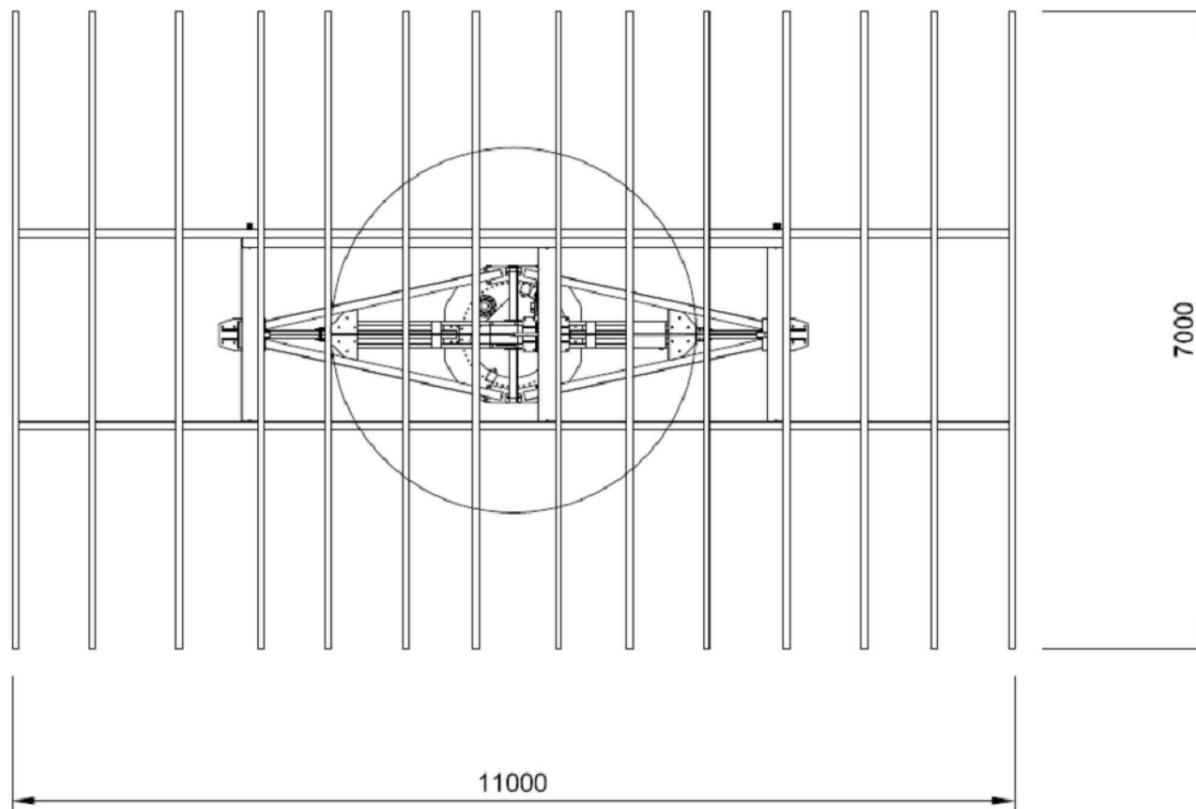
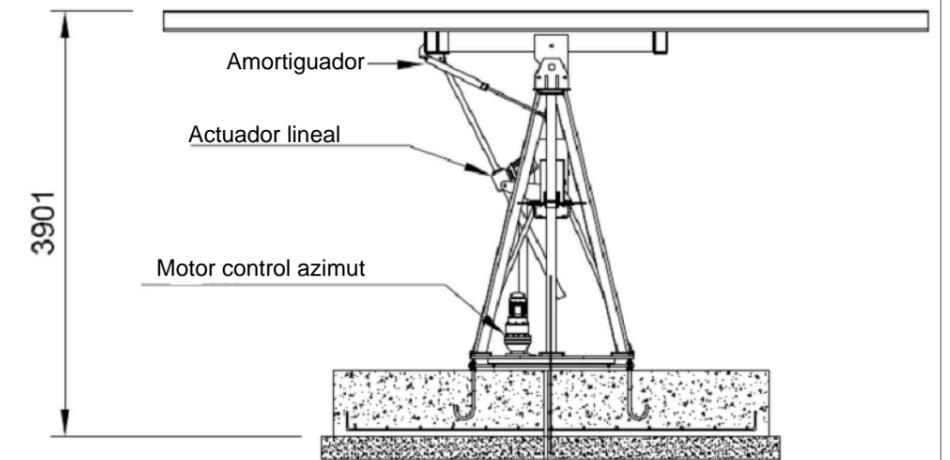
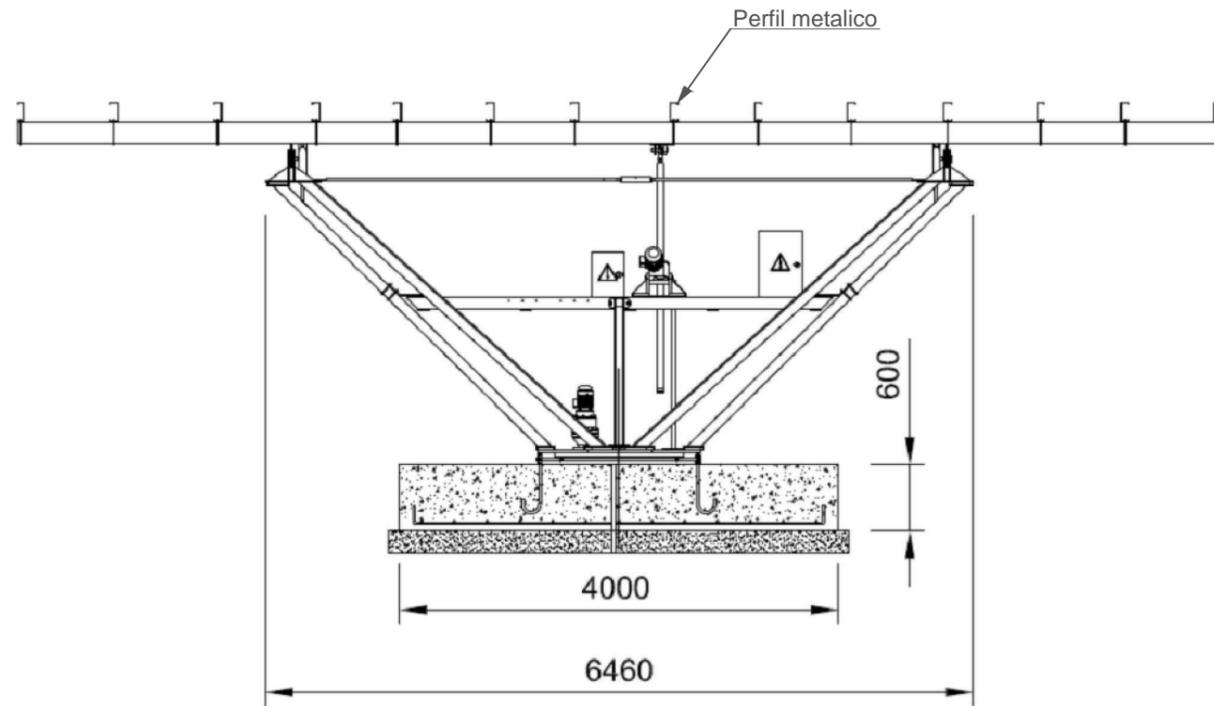


LEYENDA	
	Pica 2 m de cobre
	Conductor de 35 mm ² Cu

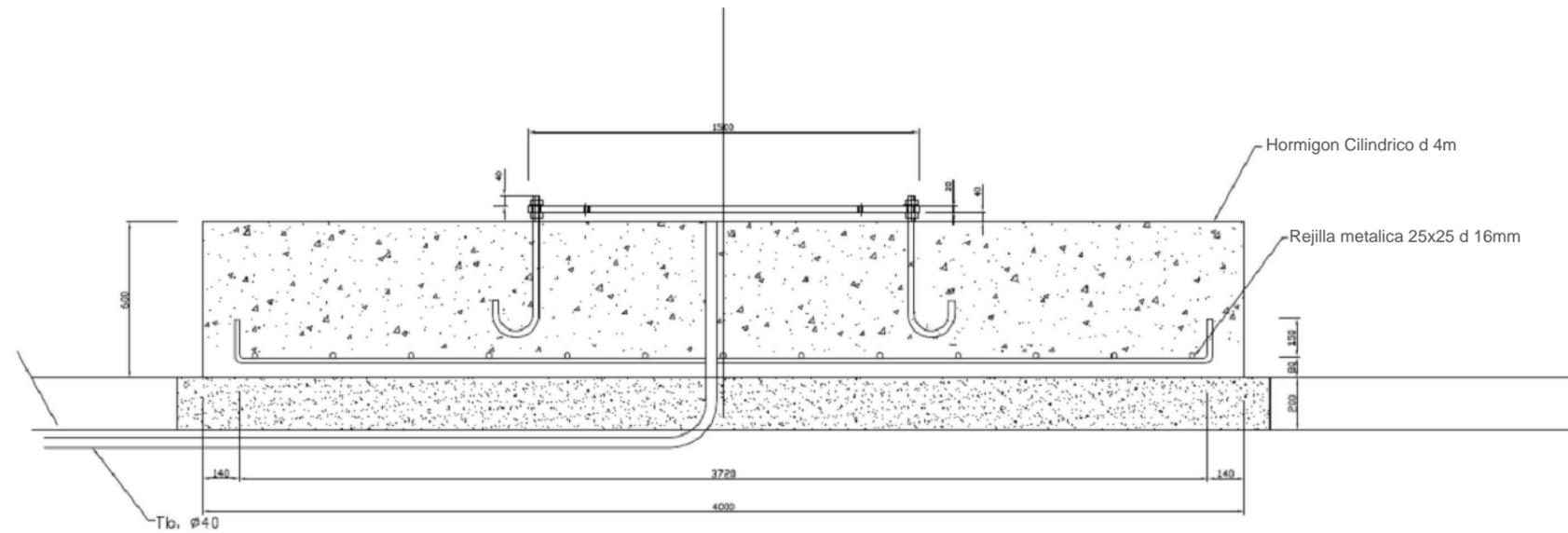
 Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</i>	E.T.S.I.I.T.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL		
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	REALIZADO: MARTÍNEZ ARCE, JAVIER		
PROYECTO: DISEÑO PLANTA FOTOVOLTAICA DE 300 KW CON SEGUIMIENTO SOLAR Y CONEXIÓN A RED EN NAVARRA		FIRMA:		
PLANO: ESQUEMA DE LA RED DE TIERRA	FECHA: SEPTIEMBRE 2013	ESCALA: S/E	PLANO: 4	



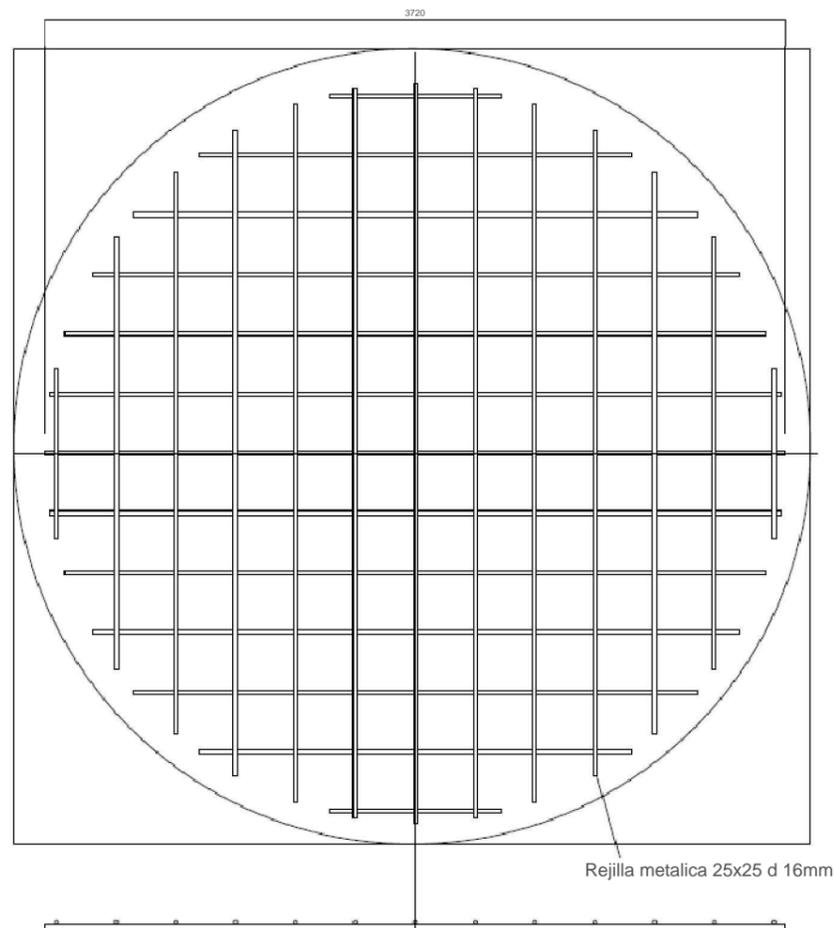
 Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</i>	E.T.S.I.I.T.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL	
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	REALIZADO: MARTÍNEZ ARCE, JAVIER	
PROYECTO: DISEÑO PLANTA FOTOVOLTAICA DE 300 KW CON SEGUIMIENTO SOLAR Y CONEXIÓN A RED EN NAVARRA		FIRMA:	
PLANO: ESQUEMA UNIFILAR	FECHA: SEPTIEMBRE 2013	ESCALA: S/E	PLANO: 5



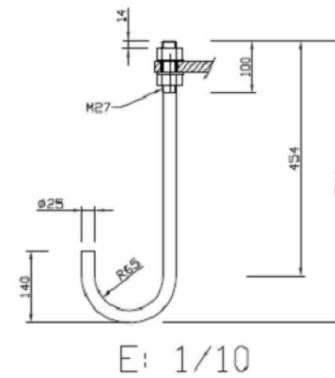
 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL		
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	REALIZADO: MARTÍNEZ ARCE, JAVIER		
PROYECTO: DISEÑO PLANTA FOTOVOLTAICA DE 300 KW CON SEGUIMIENTO SOLAR Y CONEXIÓN A RED EN NAVARRA		FIRMA:		
PLANO: ESTRUCTURA MECASOLAR TRACKER 06/09	FECHA: SEPTIEMBRE 2013	ESCALA: 1:100	PLANO: 6	



VISTA DE PERFIL DE LA ZAPATA



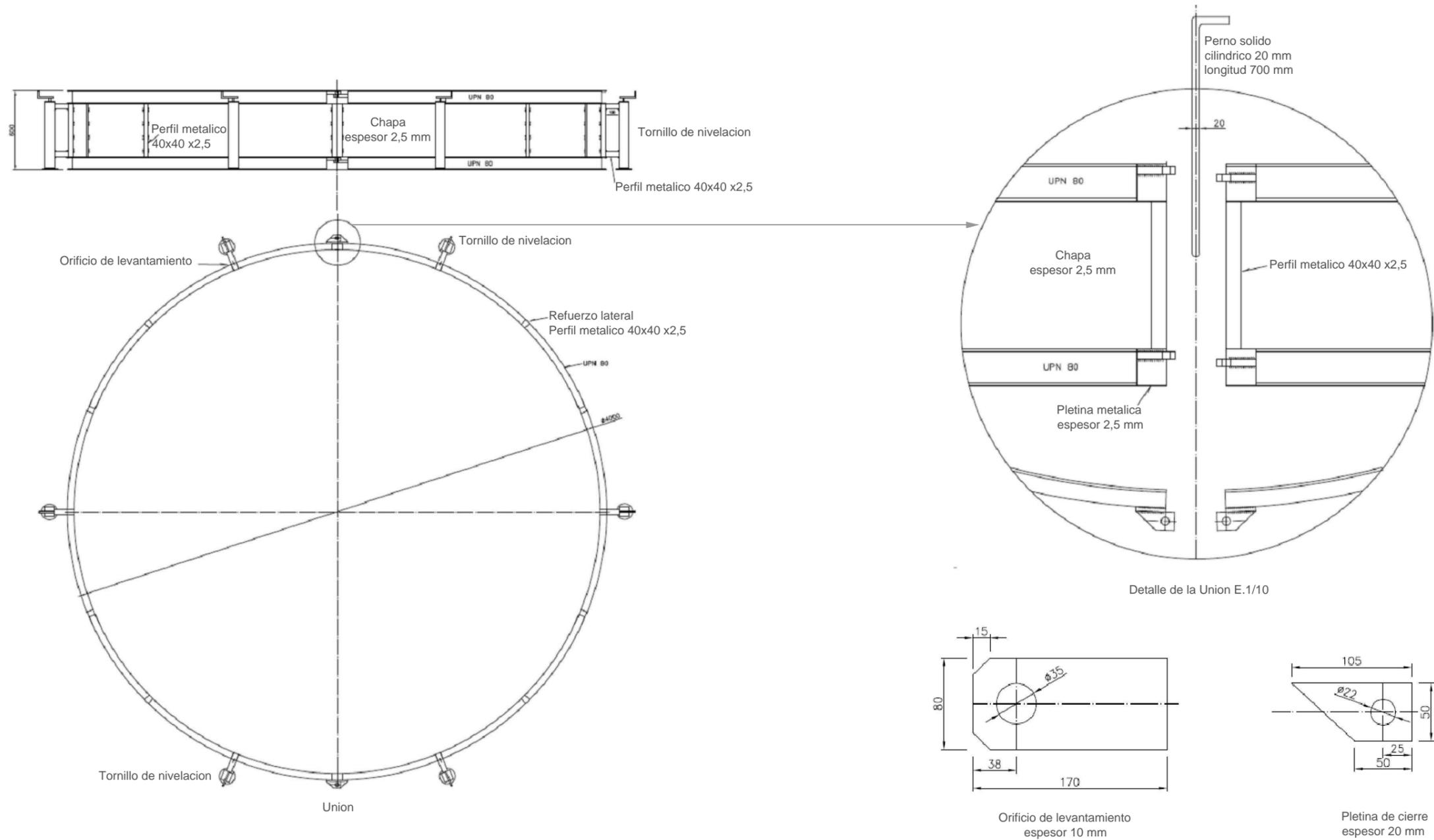
VISTA SUPERIOR DE LA ZAPATA



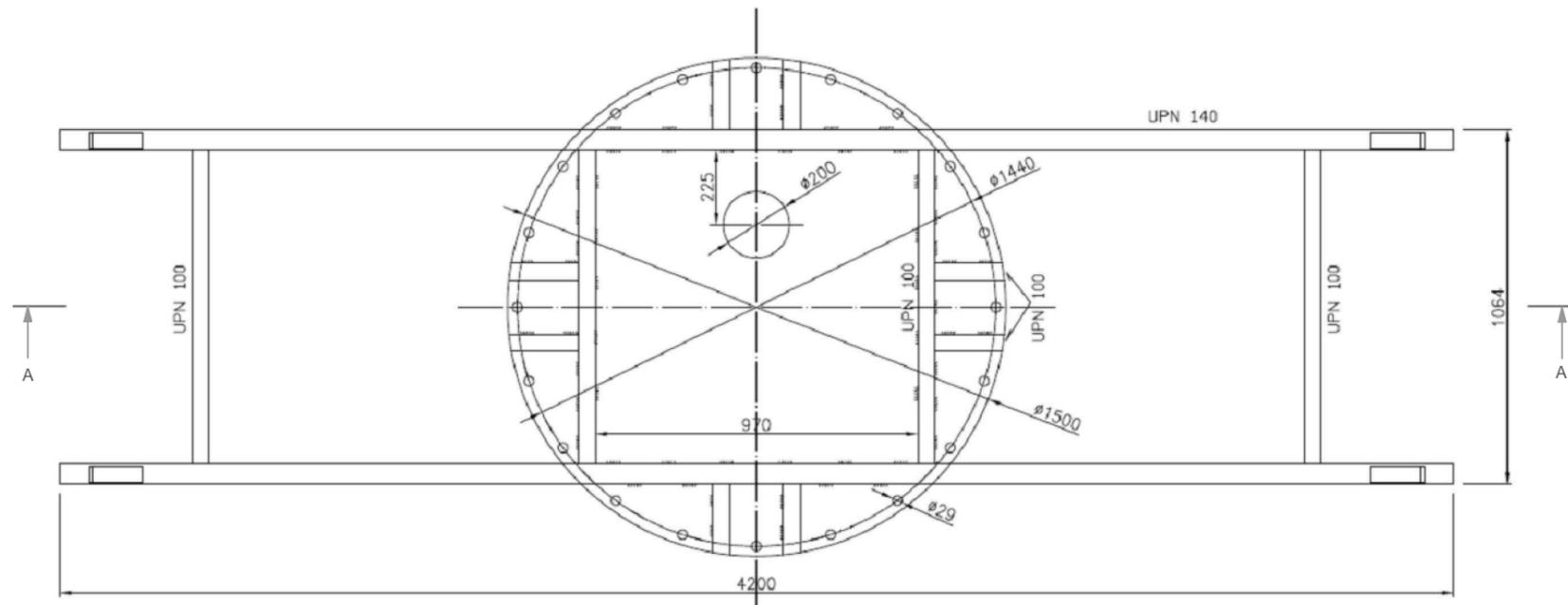
Pernos de anclaje: A-42B galvanizados

Coeficientes de seguridad del material	
Hormigón	HA-25 / P / 25 / IIa
Acero	B 500 S (500 N/mm ²)
Cobertura Nominal	35 mm
Factor de seguridad	1,50
Factor de Seguridad del acero	1,15
Factor de seguridad cargas	1,50
Nivel control de ejecución	Normal

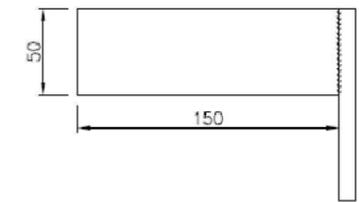
 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
	PROYECTO: DISEÑO PLANTA FOTOVOLTAICA DE 300 KW CON SEGUIMIENTO SOLAR Y CONEXIÓN A RED EN NAVARRA	REALIZADO: MARTÍNEZ ARCE, JAVIER
PLANO: DETALLES DE LA CIMENTACION DE LA ZAPATA	FIRMA:	FECHA: SEPTIEMBRE 2013
	ESCALA: 1:20	PLANO: 7



 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL		
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	REALIZADO: MARTÍNEZ ARCE, JAVIER		
PROYECTO: DISEÑO PLANTA FOTOVOLTAICA DE 300 KW CON SEGUIMIENTO SOLAR Y CONEXIÓN A RED EN NAVARRA		FIRMA:		
PLANO: MOLDE PARTE CIRCULAR	FECHA: SEPTIEMBRE 2013	ESCALA: 1:20	PLANO: 8	

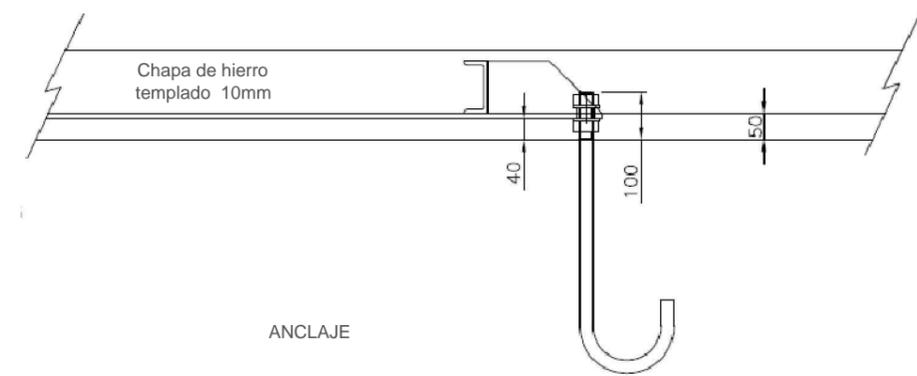
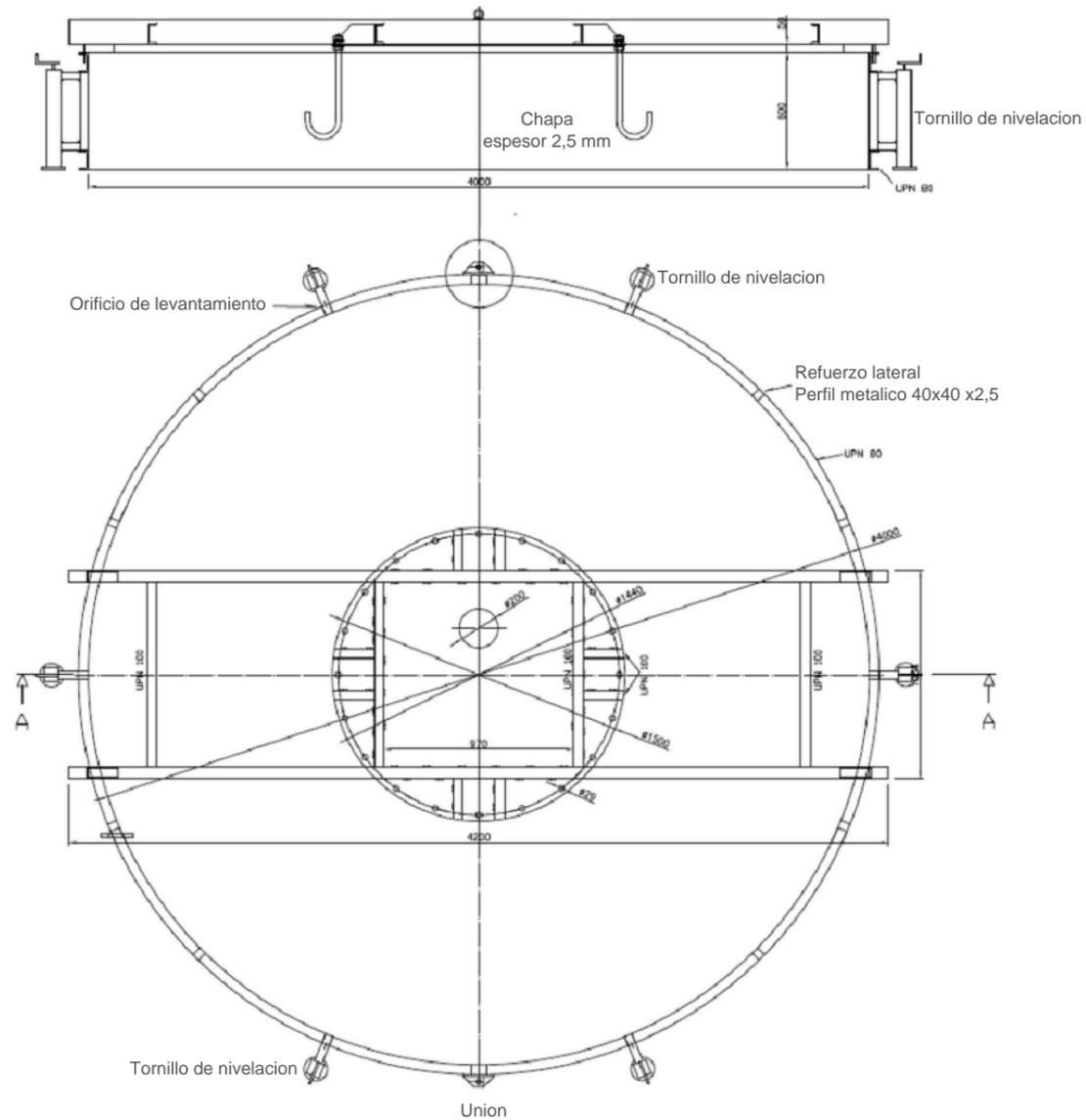


VISTA DE LA SECCION A



CENTRADO DE APOYO

 Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</i>	E.T.S.I.I.T.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL		
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	REALIZADO: MARTÍNEZ ARCE, JAVIER		
PROYECTO: DISEÑO PLANTA FOTOVOLTAICA DE 300 KW CON SEGUIMIENTO SOLAR Y CONEXIÓN A RED EN NAVARRA		FIRMA:		
PLANO: MOLDE PARTE DEL PUENTE	FECHA: SEPTIEMBRE 2013	ESCALA: 1:20	PLANO: 9	



 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL		
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	REALIZADO: MARTÍNEZ ARCE, JAVIER		
PROYECTO: DISEÑO PLANTA FOTOVOLTAICA DE 300 KW CON SEGUIMIENTO SOLAR Y CONEXIÓN A RED EN NAVARRA		FIRMA:		
PLANO: MOLDE COMPLETO PARA LA CIMENTACION	FECHA: SEPTIEMBRE 2013	ESCALA: 1:20	PLANO: 10	



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

DISEÑO PLANTA FOTOVOLTAICA DE 300 KW CON
SEGUIMIENTO SOLAR Y CONEXIÓN A RED EN
NAVARRA

4 ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

Javier Martínez Arce

Martín Ibarra Murillo

Pamplona, Septiembre 2013

ÍNDICE

1. Objeto	85
2. Alcance	85
3. Datos generales.....	85
3.1. Tipo de trabajo	85
3.2. Actividades generales	86
3.3. Situación y climatología	86
3.4. Oficios.....	86
3.5. Maquinaria y medios auxiliares	87
3.6. Instalaciones eléctricas provisionales	88
4. Análisis de riesgos	89
4.1. Riesgos generales.....	89
4.2. Riesgos específicos	90
4.3. Máquinas y medios auxiliares.....	92
5. Medidas preventivas	94
5.1. Protecciones colectivas	94
5.2. Protecciones personales	100
5.3. Revisiones técnicas de seguridad.....	101
6. Instalaciones eléctricas provisionales.....	101
6.1. Riesgos previsible	101
6.2. Medidas preventivas	102
7. Medidas de protección contra incendios	103
7.1. Revisiones periódicas	103
8. Almacenamiento y uso de gases.....	103
8.1. Almacenamiento	103
8.2. Uso de botellas y bombonas	104
9. Formación de personal.....	104
9.1. Charla de seguridad y primeros auxilios para personal de ingreso en obra...	105
9.2. Charlas sobre riesgos específicos	105
10. Reuniones de seguridad.....	105
11. Medicina asistencial	106
11.1. Control médico.....	106

ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

11.2.	Medios de actuación y primeros auxilios.....	106
11.3.	Medicina asistencial en capacidades laborables transitorias o permanentes 107	
12.	Vestuarios y aseos	107
13.	Pliego de Condiciones	107
13.1.	Objeto.....	107
13.2.	Disposiciones legales reglamentarias.....	107
13.3.	Protecciones personales.....	108
13.4.	Protecciones colectivas	109
13.5.	Revisiones técnicas de seguridad	109

ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

1. Objeto

El presente Estudio de Seguridad y Salud Laboral tiene como objeto establecer las directrices generales encaminadas a disminuir en lo posible, los riesgos de accidentes laborales y enfermedades profesionales, así como a la minimización de las consecuencias de los accidentes que se produzcan, mediante la planificación de la medicina asistencial y de primeros auxilios, durante la ejecución de los trabajos de la planta de 300 Kw.

Este Estudio se ha elaborado en cumplimiento del Real Decreto 1.627/1997 de 24 de Octubre, que establece los criterios de planificación control y desarrollo de los medios y medidas de Seguridad y Salud que deben tenerse presentes en la ejecución de los Proyectos de Construcción.

El Contratista encargado de la ejecución del presente Proyecto será el responsable directo de que se cumplan todas las medidas preventivas, colectivas y personales, en materia de Seguridad y Salud, así como de proveer a cada trabajador de su correspondiente Equipo de Protección Individual. Asimismo, el Contratista deberá prevenir cualquier riesgo que pudiera no haberse previsto en el presente Estudio de Seguridad y Salud.

2. Alcance

Las medidas contempladas en este Estudio alcanzan a todos los trabajos que se realizarán en el citado Proyecto, y aplica la obligación de su cumplimiento a todas las personas de las distintas organizaciones que intervengan en la ejecución de los mismos.

3. Datos generales

3.1. Tipo de trabajo

El trabajo que se debe realizar por Contratistas de distintas especialidades en la ejecución del Proyecto de la Planta Fotovoltaica, consiste básicamente en el desarrollo de las siguientes fases principales de construcción:

- Obra Civil.
- Montaje de Equipo principal (Módulos fotovoltaicos y estructura).
- Montaje de Inversores.
- Montaje de Aparellaje.
- Montaje de redes de media y Baja tensión, aéreo y subterráneo.
- Montaje de Cuadros, cableado y conexionado.
- Pruebas y Puesta en Marcha de los distintos Equipos y Sistemas.

3.2. Actividades generales

Las actividades principales que se ejecutarán en el desarrollo de los trabajos detallados, son básicamente las siguientes:

- Replanteo, Excavación y Cimentación.
- Manipulación de materiales.
- Transporte de materiales y equipos dentro de la obra.
- Montaje de estructuras y cerramientos.
- Maniobras de izado, situación en obra y montaje de equipos y materiales.
- Tendido y conexionado de cables.
- Montaje de Instalaciones.
- Suelos y Acabados.

Más adelante se analizan los riesgos previsibles inherentes a los mismos, y se describen las medidas de protección previstas en cada caso.

3.3. Situación y climatología

La instalación definida en el presente proyecto se encuentra situada en el término municipal de Ablitas en la provincia de Navarra. Los datos de ubicación del emplazamiento son:

- Comunidad Autónoma: Comunidad foral de navarra

Provincia	Municipio	Agregado	Zona	Poligono	Parcela	Superficie (ha)
31 - NAVARRA	6 - ABLITAS	0	0	1	2121	1,1096

El clima es de tipo mediterráneo continental: fuertes oscilaciones térmicas, temperatura media anual de unos 14°C, lluvias escasas (350-400 mm, en unos 60 días) e irregulares y aridez, sobre todo en verano.

3.4. Oficios

La mano de obra directa prevista la compondrán trabajadores de los siguientes oficios:

- Jefes de Equipo, Mandos de Brigada.
- Encofradores.
- Estructuristas y Ferrallistas.
- Montadores de estructuras metálicas.

ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

- Montadores de equipos mecánicos.
- Montadores de equipos e instalaciones eléctricas.
- Soldadores.
- Cableadores y conexionistas.
- Gruístas y maquinistas.
- Ayudantes.
- La mano de obra indirecta estará compuesta por:
 - Jefes de Obra.
 - Técnicos de ejecución/Control de Calidad/Seguridad.
 - Encargados.
 - Administrativos.

3.5. Maquinaria y medios auxiliares

La maquinaria y los medios auxiliares más significativos que se prevé utilizar para la ejecución de los trabajos objeto del presente Estudio, son los que se relacionan a continuación:

- Equipo de soldadura eléctrica.
- Equipo de soldadura oxiacetilénica-oxicorte.
- Máquina eléctrica de roscar.
- Camión de transporte.
- Grúa móvil.
- Camión grúa.
- Cabrestante de izado.
- Cabrestante de tendido subterráneo.
- Pistolas de fijación.
- Taladradoras de mano.
- Cortatubos.
- Curvadoras de tubos.
- Radiales y esmeriladoras.
- Poleas, aparejos, eslingas, grilletes, etc.
- Juego alzapobinas, rodillos, etc.
- Máquina de excavación con martillo hidráulico.

ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

- Hormigoneras autopropulsadas.
- Máquina niveladora.
- Excavadora.
- Compactadora.
- Compresor.
- Martillo rompedor y picador, etc.

Entre los medios auxiliares cabe mencionar los siguientes:

- Andamios sobre borriquetas.
- Andamios metálicos modulares.
- Escaleras de mano.
- Escaleras de tijera.
- Cuadros eléctricos auxiliares.
- Instalaciones eléctricas provisionales.
- Herramientas de mano.
- Bancos de trabajo.
- Equipos de medida.
- Comprobador de secuencia de fases.
- Medidor de aislamiento.
- Medidor de tierras.
- Pinzas amperimétricas.

3.6. Instalaciones eléctricas provisionales

Para el suministro de energía a las máquinas y herramientas eléctricas propias de los trabajos objeto del presente Estudio, los contratistas instalarán cuadros de distribución con toma de corriente en las instalaciones de la propiedad o alimentados mediante grupos electrógenos.

Tanto los riesgos previsibles como las medidas preventivas a aplicar para los trabajos en instalaciones, elementos y máquinas eléctricas son analizados en los apartados siguientes.

4. Análisis de riesgos

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

Con el fin de no repetir innecesariamente la relación de riesgos analizaremos primero los riesgos generales, que pueden darse en cualquiera de las actividades, y después seguiremos con el análisis de los específicos de cada actividad.

4.1. Riesgos generales

Entendemos como riesgos generales aquellos que pueden afectar a todos los trabajadores, independientemente de la actividad concreta que realicen. Se prevé que puedan darse los siguientes:

- Caídas de objetos o componentes sobre personas.
- Caídas de personas a distinto nivel.
- Caídas de personas al mismo nivel.
- Proyecciones de partículas a los ojos.
- Conjuntivitis por arco de soldadura u otros.
- Heridas en manos o pies por manejo de materiales.
- Sobreesfuerzos.
- Golpes y cortes por manejo de herramientas.
- Golpes contra objetos.
- Atrapamientos entre objetos.
- Quemaduras por contactos térmicos.
- Exposición a descargas eléctricas.
- Incendios y explosiones.
- Atrapamiento por vuelco de máquinas, vehículos o equipos.
- Atropellos o golpes por vehículos en movimiento.
- Lesiones por manipulación de productos químicos.
- Inhalación de productos tóxicos.

4.2. Riesgos específicos

Nos referimos aquí a los riesgos propios de actividades concretas que afectan sólo al personal que realiza trabajos en las mismas. Este personal estará expuesto a los riesgos generales indicados en el punto anterior, más los específicos de su actividad. Con tal fin analizamos a continuación las actividades más significativas.

Excavaciones

Además de los generales, pueden ser inherentes a las excavaciones los siguientes riesgos:

- Desprendimiento o deslizamiento de tierras.
- Atropellos y/o golpes por máquinas o vehículos.
- Colisiones y vuelcos de maquinaria.
- Riesgos a terceros ajenos al propio trabajo.

Movimiento de tierras

En los trabajos derivados del movimiento de tierras por excavaciones o rellenos se prevé los siguientes riesgos:

- Carga de materiales de las palas o cajas de los vehículos.
- Caídas de personas desde los vehículos.
- Vuelcos de vehículos por diversas causas (malas condiciones del terreno, exceso de carga, durante las descargas, etc.).
- Atropello y colisiones.
- Proyección de partículas.
- Polvo ambiental.

Trabajos con ferralla

Los riesgos más comunes relativos a la manipulación y montaje de ferralla son:

- Cortes y heridas en el manejo de las barras o alambres.
- Atrapamientos en 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.

ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

Trabajos de encofrado y desencofrado

En esta actividad podemos destacar los siguientes:

- Desprendimiento de tableros.
- Pinchazos con objetos punzantes.
- Caída de materiales (tableros, tablones, puntales, etc.).
- Caída de elementos del encofrado durante las operaciones de desencofrado.
- Cortes y heridas en manos por manejo de herramientas (sierras, cepillos, etc.) y materiales.

Trabajos con hormigón

La exposición y manipulación del hormigón implica los siguientes riesgos:

- Salpicaduras de hormigón a los ojos.
- Hundimiento, rotura o caída de encofrados.
- Torceduras de pies, pinchazos, tropiezos y caídas al mismo y a distinto nivel, al moverse sobre las estructuras.
- Dermatitis en la piel.
- Aplastamiento o atrapamiento por fallo de entibaciones.
- Lesiones musculares por el manejo de vibradores.
- Electrocuación por ambientes húmedos.

Manipulación de materiales

Los riesgos propios de esta actividad están incluidos en la descripción de riesgos generales.

Transporte de materiales y equipos dentro de la obra

En esta actividad, además de los riesgos enumerados en el punto 4.1, son previsibles los siguientes:

- Desprendimiento o caída de la carga, o parte de la misma, por ser excesiva o estar mal sujeta.
- Golpes contra partes salientes de la carga.
- Atropellos de personas.
- Vuelcos.
- Choques contra otros vehículos o máquinas.
- Golpes o enganches de la carga con objetos} instalaciones o tendidos de cables.

ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

Prefabricación y monte de estructuras, cerramientos y equipos

De los específicos de este apartado cabe destacar:

- Caída de materiales por la mala ejecución de la maniobra de izado y acoplamiento de los mismos o fallo mecánico de equipos.
- Caída de personas desde altura por diversas causas.
- Atrapamiento de manos o pies en el manejo de los materiales o equipos. Caída de objetos herramientas sueltas.
- Explosiones o incendios por el uso de gases o por proyecciones incandescentes.

Maniobras de izado, situación en obra y montaje d equipos y materiales

Como riesgos específicos de estas maniobras podemos citar los siguientes:

- Caída de materiales, equipos o componentes de los mismos por fallo de los medios de elevación o error en la maniobra.
- Caída de pequeños objetos o materiales sueltos (cantoneras, herramientas, etc.) sobre personas.
- Caída de personas desde altura en operaciones de estrobo o desestrobo de las piezas.
- Atrapamientos de manos o pies.
- Aprisionamiento/aplastamiento de personas por movimientos incontrolados de la carga.
- Golpes de equipos, en su izado y transporte, contra otras instalaciones (estructuras, líneas eléctricas, etc.), caída o vuelco de los medios de elevación.

Montaje de instalaciones. Suelos y Acabados

Los riesgos inherentes a estas actividades podemos considerarlos incluidos dentro de los generales, al no ejecutarse a grandes alturas ni presentar aspectos relativamente peligrosos.

4.3. Máquinas y medios auxiliares

Analizamos en este apartado los riesgos que además de los generales, pueden presentarse en el uso de maquinaria y los medios auxiliares. Diferenciamos estos riesgos clasificándolos en los siguientes grupos:

ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

Máquinas fijas y herramientas eléctricas

Los riesgos más significativos son:

- Las características de trabajos en elementos con tensión eléctrica en los que pueden producirse accidentes por contactos, tanto directos como indirectos.
- Caídas de personal al mismo, o distinto nivel por desorden de mangueras.
- Lesiones por uso inadecuado, o malas condiciones de máquinas giratorias o de corte.
- Proyecciones de partículas.

Medios de Elevación

Consideramos como riesgos específicos de estos medios, los siguientes:

- Caída de la carga por deficiente estrobo o maniobra.
- Rotura de cable, gancho, estrobo, grillete o cualquier otro medio auxiliar de elevación.
- Golpes o aplastamientos por movimientos incontrolados de la carga.
- Exceso de carga con la consiguiente rotura, o vuelco, del medio correspondiente.
- Fallo de elementos mecánicos o eléctricos.
- Caída de personas a distinto nivel durante las operaciones de movimiento de cargas.

Andamios, Plataformas y Escaleras

Son previsible los siguientes riesgos:

- Caídas de personas a distinto nivel.
- Carda del andamio por vuelco.
- Vuelcos o deslizamientos de escaleras.
- Caída de materiales o herramientas desde el andamio.
- Los derivados de padecimiento de enfermedades, no detectadas (epilepsia, vértigo, etc.).

Equipos de soldadura eléctrica y oxiacetilénica

Los riesgos previsible propios del uso de estos equipos son los siguientes:

- Incendios.
- Quemaduras.
- Los derivados de la inhalación de vapores metálicos

ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

- Explosión de botellas de gases.
- Proyecciones incandescentes, o de cuerpos extraños.
- Contacto con la energía eléctrica.

5. Medidas preventivas

Para disminuir en lo posible los riesgos previstos en el apartado anterior, ha de actuarse sobre los factores que, por separado o en conjunto, determinan las causas que producen los accidentes. Nos estamos refiriendo al factor humano y al factor técnico.

La actuación sobre el factor humano, basada fundamentalmente en la formación, mentalización e información de todo el personal que participe en los trabajos del presente Proyecto, así como en aspectos ergonómicos y condiciones ambientales, será analizada con mayor detenimiento en otros puntos del Estudio.

Por lo que respecta a la actuación sobre el factor técnico, se actuará básicamente en los siguientes aspectos:

- Protecciones colectivas.
- Protecciones personales.
- Controles y revisiones técnicas de seguridad.

En base a los riesgos previsibles enunciados en el punto anterior, analizamos a continuación las medidas previstas en cada uno de estos campos.

5.1. Protecciones colectivas

Siempre que sea posible se dará prioridad al uso de protecciones colectivas, ya que su efectividad es muy superior a la de las protecciones personales. Sin excluir el uso de estas últimas, las protecciones colectivas previstas, en función de los riesgos enunciados, son los siguientes:

Riesgos generales

Nos referimos aquí a las medidas de seguridad a adoptar para la protección de riesgos que consideramos comunes a todas las actividades, son las siguientes:

- Señalizaciones de acceso a obra y uso de elementos de protección personal.
- Acotación y señalización de zona donde exista riesgo de caída de objetos desde altura.
- Se montarán barandillas resistentes en los huecos por lo que pudiera producirse caída de personas.
- En cada tajo de trabajo, se dispondrá de, al menos, un extintor portátil de polvo polivalente.

ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

- Si algún puesto de trabajo generase riesgo de proyecciones (de partículas, o por arco de soldadura) a terceros se colocarán mamparas opacas de material ignífugo.
- Si se realizasen trabajos con proyecciones incandescentes en proximidad de materiales combustibles, se retirarán estos o se protegerán con lona ignífuga.
- Se mantendrán ordenados los materiales, cables y mangueras para evitar el riesgo de golpes o caídas al mismo nivel por esta causa.
- Los restos de materiales generados por el trabajo se retirarán periódicamente para mantener limpias las zonas de trabajo.
- Los productos tóxicos y peligrosos se manipularán según lo establecido en las condiciones de uso específicas de cada producto.
- Respetar la señalización y limitaciones de velocidad fijadas para circulación de vehículos y maquinaria en el interior de la obra. Aplicar las medidas preventivas contra riesgos eléctricos que desarrollaremos más adelante.
- Todos los vehículos llevarán los indicadores ópticos y acústicos que exija la legislación vigente.

Riesgos específicos

Las protecciones colectivas previstas para la prevención de estos riesgos, siguiendo el orden de los mismos establecido en el punto 4.2 son las siguientes:

1) En excavaciones.

- Se señalizarán las excavaciones, como mínimo a 1 m. de su borde.
- No se acopiarán tierras ni materiales a menos de 2 m. del borde de la excavación.
- Los accesos a las zanjas o trincheras se realizarán mediante escaleras sólidas que sobrepasan en 1 m. el borde de estas.
- Las máquinas excavadoras y camiones solo serán manejados por personal capacitado, con el correspondiente permiso de conducir el cual será responsable, así mismo, de la adecuada conservación de su máquina.

2) En movimiento de tierras

- No se cargarán los camiones por encima de la carga admisible ni sobrepasando el nivel superior de la carga.
- Se prohíbe el traslado de personas fuera de la cabina de los vehículos.
- Se situarán topes o calzos para limitar la proximidad a bordes de excavaciones o desniveles en zonas de descarga.
- Se limitará la velocidad de vehículos en el camino de acceso y en los viales interiores de la obra a 20 Km/h.

ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

- En caso necesario y a criterio del Técnico de Seguridad se procederá al regado de las pistas para evitar la formación de nubes de polvo.

3) En trabajos en altura

Es evidente que el trabajo en altura se presenta dentro de muchas de las actividades que se realizan en la ejecución de este Proyecto y, como tal, las medidas preventivas relativas a los mismos serán tratadas conjuntamente con el resto de las que afectan a cada cual.

Sin embargo, dada la elevada gravedad de las consecuencias que, generalmente, se derivan de las caídas de altura, se considera oportuno y conveniente remarcar, en este apartado concreto, las medidas de prevenciones básicas y fundamentales que deben aplicarse para eliminar, en la medida de lo posible, los riesgos inherentes a los trabajos en altura.

Destacaremos, entre otras, las siguientes medidas:

-Para evitar la caída de objetos:

- Coordinar los trabajos de forma que no se realicen trabajos superpuestos.
- Ante la necesidad de trabajos en la misma vertical, poner las oportunas protecciones (redes, marquesinas, etc.).
- Acotar y señalizar las zonas con riesgo de caída de objetos.
- Señalizar y controlar la zona donde se realicen maniobras con cargas suspendidas, hasta que estas se encuentren totalmente apoyadas.
- Emplear cuerdas para el guiado de cargas suspendidas, que serán manejadas desde fuera de la zona de influencia de la carga, y acceder a esta zona solo cuando la carga esté prácticamente arriada.

-Para evitar la caída de personas:

- Se montarán barandillas resistentes en todo el perímetro o bordes de plataformas, forjados, etc. por los que pudieran producirse caídas de personas.
- Se protegerán con barandillas o tapas de suficiente resistencia los huecos existentes en forjados, así como en paramentos verticales si estos son accesibles o están a menos de 1,5 m. del suelo.
- Las barandillas que se quiten o huecos que se destapen para introducción de equipos, etc., se mantendrán perfectamente controlados y señalizados durante la maniobra, reponiéndose las correspondientes protecciones nada más finalizar éstas.
- Los andamios que se utilicen (modulares o tubulares) cumplirán los requerimientos y condiciones mínimas definidas en la O.G.S.H.T., destacando entre otras:

ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

- ❖ Superficie de apoyo horizontal y resistente.
- ❖ Si son móviles, las ruedas estarán bloqueadas y no se trasladarán con personas sobre las mismas.
- ❖ A partir de 2 m. de altura se protegerá todo su perímetro con rodapiés y quitamiedos colocados a 45 y 90 cm. del piso, el cual tendrá, como mínimo, una anchura de 60 cm.
- ❖ No sobrecargar las plataformas de trabajo y mantenerlas limpias y libres de obstáculos.
- ❖ En altura (más de 2 m.) es obligatorio utilizar cinturón de seguridad, siempre que no existan protecciones (barandillas) que impidan la caída, el cual estará anclado a elementos, fijos, móviles, definitivos o provisionales, de suficiente resistencia.
- ❖ Se instalarán cuerdas o cables fiadores para sujeción de los cinturones de seguridad en aquellos casos en que no sea posible montar barandillas de protección, o bien sea necesario el desplazamiento de los operarios sobre estructuras o cubiertas. En este caso se utilizarán cinturones de caída, con arnés provistos de absorción de energía

- Las escaleras de mano cumplirán, como mínimo, las siguientes condiciones:

- No tendrán rotos ni astillados largueros o peldaños.
- Dispondrán de zapatas antideslizantes.
- La superficie de apoyo inferior y superior serán planas y resistentes.
- Fijación o amarre por su cabeza en casos especiales y usar el cinturón de seguridad anclado a un elemento ajeno a esta.
- Colocarla con la inclinación adecuada.
- Con las escaleras de tijera, ponerle tope o cadena para que no se abran, no usarlas plegadas y no ponerse a caballo en ellas.

4) En trabajos con ferralla

- Los paquetes de redondos se acopiarán en posición horizontal, separando las capas con durmientes de madera y evitando alturas de pilas superiores a 1,50 m.
- No se permitirá trepar por las armaduras.
- Se colocarán tableros para circular por las armaduras de ferralla.
- No se emplearán elementos o medios auxiliares (escaleras, ganchos, etc.) hechos con trozos de ferralla soldada.
- Diariamente se limpiará la zona de trabajo, recogiendo y retirando los recortes y alambres sobrantes del armado.

ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

5) En trabajos de encofrado y desencofrado

- El ascenso y descenso a los encofrados se hará con escaleras de mano reglamentarias.
- No permanecerán operarios en la zona de influencia de las cargas durante las operaciones de izado y traslado de tableros, puntales, etc.
- Se sacarán o remacharán todos los clavos o puntas existentes en la madera usada.
- El desencofrado se realizará siempre desde el lado en que no puedan desprenderse los tableros y arrastrar al operario.
- Se acotará, mediante cinta de señalización, la zona en la que puedan caer elementos procedentes de las operaciones de encofrado o desencofrado.

6) En trabajos de hormigón

-Vertidos mediante canaleta:

- Instalar topes de final de recorrido de los camiones hormigonera para evitar vuelcos.
- No situarse ningún operario detrás de los camiones hormigonera en las maniobras de retroceso.

-Vertido mediante cubo con grúa:

- Señalizar con pintura el nivel máximo de llenado del cubo para no sobrepasar la carga admisible de la grúa.
- No permanecer ningún operario bajo la zona de influencia del cubo durante las operaciones de izado y transporte de este con la grúa.
- La apertura del cubo para vertido se hará exclusivamente accionando la palanca prevista para ello. Para realizar tal operación se usarán, obligatoriamente, guantes, gafas y, cuando exista riesgo de caída, cinturón de seguridad.
- El guiado del cubo hasta su posición de vertido se hará siempre a través de cuerdas guía.

-Para la manipulación de materiales:

- Informar a los trabajadores acerca de los riesgos más característicos de esta actividad, accidentes más habituales y forma de prevenirlos haciendo especialmente hincapié sobre los siguientes aspectos:

- ❖ Manejo manual de materiales.

ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

- ❖ Acopio de materiales, según su características.
- ❖ Manejo/acopio de materiales tóxico/peligrosos.

-Para el transporte de materiales y equipos dentro de la obra:

- Se cumplirán las normas de tráfico y límites de velocidad establecida para circular por los viales de obra, las cuales estarán señalizadas y difundidas a los conductores.
- Se prohibirá que las plataformas y/o camiones transporten una carga superior a la identificada como máxima admisible.
- La carga se transportará amarrada con cables de acero, cuerdas o estrobos de suficiente resistencia.
- Se señalarán con banderolas o luces rojas las partes salientes de la carga y, de producirse estos salientes, no excederán de 1,50 m.
- En las maniobras con riesgo de vuelco del vehículo, se colocarán topes y se ayudarán con una señal.
- Cuando se tenga que circular o realizar maniobras en proximidad de líneas eléctricas, se instalarán gálibos o topes que eviten aproximarse a la zona de influencia de las líneas.
- No se permitirá el transporte de personas fuera de la cabina de los vehículos.
- No se transportarán, en ningún caso, cargas suspendidas por la pluma con grúas móviles.
- Se revisará periódicamente el estado de los vehículos de transporte y medios auxiliares correspondientes.
- Para la prefabricación, izado y montaje de estructuras, cerramientos y equipos:
 - Se señalarán y acotarán las zonas en que haya riesgo de caída de materiales por manipulación, elevación y transporte de los mismos.
 - No se permitirá, bajo ningún concepto, el acceso de cualquier persona a la zona señalizada y acotada en la que se realicen maniobras con cargas suspendidas.
 - El guiado de cargas/equipos para su ubicación definitiva, se hará siempre mediante cuerdas guía manejadas desde lugares fuera de la zona de influencia de su posible caída, y no se accederá a dicha zona hasta el momento justo de efectuar su acople o posicionamiento.
 - Se tapanán o protegerán con barandillas resistentes o, según los casos, se señalaran adecuadamente los huecos que se generen en el proceso de montaje.

ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

- Se ensamblarán a nivel de suelo, en la medida (que lo permita la zona de montaje y capacidad de las grúas, los módulos de estructuras con el fin de reducir en lo posible el número de horas de trabajo en altura y sus riesgos.
- Los puestos de trabajo de soldadura estarán suficientemente separados o se aislarán con pantallas divisorias.
- La zona de trabajo, sea de taller o de campo, se mantendrá siempre limpia y ordenada.
- Los equipos/estructuras permanecerán arriostradas, durante toda la fase de montajes hasta que no se efectúe la sujeción definitiva, para garantizar su estabilidad en las peores condiciones previsibles.
- Los andamios que se utilicen cumplirán los requerimientos y condiciones mínimas definidas en la O.G.S.H.T.
- Se instalarán cuerdas o cables fiadores para sujeción de los cinturones de seguridad en aquellos casos en que no sea posible montar plataformas de trabajo con barandilla, o sea necesario el desplazamiento de operarios sobre la estructura. En estos casos se utilizarán cinturones de caída, con arnés provistos de absorción de energía.
- De cualquier forma, dado que estas operaciones y maniobras están muy condicionadas por el estado real de la obra en el momento de ejecutarlas, en el caso de detectarse una complejidad especial se elaborará un estudio de seguridad específico al efecto.

-Para maniobras de izado y ubicación en obra de materiales y equipos.

- Las medidas de prevención a aplicar en relación con los riesgos inherentes a este tipo de trabajos, que ya se relacionaron, están contempladas y definidas en el punto anterior, destacando especialmente las correspondientes a:
 - Señalizar y acotar las zonas de trabajo con cargas suspendidas.
 - No permanecer persona alguna en la zona de influencia de la carga.
 - Hacer el guiado de las cargas mediante cuerdas.
 - Entrar en la zona de riesgo en el momento del acoplamiento.

5.2. Protecciones personales

Como complemento de las protecciones colectivas, será obligatorio el uso de las protecciones personales. Los mandos intermedios y el personal de seguridad vigilarán y controlarán la correcta utilización de estas prendas de protección.

Todas las protecciones personales cumplirán la Normativa Europea (CE) relativa a Equipos de Protección Individual (EPI).

ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

Se prevé el uso, en mayor o menor grado, de las siguientes protecciones personales:

- Casco.
- Pantalla facial transparente.
- Pantalla de soldador con visor abatible y cristal inactínico.
- Mascarillas faciales según necesidades.
- Mascarillas desechables de papel.
- Guantes de varios tipos (montador, soldador, aislante, goma, etc.)
- Cinturón de seguridad.
- Chaqueta, peto, manguitos y polainas de cuero.
- Gafas protectoras de varios tipos.
- Calzado de seguridad, adecuado a cada uno de los trabajos.
- Protecciones auditivas (cascos o tapones).
- Ropa de trabajo.

5.3. Revisiones técnicas de seguridad

Su finalidad es comprobar la correcta aplicación del Plan de Seguridad. Para ello, el Contratista velará por la ejecución correcta de las medidas preventivas fijadas en dicho Plan.

Sin perjuicio de lo anterior, podrán realizarse visitas de inspección por técnicos asesores especialistas en seguridad, cuyo asesoramiento puede ser de gran valor.

6. Instalaciones eléctricas provisionales

La acometida eléctrica general alimentará una serie de cuadros de distribución de los distintos contratistas, los cuales se colocarán estratégicamente para el suministro de corriente a sus correspondientes instalaciones, equipos y herramientas propias de los trabajos.

6.1. Riesgos previsibles

Los riesgos implícitos a estas instalaciones son los característicos de los trabajos y manipulación de elementos (cuadros, conductores, etc. y herramientas eléctricas, que pueden producir accidentes por contactos tanto directos como indirectos.

6.2. Medidas preventivas

Las principales medidas preventivas a aplicar en instalaciones, elementos y equipos eléctricos serán los siguientes:

Cuadros de distribución

Serán estancos, permanecerán todas las partes bajo tensión inaccesibles al personal y estarán dotados de las siguientes protecciones:

- Interruptor general.
- Protecciones contra sobrecargas y cortocircuitos.
- Diferencial de 300 mA.
- Toma de tierra de resistencia máxima 20 OHMIOS.
- Diferencial de 30 mA para las tomas monofásicas que alimentan herramientas o útiles portátiles.
- Tendrán señalizaciones de peligro eléctrico. Solamente podrá manipular en ellos el electricista.
- Los conductores aislados utilizados tanto para acometida como para instalaciones, serán de 1.000 voltios de tensión nominal como mínimo.

Prolongadores, clavijas, conexiones y cables

- Los prolongadores, clavijas y conexiones serán de tipo intemperie con tapas de seguridad en tomas de corriente hembras y de características tales que aseguren el aislamiento, incluso en el momento de conectar y desconectar.
- Los cables eléctricos serán del tipo intemperie sin presentar fisuras y de suficiente resistencia a esfuerzos mecánicos.
- Los empalmes y aislamientos en cables se harán con manguitos y cintas aislantes vulcanizadas.
- Las zonas de paso se protegerán contra daños mecánicos.

Herramientas y útiles eléctricos portátiles

- Las lámparas eléctricas portátiles tendrán el mango aislante y un dispositivo protector de la lámpara de suficiente resistencia. En estructuras metálicas y otras zonas de alta conductividad eléctrica se utilizarán transformadores para tensiones de 24 V.
- Todas las herramientas, lámparas y útiles serán de doble aislamiento.
- Todas las herramientas, lámparas y útiles eléctricos portátiles, estarán protegidos por diferenciales de alta sensibilidad (30 mA).

ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

Máquinas y equipos eléctricos

Además de estar protegidos por diferenciales de media sensibilidad (300 mA), irán conectados a una toma de tierra de 20 ohmios de resistencia máxima y llevarán incorporado a la manguera de alimentación el cable de tierra conectado al cuadro de distribución.

Normas de carácter general

- Bajo ningún concepto se dejarán elementos de tensión, como puntas de cables terminales, etc., sin aislar.
- Las operaciones que afecten a la instalación eléctrica, serán realizadas únicamente por el electricista.
- Cuando se realicen operaciones en cables cuadros e instalaciones eléctricas, se harán sin tensión.

Estudio de revisiones de mantenimiento

Se realizará un adecuado mantenimiento y revisiones periódicas de las distintas instalaciones, equipos y herramientas eléctricas, para analizar y adoptar las medidas necesarias en función de los resultados de dichas revisiones.

7. Medidas de protección contra incendios

Cada contratista dispondrá en obra de extintores de Polvo o Gas en número suficiente para cubrir las necesidades de los riesgos de incendio que generen los trabajos que realiza, así como para la protección de sus instalaciones y oficinas, almacenes, vehículos. etc.

7.1. Revisiones periódicas

La persona designada al efecto por los distintos contratistas, comprobará periódicamente el estado de los extintores y sustituirá los descargados o bajos de presión.

8. Almacenamiento y uso de gases

8.1. Almacenamiento

Las botellas de gases se almacenarán en un recinto acotado y exclusivo para ellas que cumplirá las siguientes condiciones:

ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

- Se separará cada tipo de gas en compartimentos diferentes y, en cada caso, estará señalizado el contenido de las mismas.
- Se separaran las botellas llenas de las vacías.
- El recinto estará perfectamente ventilado, cubierto de los rayos del sol y en el acceso habrá algún extintor.

8.2. Uso de botellas y bombonas

El personal que maneje las botellas de gases o equipos de oxígeno, estará adiestrado para estos trabajos y como mínimo cumplirá las siguientes normas básicas de Seguridad:

- La presión de trabajo del acetileno no será superior a dos atmósferas.
- Antes de encender el soplete por primera vez cada día, las mangueras se purgarán individualmente, así como al finalizar el trabajo.
- Verificar periódicamente el estado de las mangueras, juntas, etc., para detectar posibles fugas. Para ello se utilizará agua jabonosa, pero nunca llama.
- Se pondrán válvulas antirretorno en las salidas de los manómetros y en las entradas del soplete.
- Durante el transporte o desplazamiento, las botellas incluso si están vacías, deben tener la válvula cerrada y la caperuza puesta.
- Está prohibido el arrastre, deslizamiento o rodadura de la botella en posición horizontal.
- No se colocarán, ni puntualmente, cerca de sustancias o líquidos fácilmente inflamables tales como aceite, gasolina, etc.
- Las botellas se mantendrán alejadas del punto de trabajo, lo suficiente para que no les lleguen las chispas o escorias o bien se protegerán, de estas o de otros trabajos, con mantas ignífugas.
- No se emplearán nunca los gases comprimidos para limpiar residuos, vestuarios, ni para ventilar personas.
- Las botellas estarán siempre, en obra, en posición vertical y colocada en carros portabotellas o amarrada a puntos fijos para evitar su caída.

9. Formación de personal

Su objetivo es informar a los trabajadores de los riesgos propios de los trabajos que van a realizar, darles a conocer las técnicas preventivas y mantener el espíritu de seguridad de todo el personal.

Para la enseñanza de las Técnicas de Prevención, además de los sistemas de divulgación escrita, como folletos, normas, etc., ocuparán un lugar primordial las charlas específicas de riesgos y actividades concretas.

9.1. Charla de seguridad y primeros auxilios para personal de ingreso en obra

Todo el personal, antes de comenzar sus trabajos, deberá asistir a una charla en la que irá informado de los riesgos generales de la obra, de las medidas previstas para evitarlos, de las Normas de Seguridad de obligado cumplimiento y de aspectos generales de Primeros Auxilios.

Al inicio de la semana los encargados de cada uno de los grupos de trabajo impartirán unas charlas de seguridad sobre los trabajos a realizar en este periodo y las normas de seguridad a seguir.

9.2. Charlas sobre riesgos específicos

Estarán dirigidas a los grupos de trabajadores sujetos a riesgos concretos en función de las actividades que desarrollen. Serán impartidas por los Mandos directos de los trabajos o Técnicos de Seguridad, estos serán los técnicos de seguridad de cada una de las empresas que participan en la ejecución de la obra.

Si, sobre la marcha de los trabajos, se detectasen situaciones de especial riesgo en determinadas profesiones o fases de trabajo, se programarían Charlas Específicas, impartidas por el Técnico de Seguridad encaminadas a divulgar las medidas de protección necesarias en las actividades a que se refieran.

Entre los temas más importantes a desarrollar en estas charlas estarán los siguientes:

- Riesgos eléctricos.
- Trabajos en altura.
- Riesgos de soldadura eléctrica y oxicorte.
- Uso de máquinas, manejo de herramientas.
- Manejo de cargas de forma manual y con medios mecánicos.
- Empleo de andamios, plataformas, escaleras y líneas de vida.

10. Reuniones de seguridad.

Para que la política de mentalización y motivación de los mandos de obra en el campo de la prevención de accidentes sea realmente efectiva, son muy importantes las Reuniones de Seguridad en las que la Dirección de Obra, los Mandos Responsables de

la ejecución de los trabajos, los trabajadores y el personal de Seguridad analicen conjuntamente aspectos relacionados exclusivamente con la prevención de accidentes.

11. Medicina asistencial

Partiendo de la imposibilidad humana de conseguir el nivel de riesgo cero, es necesario prever las medidas que disminuyan las consecuencias de los accidentes que, inevitablemente puedan producirse. Esto se llevará a cabo a través de tres situaciones:

- Control médico de los empleados.
- La organización de medios de actuación rápida y primeros auxilios a accidentados.
- La medicina asistencial en caso de accidente o enfermedad profesional.

11.1. Control médico

Tal como establece la Legislación Vigente, todos los trabajadores que intervengan en la construcción de las obras objeto de este Estudio, pasarán los reconocimientos médicos previstos en función del riesgo a que, por su oficio u ocupación, vayan a estar sometidos.

11.2. Medios de actuación y primeros auxilios

La primera asistencia médica a los posibles accidentados será realizada por los Servicios Médicos de la Mutua Laboral concertada por cada contratista o, cuando la gravedad o tipo de asistencia lo requiera por los Servicios de Urgencia de los Hospitales Públicos o Privados más próximos.

En la obra se dispondrá, en todo momento, de un vehículo para hacer una evacuación inmediata, de un medio de comunicación (teléfono) y de un Botiquín y, además, habrá personal con unos conocimientos básicos de Primeros Auxilios, con el fin de actuar en casos de urgente necesidad.

Asimismo se dispondrá, igualmente, en obra de una "nota" escrita, colocada en un lugar visible y de la que se informará y dará copia a todos los contratistas, que contendrá una relación con las direcciones y teléfonos de los Hospitales, ambulancias más cercanas, así como los médicos locales.

11.3. Medicina asistencial en capacidades laborales transitorias o permanentes

El contratista debe acreditar que este servicio queda cubierto por la organización de la Mutua Laboral con la que debe tener contratada póliza de cobertura de incapacidad transitoria, permanente o muerte por accidente o enfermedad profesional.

12. Vestuarios y aseos

En la zona destinada a instalaciones e contratistas, estos montarán casetas prefabricadas para aseos y vestuarios de su personal cumpliendo, en función del número de trabajadores que los utilicen en cada momento, las condiciones mínimas establecidas en el Capítulo III de la O.G.S.H.T., o bien usar, en su defecto y bajo las mismas condiciones las instalaciones definitivas. En cualquier caso, estas instalaciones se deberán mantener en unas adecuadas condiciones de limpieza e higiene.

13. Pliego de Condiciones

13.1. Objeto

El objeto del siguiente Pliego de Condiciones es especificar las características y condiciones técnicas correspondientes a los medios de protección colectiva e individual vistos anteriormente, así como las normas necesarias para su correcto mantenimiento, atendiendo a la Reglamentación Vigente.

13.2. Disposiciones legales reglamentarias.

Será de obligado cumplimiento, por parte de los contratistas, la normativa reseñada a continuación:

- Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre.
- Ley 31/1995, de 8 de Noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo (O.M. de 9 de Marzo de 1971), en los Capítulos y artículos no derogados por la Ley 31/95).
- Ley General de la Seguridad Social (R.D. 2065/74, de 30 de Mayo).
- Ordenanzas General Siderometalúrgica (O.M. de 29 de Julio de 1970).
- Estatuto de los Trabajadores (Ley 8/80 de t de Marzo).
- Constitución, composición y funciones de los Comités de Seguridad y Salud Laboral (Ley 31/95).
- Ordenanza 1 laboral de la Construcción (O.M. 28.08.70)

ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

- Ordenanza Laboral Industrias Siderometalúrgicas (O.M.29.07.70).
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (D.2413/73 de 20 de Septiembre, y Ordenes Complementarias).
- Reglamento de Actividades Molestas, Insalubres y Peligrosas (D.2414/61 de 22 de Diciembre).
- Reglamento de Explosivos (R.D. 2114/78, B.O.E. 07.09.78).
- Reglamento de aparatos Elevadores para Obras (O.M. de 23 de Mayo de 1977, y Ordenes Complementarias).
- Reglamento de Seguridad en las Máquinas (R.D. 1495/86 de 26 de Mayo) Reglamento de Aparatos a Presión (R.D. 1244/79 de 4 de Abril).
- Almacenamiento de Productos Químicos (R.D. 668/80 de 8 de Febrero).
- Instrucción Técnica Reglamentaria sobre extintores de incendios (O.M. de 31 de Mayo de 1982).
- Normas sobre señalización (R.D. 1403/86 de 9 de Mayo).
- Estudios y Planes de Seguridad (R.D. 555/86 de 21 de Febrero).
- Notificación de accidentes de trabajo (O.M. de 16 de Diciembre de 1987).
- Normas Técnicas Reglamentarias para la Homologación de Medios de Protección Personal.
- F.P.I (R.D. 1407/92 de 20 de Noviembre y modificaciones posteriores).
- Convenios Colectivos Provinciales.

Serán también de obligado cumplimiento cualquiera otra disposición oficial, relativa a la Seguridad y Salud Laboral, que entre en vigor durante la ejecución de la obra y que pueda afectar a los trabajos en la misma.

13.3. Protecciones personales

Todos los Equipos de Protección Individual (EPI) cumplirán lo establecido en el R.D. 1407/92 de 20 de Noviembre, y modificaciones posteriores, por el que se adoptan en Todos los Equipos de Protección Individual (EPI) de España cumplirán lo establecido en los criterios de la Normativa Europea (Directiva 89/656/CE).

Dispondrán del consiguiente certificado y contendrá de forma visible el sello (CE) correspondiente.

13.4. Protecciones colectivas

Consideramos como Protecciones Colectivas las siguientes:

- Andamios.
- Redes (según Norma UNE 81-65680).
- Mamparas.
- Protecciones de la instalación eléctrica.
- Medios de protección contra incendios.
- Señalización.
- Barandillas.
- Plataformas.
- Líneas o cuerdas de vida, etc.

13.5. Revisiones técnicas de seguridad

Tal como hemos indicado a lo largo del presente Estudio, se realizarán, con cierta periodicidad, las revisiones necesarias a los equipos, herramientas y medios auxiliares, con el fin de mantenerlos en perfectas condiciones de uso.



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

DISEÑO PLANTA FOTOVOLTAICA DE 300 KW CON
SEGUIMIENTO SOLAR Y CONEXIÓN A RED EN
NAVARRA

5 PLIEGO DE CONDICIONES

Javier Martínez Arce

Martín Ibarra Murillo

Pamplona, Septiembre 2013

ÍNDICE

1. Objeto	112
2. Códigos y normas	112
3. Condiciones técnicas de carácter general	113
4. Condiciones específicas de interconexión a la red de media tensión	113
5. Componentes y materiales	114
5.1. Generalidades	114
5.2. Sistemas de generación	114
5.2.1. Módulos	114
5.2.2. Estructura	115
5.2.3. Cableado	115
5.2.4. Inversores	115
5.3. Sistemas de conexión a red	117
5.3.1. Cableado AC	117
5.3.2. Cuadro de medida	117
5.3.3. Cuadro de distribución	118
5.4. Puesta a tierra	119
5.5. Identificación del equipamiento	120
5.6. Selección del material	121
5.7. Criterios de calidad	121
5.8. Criterio técnico y características básicas	122
5.9. Control y prueba de la instalación	124

1. Objeto

El objeto del presente Pliego de Condiciones es determinar los requisitos técnicos y las condiciones para la realización del montaje y puesta en servicio de las infraestructuras eléctricas correspondientes a la Planta Fotovoltaica.

La instalación incorporará todos los elementos y características necesarias 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.

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.

2. Códigos y normas

A parte de la normativa legal vigente, serán de aplicación los códigos y normas en vigor, en su última edición que se citan:

- Reglamento de Centrales Generadoras de Energía Eléctrica.
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e Instrucciones complementarias.
- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de Seguridad en estaciones eléctricas, instituciones o centro (12 de noviembre de 1982).
- Reglamento de transporte, distribución, comercialización, suministro y autorización de instalaciones de energía eléctrica (RCL 1998/3048).
- RD 1663/200, de 29 de Septiembre, sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión.
- Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red establecidas por el IDAE en su apartado destinado a Instalaciones de Energía Solar
- Fotovoltaica (PCT-C.-Octubre 2002).
- Reglamento de Seguridad e Higiene en Centros de Trabajo.
- Normas Autonómicas y Provinciales para este tipo de instalaciones.
- Normas Municipales para este tipo de instalaciones.

3. Condiciones técnicas de carácter general

Como condiciones técnicas de carácter general se establecen las siguientes prescripciones:

- En particular, el funcionamiento de la instalación fotovoltaica no deberá provocar en la red pública averías, disminuciones de las condiciones de seguridad, ni alteraciones superiores a las admitidas por los Reglamentos o Normativas en vigor y que afecten a los demás usuarios. El funcionamiento de las instalaciones fotovoltaicas no dará origen a condiciones peligrosas de trabajo para el personal de mantenimiento y explotación de la red de distribución.

- En el caso de que la línea de interconexión se quede sin tensión, bien sea por trabajos de mantenimiento requeridos por la compañía distribuidora, o por haber actuado alguna protección de la línea, las instalaciones fotovoltaicas no deberán mantener tensión en la línea de distribución.

Las condiciones de conexión a la red pública se fijarán en función de la potencia de la instalación fotovoltaica, para evitar efectos perjudiciales a los usuarios con cargas sensibles. Por otra parte, para establecer el punto de conexión a la red se tendrá en cuenta la capacidad de transporte de la línea y la potencia instalada en los centros de transformación y distribuciones en diferentes fases de generadores fotovoltaicos provistos de inversores monofásicos.

4. Condiciones específicas de interconexión a la red de media tensión

En la conexión de la instalación fotovoltaica, se deberá respetar que la caída de tensión provocada por la conexión y desconexión de la Instalación Fotovoltaica sea, como máximo del 5% y no deberá provocar en ningún usuario de los conectados a la red la superación de los límites indicados en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

El factor de potencia de la energía suministrada a la compañía distribuidora será lo más próximo posible a la unidad. Las instalaciones fotovoltaicas conectadas en paralelo con la red tomarán las medidas necesarias para ello o llegar a acuerdos con la compañía distribuidora.

En el caso de incumplimiento reiterado y justificado de la reglamentación en vigor relativa a la emisión de armónicos y de la susceptibilidad electromagnética de la instalación se comunicara a la administración competente que resolverá sobre la posible desconexión.

5. Componentes y materiales

Los componentes de la instalación se dividirán en los siguientes sistemas:

1. Sistema de generación
2. Sistema de conexión a red

5.1. Generalidades

Como principio general se ha de asegurar, como mínimo, un grado de aislamiento eléctrico de tipo básico clase I en lo que afecta tanto a equipos (módulos e inversores) como a materiales conductores, cajas y armarios de conexión, exceptuando el cableado de continua que será de doble aislamiento.

La instalación incorporará todos los elementos y características necesarias para garantizar en todo momento la calidad del suministro eléctrico.

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. Sistemas generadores fotovoltaicos.

5.2. Sistemas de generación

5.2.1. Módulos

Todos los módulos deberán satisfacer las especificaciones UNE-EN 61215 para módulos de silicio cristalino o UNE-EN 61646 para módulos fotovoltaicos capa delgada, lo que se acreditará mediante la presentación del certificado oficial correspondiente.

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 $\pm 5\%$ 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 encapsulado.

Los módulos estarán probados para su correcto funcionamiento en ambientes con humedad hasta el 100% y rangos de temperatura entre -40°C y $+90^{\circ}\text{C}$, y soportando velocidades de viento de hasta 180 Km./hora. Los módulos estarán dotados de la certificación CE.

5.2.2. Estructura

El diseño y la construcción de la estructura y el sistema de fijación de módulos, permitirán las necesarias dilataciones térmicas, sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los módulos, siguiendo las indicaciones del fabricante.

Los puntos de sujeción para el módulo fotovoltaico serán suficientes en número, teniendo en cuenta el área de apoyo y posición relativa, de forma que no se produzcan flexiones en los módulos superiores a las permitidas por el fabricante y los métodos homologados para el modelo de módulo. La estructura del generador se conectará a tierra.

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

Se incluirá toda la longitud de cable DC y AC. 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 adecuados para su uso en intemperie, al aire o enterrado de acuerdo con la norma UNE 21123.

5.2.4. Inversores

El inversor debido será instalado en un lugar cerrado y equipado con sistema de ventilación forzada para mantener la temperatura ambiente dentro del rango de trabajo del inversor.

El inversor concreto proyectado dispone de la certificación CE y cumple la normativa aplicable, entre ellas las relativas el RD 1663/2000.

- Certificado “CE”.
- Directiva 73/23 EEC para aparatos eléctricos de baja tensión.
- Directiva 89/336/EEC de compatibilidad electromagnética.
- Estándares europeos: EN 50 178, EN 50 081-1, EN 50 082-2, EN 61 000-3-2 + A14.

PLIEGO DE CONDICIONES

- Real Decreto 436/2004 sobre la conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión.
- Real Decreto 1663/2000 sobre la conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión.
- “Directrices para la operación en paralelo de instalaciones de generación fotovoltaica con la red de baja frecuencia de la compañía de abastecimiento de electricidad”, publicada por la Asociación de Empresas Eléctricas de Alemania.
- “Requisitos de seguridad para instalaciones de generación de energía fotovoltaica” (ÖNORM/ÖVE E2750), en la medida en la que estas directrices conciernen a los inversores de corriente.
- Protección contra fallos de aislamiento: El inversor monitoriza la conexión a tierra de la parte fotovoltaica y muestra un mensaje de error si hay un error de aislamiento.
- Protección contra sobrecorriente a la salida.
- Protección contra inversión de polaridad en la parte DC. El inversor está protegido contra inversiones de polaridad desde los paneles.
- Protección contra sobrecalentamientos: El inversor dispone de unos ventiladores que regulan su velocidad según la temperatura interna del mismo para evitar sobrecalentamientos que puedan destruir el equipo.
- Protección contra sobrecarga de paneles: Si se han instalado demasiados paneles para un solo inversor, el inversor se protegerá produciendo menos energía a la salida.
- Protecciones contra el funcionamiento en modo isla: Siguiendo las directrices marcadas por el RD1663/2000 el inversor se desconecta cuando detecta que está funcionando en modo isla (sin apoyo de la red de baja tensión) para evitar daños sobre las personas que puedan estar trabajando en dicha red.
- Asimismo cuenta con
- Interruptor de interconexión interno para la desconexión automática.
- Protección interna de máxima y mínima frecuencia (49- 50 Hz) según normativa española.
- Protección interna de máxima y mínima tensión (340-440 Vac) según normativa española.
- Relé de bloqueo de protecciones. Este relé es activado por las protecciones de máxima y mínima tensión y de máxima y mínima frecuencia, con la posibilidad de rearme automático a los dos minutos de la normalización.
- Transformador de separación galvánica entre el lado de corriente continua y la red de baja tensión.

5.3. Sistemas de conexión a red

5.3.1. Cableado AC

Los conductores de baja tensión serán de sección adecuada a la intensidad a transportar, y la sección mínima del conductor de tierra será la fijada por la MIE BT 004, 007 y 017. El aislamiento será de polietileno reticulado (XLPE) para un nivel de 0,6/1 KV y recubrimiento de PVC. Deberán llevar grabada, de forma indeleble, la identificación del conductor y nombre del fabricante. Los empalmes se realizarán a base de manguito metálico con unión a presión de la parte conductora, sin debilitamiento de sección ni producción de vacíos superficiales. Todos los conductores estarán identificados en los extremos mediante codificación numérica de borna y equipo receptor, reflejándose en planos de cableado.

Los conductores serán de cobre o aluminio, según se indica en los esquemas unifilares que se adjuntan.

Las características básicas de los conductores a emplear, que responderán a las especificaciones que establecen las normas internacionales en vigor, de acuerdo con la tensión y condiciones de servicio a que vayan destinados, son las siguientes:

- Nivel de aislamiento 0,6/1kV.
- Material de aislamiento XLPE
- Cubierta PVC

El Contratista realizará, en campo, los siguientes ensayos para cada cable:

1. Prueba de continuidad.
2. Ensayo de tensión.

Todos los ensayos se realizarán de acuerdo con la NORMA UNE 21-123 y serán efectuados en presencia de un inspector designado al efecto por la Ingeniería. Las actas correspondientes estarán firmadas por las partes.

5.3.2. Cuadro de medida

Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1663/1400 (artículo 10) sobre medidas y facturación de instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

Todos los elementos integrantes del equipo de medida se encontrarán precintados por la empresa distribuidora. El instalador autorizado sólo podrá abrir los precintos con el consentimiento escrito de la compañía distribuidora. En caso de peligro pueden retirarse los precintos sin consentimiento de la compañía eléctrica; siendo en este caso obligatorio informar a la compañía distribuidora de inmediato.

PLIEGO DE CONDICIONES

La colocación de los contadores y las condiciones de seguridad se realizarán de acuerdo a la ITC-BT-16.

Los puestos de los contadores se deberán señalar de forma indeleble de manera que la asignación a cada cliente quede patente sin lugar a confusión. Además se indicará, para cada cliente, si es un contador de entrada de energía procedente de la compañía distribuidora o un contador de salida de energía de la instalación fotovoltaica.

Los contadores se ajustarán a las características especificadas en las normas UNE 14.439, 21.310 y 21.311y, para la activa, como mínimo a las de clase de precisión 2 regulada por el R.D. 875/84.

Las características del equipo de medida de salida serán tales que la intensidad correspondiente a la potencia nominal de la instalación fotovoltaica se encuentre entre el 50% de la intensidad nominal y la intensidad máxima de precisión de dicho equipo, tal como se especifica en el artículo 48 del Reglamento de Verificaciones Eléctricas.

Los equipos de medida deberán cumplir todo lo establecido en el Reglamento de Puntos de Medida así como la reglamentación particular de la compañía eléctrica.

El contador que se instale será un contador estático digital multi-función y multi-energía con precisión CI-2 (activa) y CI-2 (reactiva) con medida bidireccional de Activa y Reactiva en los 4 cuadrantes.

5.3.3. Cuadro de distribución

La distribución y protección en baja tensión se dispondrá en bastidor independiente del de medida y en embarrado tripolar de cobre adecuado a la intensidad nominal e intensidad de cortocircuito del punto de conexión. El embarrado principal tendrá, como mínimo, la misma capacidad de carga que el interruptor principal.

Los elementos de protección y maniobra se alojarán en unidades modulares y prefabricadas construidas con revestimiento de pintura epoxi y poliéster. Todos los fondos, techos y paredes laterales serán elementos separados, extraíbles y dotados de juntas de estanqueidad, y permitirán ampliación por extensión de sus armaduras.

Donde quiera que haya una unión entre barras, éstas estarán plateadas y atornilladas de acuerdo con normas DIN. Todos los embarrados, cables, terminales y conexiones estarán diseñados para una capacidad de 1,5 veces la del interruptor principal a plena carga.

Los interruptores automáticos serán aparatos de instalación fija y accionamiento automático con cierre y apertura manual, de corte omnipolar y con las siguientes características:

Tensión nominal.....	440 V.
Tensión de aislamiento.....	1.000 V.
Normas.....	UNE-CEI

PLIEGO DE CONDICIONES

El sistema de protecciones deberá cumplir lo exigido por la reglamentación vigente así como las normas de la compañía eléctrica distribuidora. El sistema será regulado de tal manera que sea selectivo con el sistema de protección de la compañía eléctrica distribuidora.

Los aparatos de medida analógica se suministrarán en cada caso en la forma, dimensiones y características que se especifiquen. Serán empotrables, de forma cuadrada o rectangular, con suficiente sensibilidad, y provistos de amortiguadores. Podrán ser de precisión o industriales, de acuerdo con cada aplicación en concreto. Los aparatos de precisión con fuerza antagonista mecánica, deberán estar dotados de un dispositivo que permita la corrección del índice "0" en reposo.

Todo el material comprendido en este apartado, deberá haber sido sometido a las pruebas de tensión, aislamiento, resistencia al calor y mecánica, fusión y cortocircuitos exigidas a esta clase de material en las normas V.D.E. y recomendaciones de la A.E.E.

Los materiales deberán ser productos normales de fabricantes de reconocida solvencia. Cuando se requieran dos o más unidades de un mismo material, deberán ser producto de un mismo fabricante.

Todos los elementos y piezas necesarias del montaje van incluidos en los correspondientes módulos de racores, regletas, mando, control y embarrado de conexión y disyuntores.

5.4. Puesta a tierra

Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1663/1400 (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 estarán conectadas a tierra. Esta tierra será independiente de la del neutro de la empresa distribuidora de acuerdo con el Reglamento de Baja Tensión.

Las picas a utilizar para la conexión de puesta a tierra cumplirán las siguientes características:

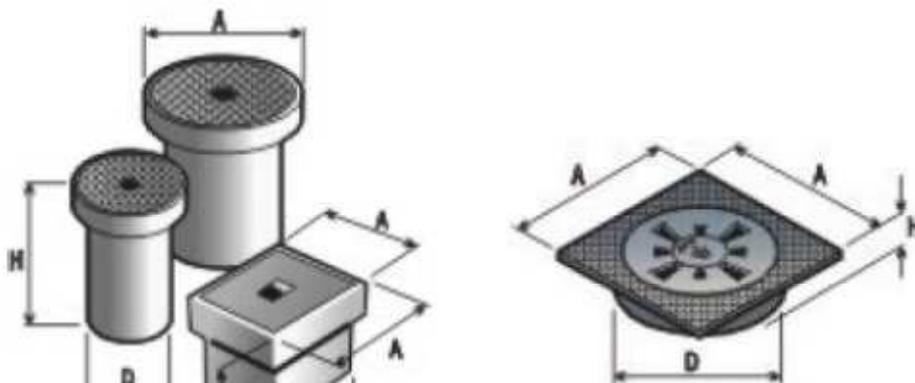
1. irán con la marca troquelada en uno de los extremos de la pica.
2. El diámetro de la pica se medirá sobre la capa de cobre, con una tolerancia de +0,2/-0,1 mm.
3. En la longitud de la pica se admitirá una tolerancia de 5 mm en más o menos.
4. La operación de roscado se efectuará, después del cobreado, por el procedimiento de laminado en frío, sin arranque de viruta.
5. La rosca no deberá tener ningún punto en el que se haga visible el acero.
6. El alma de la pica estará constituido por acero fino al carbono de dureza Brinell comprendida entre 180 y 220 H. Su contenido en fósforo y azufre no excederá del 0,04%.

PLIEGO DE CONDICIONES

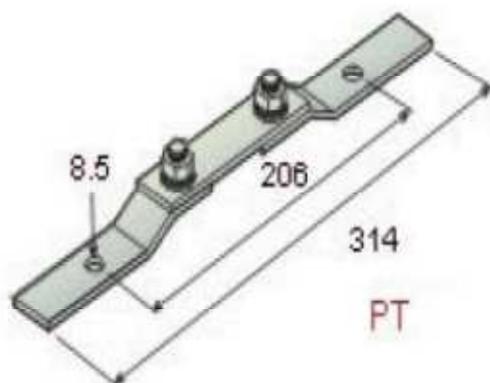
7. El revestimiento será de cobre electrolítico del tipo definido en la norma UNE 20 003.

8. El espesor medio de la capa de cobre en cualquier sección de las picas será, como mínimo, de 300 micras (0,3 mm.), y en ningún punto el espesor efectivo será inferior a 270 micras (0,27 mm.).

Se proveerá de arquetas de registro de tipo circular o cuadrado según la figura:



Para la unión a la pica se utilizarán pletinas de cobre y tortillería de latón electro Galvanizado



5.5. Identificación del equipamiento

Cada inversor, módulo, y, donde sea aplicable, cada caja de conexiones, estará identificado de forma única con un número de etiqueta que se muestra en el diagrama unifilar eléctrico, el plano de disposición general del equipamiento, o el programa del equipamiento según sea apropiado. Se deben proveer y colocar etiquetas permanentes en estos ítems del equipamiento por parte del contratista del montaje durante el mismo.

Cada cable será identificado de forma única con el número de cable que figura en los esquemas de cableado. Los cables deben ser identificados con marcadores para cada cable en cada extremo, y donde sea necesario en posiciones intermedias apropiadas por el contratista del montaje durante el mismo.

5.6. Selección del material

Por lo general, al seleccionar el material para este proyecto debe de sopesarse de alguna manera tres criterios muy ligados, que son:

1. Técnico y de calidad.
2. Económicos.
3. Estético ó decorativos.

Por orden de importancia, el material debe de cumplir con todas las exigencias que la normativa vigente obliga y que éste pliego de condicione impone, para lograr el nivel de calidad óptimo de ésta instalación. Por tanto, para aplicar con conocimiento de causa éste criterio, se deben conocer perfectamente todas las condiciones de trabajo y de funcionamiento del material y exigir al fabricante, las garantías suficientes para conseguir su fiabilidad y conocer la reglamentación que obliga a cada elemento a cumplir unas condiciones mínimas de seguridad y de funcionamiento, con las limitaciones que cada uno tenga.

De toda la información, es preciso destacar lo que son las características técnicas básicas del elemento de que se trate, y sopesar sus valores en relación a las exigencias de la instalación.

El segundo criterio enunciado, el económico, es desgraciadamente uno de los más influyentes en la selección del material, lo que ocurre es que pocas veces es estudiado con poca visión de futuro, olvidando lo que puede ser una adquisición inicial económica, puede que no lo sea tanto al cabo del tiempo (por su poca durabilidad, exceso de mantenimiento y en definitiva vida corta), por ello, a la hora de aplicar éste criterio es muy importante hacer una valoración del mismo, en el que se tengan en cuenta no sólo el factor de importe de adquisición, sino su amortización en el plazo estipulado, los costes de mantenimiento y entretenimiento, los daños ocasionados por las averías que pueda producir, los costos de reposición y sustitución, etc.; lo que hace que predomine más la calidad del producto, que el costo de adquisición.

El tercer factor considerado, (estético) no está reñido con los anteriores, pero de ninguna manera deberá prevalecer sobre el primero, ya que por lo general las características innovadoras del material eléctrico (visible) buscan en muchas ocasiones la justificación de un encarecimiento del mismo, por razones estéticas.

No hay por qué olvidar el aspecto decorativo, el cual también tiene su importancia, pero siempre que no vaya en detrimento de las características técnicas del material en éste proyecto.

5.7. Criterios de calidad

La calidad en sentido general para este proyecto, la podemos definir diciendo que es el grado en que un bien o servicio satisface las necesidades del consumidor del mismo.

PLIEGO DE CONDICIONES

Aplicando éste, será pues el grado o nivel en que su utilización satisface al usuario, dependiendo lógicamente de que mantenga un funcionamiento correcto y duradero.

Esta satisfacción del usuario, tiene que ser adecuada en el tiempo (que la instalación no tenga averías frecuentes) midiendo siempre este valor en un funcionamiento a largo plazo (por ejemplo, diez años) y estimado las averías normales en este periodo, y también debe ser adecuada en su extensión (que cumpla con las necesidades y de una forma idónea en toda su amplitud).

No cabe duda, de que la calidad de las instalaciones eléctricas se basa en tres puntos principales:

- a) Elección adecuada del material.
- b) Instalación adecuada y correcta de los mismos.
- c) Regulación precisa de sus elementos.

Ni que decir tiene que, para conseguir que estos tres puntos funcionen independientemente y en su conjunto se requiere un control de esa calidad, basado en la fiabilidad exigida al material para conseguir su funcionamiento sin fallo, durante el tiempo previsto y en las condiciones establecidas. Un control de la calidad mínima que se debe exigir al material está por lo general definido en la reglamentación y normativa legal vigente y corresponde al técnico cualificado el control y la exigencia de esta calidad.

Muchas veces el material cumple con estas exigencias de calidad pero falla el factor humano; el instalador debe tener la formación necesaria para ejercer su profesión y no se olvide que en cuanto a instalaciones eléctricas se refiere, debe ser un instalador autorizado, según el REBT.

Por último, la regulación precisa de todos los elementos de control de la instalación, son fundamentales para conseguir el nivel de calidad exigido en cada caso.

5.8. Criterio técnico y características básicas

Ya se ha dicho anteriormente la importancia de estos criterios sobre todos los demás, para que la instalación puede alcanzar su grado de calidad exigido; por ello, conviene destacar las características básicas de los materiales, sobre todas las demás y que de una manera general podemos resumir en las siguientes:

CONDUCTORES ELÉCTRICOS

- Resistencia del material.
- Conductividad térmica del material.
- Resistencias mecánicas.
- Resistencias a la corrosión y al envejecimiento
- Nivel de aislamiento.
- Rigidez dieléctrica del aislamiento, etc.

PLIEGO DE CONDICIONES

APARATOS DE MANIOBRA

- Número de polos.
- Intensidad nominal.
- Poder de la ruptura.
- Nivel de aislamiento.
- Rigidez dieléctrica del aislamiento, etc.

APARATOS DE PROTECCIÓN

- Número de polos protegidos.
- Tensión nominal.
- Intensidad nominal.
- Poder de ruptura.
- Nivel de aislamiento.
- Grado de regulación.
- Sensibilidad.
- Tipo de accionamiento.

APARATOS DE SEÑALIZACIÓN Y CONTROL

- Tensión nominal.
- Intensidad nominal.
- Nivel de aislamiento.
- Grado de regulación.
- Sensibilidad.
- Tipo de accionamiento.

APARATOS DE SEÑALIZACIÓN Y CONTROL

- Tensión nominal
- Intensidad nominal.
- Nivel de aislamiento.
- Precisión.
- Regulación.
- Tipo de medición, etc.

RECEPTORES ELÉCTRICOS

- Potencia eléctrica.
- Tensión nominal.
- Consumo.
- Grado de protección.
- Grado de aislamiento.
- Características de funcionamiento, etc.

5.9. Control y prueba de la instalación

Dentro del ámbito del control de la calidad de la instalación eléctrica, entra la realización de las pruebas y controles no sólo del propio material sino de la instalación en sí, ya que se requiere una puesta a punto al finalizar el montaje, e inmediatamente unas pruebas de control antes de la puesta en servicio definitiva. Estos controles los podemos dividir en dos grandes grupos:

- a) Control de cumplimiento de la normativa y reglamentación.
- b) Control y verificación del funcionamiento.

No es que exista una separación entre ambos controles ya que éstos pueden ser simultáneos y de hecho en muchos casos lo son, pero sí queremos distinguir lo que es una simple inspección de un precepto reglamentario de lo que es una prueba o verificación.

Así al primer grupo, corresponde prever una revisión de toda la normativa legal vigente y extraer de la misma los puntos más significativos a comprobar.

Este cumplimiento se ha debido de ir vigilando en todo el proceso de la instalación, pero no olvidemos que esto no es más que una comprobación de que todos estos puntos están cumplidos.

Los puntos a verificar son los siguientes:

- Nivel o grado de electrificación.
- Volúmenes de prohibición y protección de cuartos de baño.
- Identificación de conductores.
- Tipo de instalación en cada local.
- Dotación de dispositivos de seguridad.
- Características de los mecanismos.
- Formas de conexiones eléctricas.
- Secciones y aislamiento de conductores.
- Disposición de cuadros.
- Red de tierras.
- Redes equipotenciales.
- Diámetro de los tubos.
- Tipo de lámparas.
- Tipo de material en general, etc.

Sobre el control y verificación del funcionamiento, destacaremos los siguientes:

- Verificación de la polaridad.
- Comprobación de aislamiento (rigidez dieléctrica).
- Comprobación de aislamientos (resistencia).
- Comprobación de la resistencia, de la puesta a tierra.
- Comprobación de continuidades.
- Comprobación del reparto de cargas.
- Verificación de caídas de tensión admisibles.

PLIEGO DE CONDICIONES

- Comprobación del calentamiento de líneas.
- Comprobación y medición del factor de potencia.
- Comprobación del disparo de las protecciones.

La verificación de la polaridad se realiza con un buscapolos, debiendo ir conectados los mecanismos a los hilos activos y los receptores al neutro.

La comprobación de la rigidez dieléctrica de los aislamientos se verifica con un medidor de aislamiento, manteniendo constante la tensión de prueba durante el tiempo estipulado.

La medida de la resistencia de aislamientos se realiza con un megóhmetro, haciendo la medición de aislamiento entre conductores entre sí y con respecto a tierra; el valor obtenido en ningún caso será inferior a 250.000 Ohmios.

La medición de la resistencia de puesta a tierra, se verifica comprobando en la arqueta de registro de puesta a tierra.

La comprobación de continuidad, se refiere a líneas y conductores de protección. Estas se pueden realizar comprobando el funcionamiento de los receptores con tensión, o mediante un ohmímetro, desconectando previamente la tensión de las líneas.

La comprobación del reparto de cargas, se realiza por medio de una medición de la intensidad de consumo de cada fase, en la cabecera de línea, simultaneando el uso de los receptores que abastecen. Para esta medición se pueden utilizar aparatos registradores o bien amperímetros de pinza.

Se comprobará midiendo la tensión al principio y al final de líneas en consumo, si las caídas de tensión máximas están dentro de los valores admisibles.

La comprobación del calentamiento de líneas se realiza con un termómetro digital con sonda de contacto sobre conductores, cuando las líneas trabajen a plena carga. A veces, por esta comprobación se detectan los contactos flojos o defectuosos, en cajas o bornes de empalme o conexión.

El factor de potencia se comprobará, o bien mediante las lecturas de los contadores de energía activa y reactiva, o bien mediante un fasímetro.

La comprobación del disparo de las protecciones se realizará aumentando las cargas, hasta sobrepasar por la simultaneidad de usos los consumos nominales, o provocando la sobreintensidad con un generador independiente. El disparo de los diferenciales, se comprobará provocando una derivación a tierra del valor de su sensibilidad, al mismo tiempo que se comprobará previamente con su botón de prueba.



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

DISEÑO PLANTA FOTOVOLTAICA DE 300 KW CON
SEGUIMIENTO SOLAR Y CONEXIÓN A RED EN
NAVARRA

6 PRESUPUESTO

Javier Martínez Arce

Martín Ibarra Murillo

Pamplona, Septiembre 2013

ÍNDICE

1.	PRESUPUESTO ECONÓMICO	128
1.1.	Obra civil	128
1.2.	Módulo fotovoltaico	128
1.3.	Estructura de soporte	128
1.4.	Estación Ingecom Power Station SHE 20.....	129
1.5.	Puesta a Tierra	129
1.6.	Cableado	129
1.7.	Tubos	130
1.8.	Cuadros y cajas de conexiones	130
1.9.	Protecciones	130
2.	Resumen del presupuesto	131

PRESUPUESTO

1. PRESUPUESTO ECONÓMICO

En éste apartado se evalúa el coste económico que supone toda la instalación del sistema solar fotovoltaico. Se desglosa parte a parte en la que se indica la descripción del elemento, su precio unitario, la unidad en la que se mide y su coste.

1.1. Obra civil

Componentes	Cantidad	Ud.	€/Ud.	Importe €
Desbroce y limpieza del terreno	10000	m ²	0,77	7.700€
Valla metálica galvanizada de 2 m de altura	400	m	17	6.800€
Puertas de acceso a la parcela	1	Ud.	200	200€
Zanja tipo para tubos de PVC de 63 mm	80	m	7,5	600€
Zanja tipo para tubos de PVC de 150 mm	50	m	7,5	375€
Zanja tipo para tubos de PVC de 400 mm	20	m	7,5	150€
TOTAL				15.825€

1.2. Módulo fotovoltaico

Componentes	Cantidad	Ud.	€/Ud.	Importe €
Módulo SunPower E19-320	1000	Ud	452,58	452.580€
TOTAL				452.580€

1.3. Estructura de soporte

Componentes	Cantidad	Ud.	€/Ud.	Importe €
Estructura soporte modelo MS-2 TRACKER	25	Ud	12.117,06	302.926,05€
Hormigón para zapatas	187,5	m ³	48,00	9.000€
TOTAL				311.926,5€

PRESUPUESTO

1.4. Estación Ingecom Power Station SHE 20

Componentes	Cantidad	Ud.	€/Ud.	Importe €
Equipada con inversor Ingecom 250 M220 Indoor, protecciones de CC y AC y transformador 630 KVA	1	Ud	103.471,85	103.471,85€
TOTAL				103.471,85€

1.5. Puesta a Tierra

Componentes	Cantidad	Ud.	€/Ud.	Importe €
Instalación de puesta a tierra, constituida por 1 picas de cobre de 2 m, cable desnudo de cobre de 35 mm ² puentes para medida en cada toma de tierra y elementos auxiliares.	25	Ud.	156,96	3.924€
Conductor de Cu desnudo de 35	400	m	1,06	424€
TOTAL				4.348€

1.6. Cableado

Componentes	Cantidad	Ud.	€/Ud.	Importe €
Cable RV-K 0,6/1KV unipolar 4 mm ² Cu	1500	m	0,45	675€
Cable RV-K 0,6/1KV unipolar 6 mm ² Cu	4000	m	1,28	5.120€
Cable RV-K 0,6/1KV unipolar 16 mm ² Cu	50	m	2,80	140€
Cable RV-K 0,6/1KV unipolar 150 mm ² Cu	50	m	10,80	450€
Cable RV-K 0,6/1KV unipolar 400 mm ² Cu	10	m	28,60	286€
Conductor de protección 70 mm ²	50	m	6,20	310€
Conductor de protección 185 mm ²	10	m	11,86	118,6€
TOTAL				7.099,6€

PRESUPUESTO

1.7. Tubos

Componentes	Cantidad	Ud.	€/Ud.	Importe €
Tubería corrugada 16 mm ²	4000	m	0,48	1.920€
Tubería corrugada 20 mm ²	50	m	0,58	29€
Tubería corrugada 63 mm ²	1	m	200	200€
Tubería corrugada 150 mm ²	50	m	8,65	432,5€
Tubería corrugada 400 mm ²	10	m	38,55	385,5€
TOTAL				1.5825€

1.8. Cuadros y cajas de conexiones

Componentes	Cantidad	Ud.	€/Ud.	Importe €
Caja de conexión	10	m	450	4.500€
Caja de concentración	2	Ud.	1.150	2.300€
Montaje e instalación de armario de contadores que incluye armario de PVC, contador bidireccional, regleta de verificaciones y embarrado totalmente instalado.	1	Ud.	2.100	2.100€
TOTAL				8.900€

1.9. Protecciones

Componentes	Cantidad	Ud.	€/Ud.	Importe €
Fusible DF Electric gPV 32A	200	Ud.	8,60	1.720€
Fusible DF Electric NH gPV 80A	20	Ud.	25	500€
Interruptor magnetotérmico Legrand 800A	1	Ud.	808,24	808,24€
Interruptor diferencial Legrand 800A	1	Ud.	833,12	833,12€
Interruptor magnetotérmico SACE isomax S6 tetrapolar 800A	1	Ud.	883,52	883,52€
TOTAL				4.744,88€

PRESUPUESTO

2. Resumen del presupuesto

Capítulo	Resumen	Euros
1	Obra civil	15.825 €
2	Módulo fotovoltaico	452.580 €
3	Estructura de soporte	311.926,5 €
4	Estación Ingecom Power Station SHE 20	103.471,85 €
5	Puesta a tierra	4.348 €
6	Cableado	7.099,6 €
7	Tubos	15.825 €
8	Cuadros y cajas de conexiones	8.900 €
9	Protecciones	4.744,88 €
TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL		924.720,83 €
13,00 % GASTOS GENERALES		120.213,7 €
6,00 % BENEFICIO INDUSTRIAL		55.483,25 €
TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN POR CONTRATA		1.100.417,78 €
21% IVA		231.087,73 €
TOTAL PRESUPUESTO GENERAL		1.331.559,51 €

El presupuesto general asciende a la cantidad de:

UN MILLÓN TRESCIENTOS TREINTAUN MIL QUINIENTOS CINCUENTA Y NUEVE CON CINCUENTA Y UN EUROS

TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL	924.720,83 €
3,00 % PROYECTO	27.741,62 €
3,00 % DIRECCIÓN DE OBRA	27.741,62 €
HONORARIOS	55.483,24 €
21% IVA	11.651,48 €
TOTAL PRESUPUESTO GENERAL	67.134,72 €

El presupuesto de honorarios asciende a la cantidad de:

SESENTA Y SIETE MIL CIENTO TREINTA Y CUATRO CON SETENTA Y DOS EUROS



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

DISEÑO PLANTA FOTOVOLTAICA DE 300 KW CON
SEGUIMIENTO SOLAR Y CONEXIÓN A RED EN
NAVARRA

7 BIBLIOGRAFÍA

Javier Martínez Arce

Martín Ibarra Murillo

Pamplona, Septiembre 2013

ÍNDICE

1. Apuntes y libros.....	134
2. Software utilizado.....	134
3. Páginas web	134

BIBLIOGRAFÍA

1. Apuntes y libros.

- [1] Apuntes de la asignatura Instalaciones eléctricas.
- [2] Apuntes de la asignatura Oficina Técnica.
- [3] Apuntes de la asignatura Administración y Dirección de Empresas.
- [4] Reglamento electrotécnico de baja tensión Mc Graw-Hill, 2003.
- [5] IDAE, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, “Pliego de Condiciones Técnicas de instalaciones Conectadas a Red”, 2002.
- [7] Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación, "Prescripciones Generales de Seguridad" , www.coitiab.es, 2008.

2. Software utilizado

- Software PV3 RETScreen.
- Software AUTOCAD, 2010.
- Software GOOGLE EARTH, 2010.
- Microsoft Office, 2007.
- Cypelec 2013

3. Páginas web

- [1] Energías renovables: www.energias-renovables.com
- [2] Centro Nacional de Energías Renovables: www.cener.es
- [3] Mapas: www.googlemaps.es
- [4] Red Eléctrica Española: <http://www.ree.es/>
- [5] Centro de investigaciones energías renovables CIEMAT: <http://www.ciemat.es>
- [6] Energía: www.solarweb.net
- [7] Electricidad: www.iberdrola.es
- [8] Mapas: www.sigpac.mapa.es/fega/visor
- [9] Mapas: www.solarweb.net.
- [10] Radiación de Europa: re.jrc.ec.europa.eu/pugis/apps3/puest.php
- [11] Radiación ciudades: mapserve3.nrel.gov/puwalts-viewer/index.htm
- [12] Decretos: www.sunnetworks.org

BIBLIOGRAFÍA

- [13] Wikipedia: www.wikipedia.com
- [14] Energía fotovoltaica: www.canarysolar.es
- [15] www.idae.es (Instituto para la diversificación y ahorro energético).
- [16] www.legrand.com (Material eléctrico), Mayo 2010.
- [17] www.sunpowercorp.com (módulos solares, etc.).
- [18] www.schneiderelectric.es (Control y Protecciones Eléctricas).
- [19] www.mecasolar.es (Seguidores Fotovoltaicos).
- [20] www.solarizate.es.
- [21] www.suelosolar.es.
- [22] www.energias_renovables.com.
- [23] www.cne.es.
- [24] www.top50_solar.de.