

2014

Planta fotovoltaica Huéscar.

2 MW de Potencia.





Índice.

1.	Introducción.....	6
1.1.	Objetivo del Proyecto.	6
1.2.	Alcance.	6
1.3.	Antecedentes.	6
2.	Descripción del parque fotovoltaico.....	9
2.1.	Descripción general.....	9
2.1.1.	Emplazamiento.	9
2.1.2.	Características generales.....	9
2.2.	Descripción del generador fotovoltaico.....	10
2.2.1.	Efecto Fotovoltaico.....	10
2.2.2.	Descripción general de un generador de 625 KW.	10
2.2.3.	Módulos Fotovoltaicos.....	11
2.2.4.	Seguidor solar.	12
2.2.5.	Inversor.....	13
2.2.6.	Instalación eléctrica.....	14
2.2.7.	Sistema de medición y facturación.	15
2.2.8.	Sistema de monitorización.	15
2.2.9.	Instalaciones de seguridad y vigilancia.....	16
2.2.10.	Ficha técnica de la instalación.	16
2.3.	Casetas de Instalaciones.	17
2.3.1.	Caseta de control y medida.....	17
2.3.1.1.	Tipología.....	17
2.3.2.	Caseta del inversor.	17
2.3.2.1.	Tipología.....	17
2.3.2.2.	Cimentación.....	18
2.3.2.3.	Manipulación y transporte.....	18
2.3.3.	Caseta para conexión en la red de media tensión.	19



2.3.3.1.	Tipología.....	19
2.3.3.2.	Cimentación.....	19
2.3.3.3.	Manipulación	20
2.4.	Obra civil.....	20
2.4.1.	Linde de la parcela.....	20
2.4.2.	Canalizaciones.....	20
2.4.3.	Anclaje del seguidor.....	22
2.5.	Instalación eléctrica de baja tensión.....	22
2.5.1.	Descripción del sistema.	22
2.5.2.	Instalaciones de enlace.....	23
2.5.3.	Cuadro principal (CGBT).....	24
2.5.4.	Líneas a cuadros secundarios.....	25
2.5.5.	Cuadros secundarios.	25
2.5.6.	Instalación interior.....	27
2.5.7.	Instalación de puesta a tierra.	28
2.6.	Instalación eléctrica de generación.....	31
2.6.1.	Descripción del sistema.	31
2.6.2.	Diseño de secciones de cableado sección continua.....	32
2.6.3.	Diseño de secciones de cableado sección alterna.	33
2.6.4.	Tubos protectores.	35
2.6.5.	Protecciones eléctricas en continua.	35
2.6.6.	Protección corriente alterna.....	37
2.6.7.	Contador de energía.	38
2.6.8.	Instalación de puesta a tierra.	39
2.7.	Conexión a la red eléctrica.....	39
2.7.1.	Punto de conexión.....	39
2.7.2.	Centro de transformación.....	40
2.7.3.	Celdas de media tensión.....	42



3.	Dimensionado de la instalación.....	43
3.1.	Diseño del generador fotovoltaico.....	43
3.1.1.	Dimensionado del sistema generador.....	43
3.1.2.	Configuración y dimensionado del inversor.....	43
3.2.	Estudio energético.....	45
3.2.1.	Radiación estimada en el emplazamiento $G_a(0)$	45
3.2.2.	Radiación sobre el plano del generador $G_a(\beta_{opt})$	45
3.2.3.	Pérdidas por desorientación del generador.....	45
3.2.4.	Pérdidas por sombreados.....	45
3.2.5.	Cálculo de la energía generada.....	47
4.	Justificación de la solución adoptada.....	49
4.1.	Emplazamiento.....	49
4.2.	Conexión con la compañía eléctrica.....	49
4.3.	Seguidores.....	50
4.4.	Ubicación de inversores.....	50
5.	Análisis económico.....	51
5.1.	Presupuesto.....	51
5.2.	Tarifa eléctrica.....	55
6.	Conclusión.....	56
7.	Agradecimientos.....	57
8.	Normativa.....	58
9.	Bibliografía.....	59

Anexo 1

Anexo 2

Anexo 3





1. Introducción.

1.1. Objetivo del Proyecto.

El objetivo del presente proyecto es la construcción de las instalaciones necesarias para el desarrollo y funcionamiento de un parque fotovoltaico según las necesidades requeridas y conforme a la normativa vigente, formado por 3 instalaciones independientes de 625 KW.

Las parcelas se encuentran ubicadas en el municipio de Huéscar (Granada), concretamente en el polígono número 10 parcela 20 recinto 1.

La actividad o uso al que se destinan las instalaciones que nos ocupan, la producción y la posterior venta a la compañía distribuidora de energía a partir del aprovechamiento de la energía solar.

1.2. Alcance.

El alcance del presente proyecto es el diseño y construcción de la instalación fotovoltaica de 2 MW ubicada en la localidad de Huéscar (Granada).

En primer lugar se realizará una introducción a la energía solar fotovoltaica, creando las bases necesarias para el cálculo y configuración de cada uno de los 3 generadores fotovoltaicos que se encuentran en la central.

En segundo lugar, se realizarán la descripción del parque fotovoltaico, incluyéndose el cálculo y diseño de la obra civil necesaria para su correcto funcionamiento.

Por último, se realizarán una serie de estudios para que garanticen la viabilidad económica y la sostenibilidad del proyecto.

1.3. Antecedentes.

Un sistema fotovoltaico de conexión a red (SFCR) aprovecha la energía del sol para transformarla en energía eléctrica que cede a la red convencional para que pueda ser consumida por cualquier usuario conectado a ella.

La Ley 54/1997, de Noviembre, del Sector Eléctrico estableció los principios para el desarrollo de un nuevo modelo de producción de energía eléctrica basados en la libre competencia, la mejora de la eficiencia energética, la reducción del consumo y la protección



Parque Fotovoltaico de 2 Mw

del medioambiente (reducción de gases de efecto invernadero). Para ello establece el régimen especial de producción de energía eléctrica, como régimen diferenciado del ordinario, en el que se englobarían las instalaciones abastecidas por recursos o fuentes de energía renovables, residuos y cogeneración.

Es a partir de la publicación del *Real Decreto de 2818/1998*, de 23 de Diciembre, que en España se permite que cualquier interesado pueda convertirse en productor de electricidad a partir de recursos o fuentes de energía renovables, residuos y cogeneración, ya que desarrolla reglamentariamente el régimen especial establecido en la *Ley 54/1997*, "en lo relativo a los requisitos y procedimientos para acogerse al régimen especial, a los procedimientos de inscripción en el Registro correspondiente, a las condiciones de entrega de energía y al régimen económico."

Posteriormente al Real Decreto de *1663/2000*, 29 de Septiembre, establece "las condiciones administrativas y técnicas básicas de conexión a red de baja tensión de las instalaciones solares fotovoltaicas, teniendo en cuenta sus especiales características con la finalidad de establecer una regulación específica que permita el desarrollo de esa actividad." Que fue remplazado en 2011 por el *RD 1669/2011*.

Por último, para dar garantías y estabilidad al desarrollo de la producción de energía eléctrica en régimen especial, y en especial a la energía solar fotovoltaica, el *Real Decreto 436/2004*, de 12 de Marzo, establece la metodología para la actualización y sistematización del régimen jurídico y económico de la actividad de producción de energía e régimen especial.

Es en este Real Derecho en su Artículo 1, apartado b), se señala claramente que su finalidad es la de establecer "un régimen económico duradero par a las instalaciones acogidas al régimen especial. "

La durabilidad del régimen retributivo se asegura en él:

"Artículo 33. Tarifas, primas e incentivas para instalaciones de categoría b), grupo b.1: energía solar.

Instalaciones de energía solar fotovoltaica del subgrupo b1.2. Resto de instalaciones de energía fotovoltaica del subgrupo b.1.1. Donde el grupo b.1.1 son Instalaciones de energía solar fotovoltaica del subgrupo b1.1. de no más de 100 Kw de potencia instalada.



Tarifa: 300 por ciento durante los primeros 25 años desde su puesta en marcha y 240 por ciento a partir de entonces.

Prima: 250 por ciento durante los primeros 25 años desde su puesta en marcha y 200 por ciento a partir de entonces.

Incentivo: 10 por ciento.

Quedando estas subvenciones inhabilitadas por el *Real Decreto-Ley 1-2012*.

El efecto invernadero está provocando un cambio climático muy rápido. Lo que tiene que promoverse las energías renovables para disminuir la emisión de gases a la atmósfera, entre estas energías destaca la energía solar, una energía limpia que solo necesita la luz del sol. Esto unido a que el gobierno permite que todo el mundo, empresas, cooperativas pueda disponer de una instalación solar conectada a red. Sin olvidar que estos tipos de instalaciones llevan muy buena imagen corporativa ya que la sociedad cada vez está más sensibilizada con el medioambiente.



2. Descripción del parque fotovoltaico.

2.1. Descripción general.

2.1.1. Emplazamiento.

La instalación de este estudio, estará ubicada en un solar situado en la provincia de Granada, comarca de Huéscar, más concretamente en el cortijo de Torralba término municipal de Huéscar.

La superficie de la parcela alcanza los 90.3 m², con un perímetro total aproximado es de unos 1200 m.

Las coordenadas UTM de dichos puntos son: X= 500000 e Y=4500000.

Las coordenadas GTM de dichos puntos son: Latitud= 37°47'35.08"N e Longitud= 2°36'48.52"O

Se trata de un solar de tipo rústico, en una zona en la que se practica la agricultura. En concreto, la parcela es dominante en la zona como parcela de secano, debido a la orientación que tiene esta para que durante todo el día. Dicha parcela posee una serie de características que las hacen apropiadas para la ubicación de una instalación solar fotovoltaica conectada a red:

- Radiación solar bastante elevada y constante durante el año.
- Terreno rústico de poco aprovechamiento en la actualidad.
- Terreno libre de sombras orientado al sur.
- Terreno prácticamente llano.
- Buena accesibilidad.
- Existencia cercana de una línea eléctrica de evacuación.

2.1.2. Características generales.

El Parque Fotovoltaico estará integrado por un conjunto de 3 generadores PV independientes, cada uno de 625 KW de potencia nominal, lo que le confiere al Parque una potencia total de 1.87 MW nominales con una potencia pico de 2 MW.

El conjunto de generación fotovoltaica viene representado por las siguientes cifras:



Parque Fotovoltaico de 2 Mw

- 3 Generadores PV de 400-800 KVA.
- 6480 Módulos fotovoltaicos, repartidos en 3 grupos.
- 3 Inversores de conexión a red.
- 18 Seguidores solares.
- Instalación eléctrica de baja y media tensión.
- Infraestructura y servicios comunes.

2.2. Descripción del generador fotovoltaico.

2.2.1. Efecto Fotovoltaico.

El aprovechamiento fotovoltaico de la energía solar está basado en el fenómeno llamado efecto fotovoltaico. Este efecto consiste en la transformación de la energía solar en energía eléctrica a través de la utilización de células solares. Las células solares están basadas en la tecnología de semiconductores como puede ser el silicio. La radiación solar incidente en estas células crea un desequilibrio electrónico debido a que estas es formadas por una unión p-n, este campo eléctrico induce a una corriente, si ésta conectada a un circuito eléctrico. De esta forma, cuando la célula solar se expone a luz del sol se hace posible la circulación de electrones y la aparición de una corriente eléctrica entre las dos caras de ésta.

El efecto fotovoltaico fue descubierto por el físico francés Edmund Becquerel en 1839.

2.2.2. Descripción general de un generador de 625 KW.

El Parque Fotovoltaico José Sola de 2 MW de potencia nominal conectado a red está formado por 3 instalaciones de 625 KW de potencia nominal. Cada generador fotovoltaica, formado por una serie de módulos conectado entre sí, se encarga de transformar la energía del sol en energía eléctrica. Sin embargo, esta energía en forma de corriente continua, debe ser transformada por el inversor en corriente alterna para acoplarse a la red convencional.

Los módulos fotovoltaicos generan una corriente continua proporcional a la radiación solar que recibe el modulo. Esta corriente se lleva al inversor donde pasara de corriente continua a corriente alterna de baja tensión y con unos determinado parámetros técnicos para poder posteriormente conectarla a red, como son la tensión, frecuencia y armónicos.

La conexión del parque se realizara en media tensión a una red de la compañía Endesa con una tensión de 25Kv. Los tres centros de transformación se ubicaran en la parcela de



trabajo. El coste de la construcción del centro de transformación será asumido por el promotor.

La energía generada por cada una de las instalaciones individuales que conforman el parque, será medida por su correspondiente contador, y venderla a la empresa distribuidora tal y como marca el Real Decreto 436/2004 del 12 de Marzo. La instalación emplea varios inversores y varios transformadores, cada uno de estos con su grupo de módulos fotovoltaicos de forma independiente, esto provoca en el parque una gran modularidad, por lo que facilita las futuras ampliaciones, así como las operaciones de mantenimiento.

2.2.3. Módulos Fotovoltaicos.

Para la ejecución de este proyecto se utilizarán módulos fotovoltaicos de Jinksolar del modelo JKM 290P-72, fabricadas con células de silicio policristalino.

➤ Características físicas del módulo modelo JKM 290P-72.

Dimensiones (mm)	1956x992
Altura del marco (mm)	50
Peso (Kg)	27
Nº de Células en serie	18
Nº de Células en paralelo	1

Tabla 1. Características físicas del módulo modelo JKM 290P-72.

➤ Características eléctricas del módulo modelo JKM 290P-72.

Potencia pico (Wp)	290.1
Corriente de cortocircuito Isc (A)	8.89
Corriente de máxima potencia Imp (A)	7.97
Tensión de circuito abierto Voc (V)	49.9
Tensión de máxima potencia Vmp (V)	36.4
Eficiencia del módulo (%)	14.95

Tabla 2. Características eléctricas del módulo modelo JKM 290P-72 Condiciones STC: Irradiación 1000W/m², Temperatura 25°C, presión atmosférica 1.5 atm.

De acuerdo con la solución propuesta el generador solar estará conformado por 3 instalaciones individuales de 625 KWp, lo que representa un total de 1879 KWp. Cada una de las instalaciones estará formada por 6 seguidores solares que moverá 120 bancas. La energía producida por los paneles fotovoltaicos de cada seguidor se conducirá a un inversor próximo a estos. Cada tres bancadas se colocará un rama (string) lo que



conformara un total de 18 paneles en serie. Por lo tanto el conjunto de 120 string por inverter confirma la potencia dicha anterior mente. (JinkoSolar)

2.2.4. Seguidor solar.

La orientación de los módulos solares será variable, ya que los seguidores solares seguirán la trayectoria del sol mediante un cálculo astronómico programado en PLC que realizará los cálculos diarios dependiendo de la altura que se encuentre el sol en cada momento. De este modo, se maximiza la energía solar incidente sobre el generador a lo largo del año.

El seguidor solar orienta los paneles fotovoltaicos de forma que la radiación solar directa es en todo momento perpendicular a la superficie de los mismos, obteniéndose así la máxima producción eléctrica posible, pudiendo aumentar la producción e la instalación fotovoltaica hasta un 28% con respecto a sistemas fijos convencionales.

Los seguidores solares se utilizan para mejorar la producción de los paneles fotovoltaicos captando la máxima radiación de la energía solar durante el mayor tiempo posible, a través de sistemas que siguen la trayectoria del sol.

Características

En este caso se utilizaran 6 seguidores solares Prometeos para cada instalación de 625KWp. Como características destacan:

- Seguidor solar de 1 eje horizontal orientado en dirección norte-sur.
- Girando de -45° a $+45^{\circ}$ de este a oeste.
- Los paneles están colocados de manera vertical y uno al lado del otro, formado 6 paneles fotovoltaicos un seguidor.
- Diseño ligero y robusto.
- Montaje modular y expansible adaptable a cualquier tipo de módulo fotovoltaico.
 - Características técnicas del seguidor:

Estructura	Estructura de Acero Galvanizado
Superficie de módulos	2 m ² /mL (S/Dimensiones de Módulos)
Potencia Fotovoltaica	1.68 KW cada bancada de 6 mts de longitud Configurable hasta 290 KW
Tecnología de seguimiento	Calculo Astronómico Programado en PLC
Tecnología de posicionamiento	Mediante sensor de inclinación
Altura del seguidor	1.5000 mm
Dimensiones máximas del seguidor	Configurable (6mts cada bancada) (Hasta 36x95mts)



Peso sin módulos	4 Kg/m ²
Angulo movimiento lineal E-O	90° (De -45 A +45°)
Alimentación de servicio	Trifásica más neutro de 400v
Armario Eléctrico	De poliéster IP 67, totalmente cableado. Incluye protecciones según normativa vigente.
Mantenimiento	Revisión anual de partes mecánicas y eléctricas.
Corrección de sombras	Sistema corrector de sombras al amanecer y al atardecer.
Monitorización	In situ, Ethernet, Internet
Garantía	5 Años de en piezas y mano obra.

Tabla 3. Características técnicas del seguidor "PROMETEO"

Anclaje del seguidor

El anclaje al terreno se realizar mediante tornillos de micro pilotes galvanizados, sin necesidad de obra civil y con la posibilidad de recuperación al final de su vida útil, dejando el terreno sin incidencia de elementos residuales.

2.2.5. Inversor.

El inversor es un dispositivo electrónico de potencia cuya función es transformar la corriente continua en corriente alterna, ajustada a la frecuencia y tensión de consumo. Con la ayuda de electrónica de potencia, se ha conseguido reducir las pérdidas de esta transformación hasta niveles muy pequeños.

En nuestro caso los módulos solares JKM 290P-72 generan en cada instalación unos 56.37 KW. Por lo que el inversor elegido es FreeSun modelo FS701HES-R que incorpora un transformador es la mejor opción. Este tipo de inversor contiene todos los elementos necesarios en una sola caseta, lo que nos ahorrara la necesidad de realizar obras civiles para la ubicación de los inversores.

Los componentes de esta estación nos proporcionaran el rendimiento óptimo de todo el sistema, garantizando el buen funcionamiento de la instalación y obteniendo como resultado una gran seguridad, máxima eficiencia y plena carga del trabajo.

Las principales características son las siguientes:

- El inversor y el transformador se encuentran en la misma caseta.
- Transformador de media tensión.
- Celdas de media tensión



- Dispositivo de configuración y monitorización.
- Cuadro de baja tensión para alimentación auxiliar.
- Caseta de hormigón albergando todo el equipamiento.
 - Características físicas del inversor

Anchura (mm)	2530
Altura (mm)	3200
Largo (mm)	6950
Peso (kg)	25000

Tabla 4. Características físicas del inversor.

- Característica eléctricas del inversor

Salida	Potencia nominal de Salida (KVA)	400-800
	Tensión de Salida (VCA)	270 VAC ($\pm 10\%$)
	Factor de potencia	0,9 inductivo...0,9 capacitivo ajustable
	Corriente de corto circuito soportada en 10ms	50KA
Entrada	Rango de Tensión MPPT (Vcc)	430V-520V
	Tensión CC Máxima Permitida (Vcc)	900 V
	Corriente de corto circuito soportada en 10ms	50KA
Eficiencia	Eficiencia Máxima PCA, nom (η)	98,60%
Auxiliares	Alimentación de Control	Transformador 3x400 VCA Interno
	Consumo Máximo	2760 W
Interfaz de Control	Comunicación	RS232/RS485/USB/Ethernet
	Entradas Digitales	Dos entradas programables. Galvánicamente aisladas.
	Entradas Analógicas	2 entradas programables y diferenciables y PT 100
	Interfaz por Monitorización de String	RS485/Módulos RTU
	Salidas Digitales	2 relés aislados electrónicamente conmutados programables
	Salidas Analógicas	1 Salida analógica aislada galvánicamente

Tabla 5. Características eléctricas del inversor

2.2.6. Instalación eléctrica.

La instalación eléctrica se llevará a cabo según la normativa vigente, y en todo momento su diseño tiene en cuenta disminuir las pérdidas de generación al mínimo recomendable. Se



Parque Fotovoltaico de 2 Mw

instalarán todos los elementos de seccionamiento y protección indicados en el RD 224/2002 del 18 de Septiembre.

Comprende la instalación baja tensión de la interconexión de las ramas de módulos fotovoltaicos.

2.2.7. Sistema de medición y facturación.

Según el RD 1699/2011 para instalaciones conectadas a una red interior, los circuitos de generación y consumo habrán de ser independientes y estarán dotados cada uno de su correspondiente equipo de medida, instalados ambos en paralelo y en la misma ubicación.

Estos equipos de medida deben de ajustarse al *RD 1110/2007* donde se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida de medida del sistema eléctrico, y en la reglamentación vigente en materias de medida y seguridad y calidad industrial, cumpliendo los requisitos necesarios para permitir y garantizar la correcta medida y facturación de la energía producida.

La instalación de todos los equipos de medida se efectuará de forma que el encargado de la lectura disponga permanentemente de libre acceso a los mismo debiendo garantizarse la veracidad e integridad de la medida.

2.2.8. Sistema de monitorización.

El seguimiento de los generadores fotovoltaicos JKM 290P-72 se realizara a través de la motorización de un conjuntos de seguidores solares, para ello será necesario la utilización de sensores de inclinación. De esta manera se conseguirá el movimiento de un gran número de paneles con un solo accionador.

Los inversores contarán con un interfaz de control donde se obtendrá información de los módulos como radiación temperatura y producción a través del sistema Modbus RTU, Ethenet PCP TCP/IP o incluso GSM. Este último permitirá controlar el parque fotovoltaico a distancia y en caso de algún fallo este sistema generará un SMS automático a la persona responsable del Parque Fotovoltaico.

Este sistema nos permitirá optimizar el Parque Fotovoltaico:

- Gestionar la facturación de electricidad.
- Seguimiento de la instalación en tiempo real.



Parque Fotovoltaico de 2 Mw

- Controlar y visualizar los parámetros básicos del generador (energía, potencia radiación, temperaturas) diarios, mensuales y anuales.
- Gestionar el mantenimiento de la instalación, para garantizar los niveles de productividad.
- Notificación de fallos a distancia.

2.2.9. Instalaciones de seguridad y vigilancia.

El Parque Fotovoltaico contará con un conjunto de elementos que integran el sistema de seguridad y vigilancia.

Seguridad pasiva: se prevé el cierre perimetral de Parque, mediante reja metálica galvanizada de 2 metros de altura, y puesta abatible de dos hoja en acceso a la parcela. Las disposiciones finales del cierre estarán supeditadas al informe administrativo de la autoridad competente en la materia, pero siempre se tendrá en cuenta la integración con el entorno si menoscabar la protección frente a actos vandálicos.

Seguridad activa: se instalará un sistema de protección perimetral con barreras microondas, integrado a un sistema de circuito cerrado de televigilancia (CCTV) e iluminación zonal. Todo el sistema monitorizado a través de un control central local (cuarto técnico) y vía satélite. Estas cámaras llevarán una pequeña célula solar y una batería para su alimentación eléctrica.

También se instalará un sistema de inductivo de proximidad a través del vallado perimetral, que nos detectará cuando cualquier objeto se acerque a la valla de seguridad, a su vez este sistema irá conectado con el sistema de televigilancia. De esta manera se el perímetro del parque estará totalmente protegido.

Adicionalmente el Plan de Actuaciones de Seguridad previsto, contempla la vigilancia por personal de seguridad de manera aleatoria. Así como también se prevé actividad diaria en un turno de trabajo para labores de vigilancia, mantenimiento y limpieza, lo que garantiza la observación constante del parque.

2.2.10. Ficha técnica de la instalación.

Potencia nominal de la instalación	2MW
Número de inversores	3 (KW) FreeSun FS0701 HES 330V
Conexión a la red	Trifásica
Potencia del generador fotovoltaico	1879 KWp
Número total de módulos	7200 JKM 290-72 Jinkosolar



2.3. Casetas de Instalaciones.

2.3.1. Caseta de control y medida.

Se instalará una caseta de instalaciones prefabricada donde se ubicará el centro de control del parque fotovoltaico: sistema de facturación, sistema de monitorización, vigilancia y control de seguidores.

En esta caseta se ubicaran los cuadros eléctricos y protecciones de la instalación de la instalación eléctrica de consumo.

Su ubicación en el parque en relación a la parcela se realizará en la parte Norte del parque.

2.3.1.1. Tipología.

La tipología de las casetas prefabricadas será de las siguientes dimensiones 6000x2500 mm con orientación Este-Oeste.

La caseta constará con una única sala, que servirá de vestuarios, comedor y sala de control. La función principal de esta será el uso personal de seguridad y de mantenimiento.

2.3.2. Caseta del inversor

Se instalaran tres casetas prefabricadas en el parque donde se instalaran los inversores y transformadores

Su ubicación en el parque en relación a la parcela se realizará en 3 áreas. La primera de ellas se encontrara en la parte Sur del parque y las otras se situaran en la parte Este, Oeste y Norte.

2.3.2.1. Tipología.

La tipología de las casetas prefabricadas será de las siguientes dimensiones 6950x2530 mm con orientación Este-Oeste.

Las casetas constarán de una sala contadores y centro de transformación. Desde estas áreas se podrá controlar todo lo que sucede en el parque fotovoltaico.



2.3.2.2. Cimentación.

Los cimientos garantizarán que la colocación del inversor sea sólida y segura. Proporcionara la capacidad de carga necesaria para el soportar el peso del inversor.

El vertido del hormigón del hormigón y la inspección estructural de los cimientos se realizará in-situ. El armario del inversor será instalado sobre una superficie nivela Los cables deberán colocarse en el inversor desde abajo, por donde se localizan los agujeros que proporcionan accesos a los terminales CC y CA. La cimentación tendrá que prever los accesos necesarios para la instalación y el paso de estos cables. Para hacer esto posible, los cimientos incluirán correspondiente canalización. En los planos de "Remplazamiento" esta adjunto en planos donde se podrá ver las conexiones de entrada y salida. Los cimientos tendrán estas características:

- La excavación será de 500mm de profundidad.
- Alrededor de la caseta habrá un espacio superior a 500mm para un adecuado espacio de trabajo.
- Las esquinas del foso se señalizaran adecuada mente.
- La superficie nivelada cumplirá las siguientes características:
 - 150mm aprox.
 - Grado de compactación 98%.
 - Presión sobre el suelo: 150KN/m².

En el peso total del inversor será de 25000 Kg, las dimensiones de la caseta y cimentación se podrá ver en el apartado de planos.

2.3.2.3. Manipulación y transporte.

La estación prefabricada se transportará en una sola pieza en un camión grúa. La descargas de la caseta se realizara en in-situ ya se realizara con el camión grúa. La grúa de debe ser independiente del camión y tendrá la capacidad adecuada de carga.

Se realizará una excavación ara este tipo de estructuras tal y como se describe en la sección de "Cimentaciones". Una vez que la capa de arena se hay nivelado se procederá a la descarga. La estructura se colocara en la posición de funcionamiento (Este-Oeste).

Para la ejecución de la descarga de la caseta cuenta con cuatro agujero, dos en la parte delantera y dos en la parte posterior.



En estos orificios de $\varnothing 50\text{mm}$ de radio donde se introducirán los bulones. Estos bulones es de donde se sujetarán las eslingas que sujetarán el peso de la estructura.

En el borde superior del techo de la caseta se dispondrán en el momento de la descarga de cuatro chapas (dos en la cara frontal y dos en la trasera) para evitar al máximo las marcas sobre el hormigón generadas por el roce de las eslingas.

2.3.3. Caseta para conexión en la red de media tensión.

Dentro de la envolvente y anclada a ésta se monta el equipo eléctrico compuesto por la unidad de apartamento de Media Tensión de aislamiento integral en SF_6 hasta 24 kV. La apartamento está compuesta por 4 celdas de media tensión, 3 celdas correspondientes a cada transformador y 1 correspondiente a la compañía eléctrica. La caseta será de la marca Ormazabal.

2.3.3.1. Tipología.

La caseta se encontrará en el Noreste a las afueras del parque muy próximo a la vía de acceso al parque. Las dimensiones de la caseta serán de 2380x3280. Esta caseta contara con 4 celdas de media tensión y los contadores tanto de media como de baja tensión. En esta caseta se podrá dejar fuera de servicio los sub-campos deseados, de esta manera en caso de fallo en algún sub-campo, lo otros campos podrán inyectar a la red eléctrica.

Las casetas cumplirán con la normativa UNE-EN 62271-202 cumpliendo la normativa vigente.

2.3.3.2. Cimentación.

Para su ejecución se tendrá en cuenta las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción *Real Decreto 1627/1997*.

El terreno en el que se dispondrá la caseta es terreno duro. Por lo que se tendrá que colocar un asentamiento de 100 mm aproximadamente de arena y se compactará de tal forma que una persona pueda andar por encima de ella sin que deje huella. Una vez retiradas las reglas, se rellenan con arena los huecos de las mismas. Se tomarán medidas oportunas en cada caso para evitar la erosión de la arena de relleno.



2.3.3.3. Manipulación

La manipulación de las envolventes se debe realizar siempre garantizando el equilibrio horizontal y vertical. Para ello, se utilizan las eslingas normalizadas para envolventes de tipo PFU y PFS con alargadores. En caso de duda, se consultara con el Departamento Técnico-Comercial de Ormazabal.

2.4. Obra civil.

La obra civil comprende varios aspectos, entre los que destacan, el acondicionamiento del terreno para la instalación de los seguidores, la elaboración de las cimentaciones de las estructuras, así como la relación de las zanjas para las acometidas eléctricas e cada uno de los generadores.

Por otra parte se contemplará todos los movimientos de tierras necesarias, para la ubicación y construcción de las casetas.

2.4.1. Linde de la parcela.

La parcela linda en toda su parte Noreste hasta su parte Sureste con vía de acceso al parque. En la parte norte este y oeste la parcela linda otras parcelas de otros propietarios.

El acceso al parque se realizará por la parte Noreste ya que es el punto más cercano a la vía de acceso.

2.4.2. Canalizaciones.

Tipología.

Se dispondrán de zanjas según planos para el discurso de los cables tanto de continua como de alterna con especial cuidado de no mezclar tierras.

Las canalizaciones estarán construidas por tubos plástico, dispuestos sobre lecho de arena y debidamente enterrado en zanja. Las características de estos tubos serán las establecidas en la NI 52.95.03.

En cada uno de los tubos se instalará un solo circuito, evitándose en todo lo posible los cambios de dirección de éstos. En los puntos donde éstos se produzcan, se dispondrán perfectamente de calas de tiro y especialmente arquetas ciegas, para facilitar su manipulación.



Parque Fotovoltaico de 2 Mw

Las zanjas tendrán una anchura mínima de de 350mm para la colocación de los tubos, aumentado la anchura en función del número de tubos a instalar. La profundidad de estas zanjas será de 700 mm con respecto al último cable.

El lecho de la zanja debe ser liso y estar libre de aristas vivas, cantos y piedras. En el mismo se colocará una capa de arena de mina o de río lavada y suelta, exenta de sustancias orgánicas, arcilla o partículas terrosas, y el tamaño del grano estará entre 0.2 y 3 mm, de espesor mínimo de 100 mm, sobre la que se depositarán los cables a la instalar. Por encima del cable se colocará otra capa de arena de idénticas características y con unos 100 mm de espesor.

Las dos capas de arena cubrirán la anchura total de la zanja, la cual será suficientemente para mantener a 50 mm entre los cables y las paredes laterales. A continuación se tendrá una capa de tierra procedente de las excavación, arena, todo-uno o ahorra, de 250mm de espesor, apisonada por medios manuales. Se cuidara esta capa de tierra esté exenta de cascotes o piedras. Sobre esta capa de tierra, y una distancia mínima del suelo de 100 mm y 250 mm de la parte superior del cable se colocara una cinta de señalización como advertencia de la presencia de cables eléctricos.

Por último se terminará de rellenar la zanja con tierras procedentes de la excavación y tierras de préstamo, arena, todo-uno, zahorra, debiendo de utilizar para su apisonado y compactación mediante medios mecánicos. Posteriormente se colocará una capa de tierra vegetal de unos120mm de espesor.

Cruzamientos.

En los casos en los que existan cruces los tubos podrán ir colocados en uno, dos o tres planos. Pero será suficientemente par que los situados en el plano superior tendrá una profundidad aproximada de 700mm, tomada desde la rasante del terreno a la parte inferior del tubo.

Se procurara que los cables de baja tensión circulen por encima de los cables de media tensión.

La distancia mínima entre un cable de baja tensión y otros cables de energía eléctrica será: 250mm con cables de alta tensión y 100mm con cables de baja tensión. La distancia de un punto de cruce a los empalmes será superior a un metro.



Parque Fotovoltaico de 2 Mw

La separación mínima entre los cables de energía eléctrica y los de telecomunicaciones será 200mm.

Se procurará pasar los cables por encima de las conducciones de alcantarillado Se admitiendo que estos incidan un su pared.

2.4.3. Anclaje del seguidor.

El anclaje del seguidor ser realizara con tornillos de micropilotes galvanizados, sin necesidad de obra civil y con la posibilidad de recuperación al final de su vida útil, dejando el terreno sin incidencia de elementos residuales.

Estos micropilotes de acero galvanizado, construido por un tubo de 114,3 y 5mm espesor, con una placa en la testa para recibir atornillada la escuadra soporte mediante dos tornillos de M16x55 calidad 8.8. Un tramo de tubo de 114.3 con 5mm de espesor, termina en punta troncocónica. Arrollando la punta tiene una espiral helicoidal que facilita la penetración en el terreno, al tiempo que aumenta el cono de presión para aumentar la superficie de recargo con el terreno. Todo el elemento irá con acabado galvanizado en caliente por inmersión cinc. Como dice la Norma *ISO EN 1461*.

2.5. Instalación eléctrica de baja tensión.

Existirán dos instalaciones eléctricas independientes: la de generación y la de consumo.

La instalación eléctrica de generación comprende desde el cableado de los paneles fotovoltaicos hasta el centro de transformación, para su posterior venta a la compañía eléctrica.

La instalación eléctrica de generación comprende desde el cableado de los paneles fotovoltaicos hasta el centro de transformación, para su posterior venta a la compañía eléctrica.

La instalación eléctrica de consumo comprende desde el centro de transformación hasta los puntos de consumo (Inversores, ordenadores, accionamiento de motores, etc.).

2.5.1. Descripción del sistema.

El parque fotovoltaico dispondrá de un suministro de red trifásico a 400 V, el neutro de la instalación estará conectado a tierra ,50Hz. La potencia instalada será de 3Kw. La contratación se realizará en la modalidad de baja tensión.



2.5.2. Instalaciones de enlace.

Caja general de protección.

La caja será del tipo establecido por la Empresa Suministradora (Endesa) con sus normas particulares. Será precintada y responderá a las características eléctricas constructivas señaladas en la norma UNESA 1403B. En su interior se colocaran los sistemas de protección contra sobrecorrientes y cortocircuitos. Por lo consiguiente en esta se instalarán los fusibles en todos los conductores de fase o polares, con un poder de corte al menos igual a la corriente del cortocircuito posible en la instalación. Dispondrá, además de un borne de conexión para conductores neutro y otro para la puesta a tierra de la caja.

La caja general de protección se instalará en el montaje de superficie en un punto de tráfico general con fácil y permanente acceso.

➤ **Características eléctricas**

Intensidad nominal	7.5 A
Tensión nominal	400 V
Tensión de aislamiento	< 1000 V
Poder de corte	40 A
Grado de protección	IP 307

Tabla 6. Características Eléctricas de la C.G.P.

Línea repartidora.

La línea individual o derivación individual son considerado lo mismo. Las protecciones situadas en el interior de las cajas generales de protección, enlazarán directamente con los correspondientes conjuntos de protección y medida donde estará situado el contador de abonado y los dispositivos privados de control y protección.

La línea de enlace estará constituida por conductores de cobre con aislante de polietileno reticulado (PRC) para 1000V de servicio, según designación UNE RV 0.6/1KV canalizados sobre bandejas metálicas provistas de tapa registrables IP04x9 (Clasificación M1 según UNE 27-727-90).

Conjunto de protección y medida.

El contador de corriente se colocará junto a la caja general de protección, empotrado todo el conjunto en la obra de fábrica de la cerca que delimita la propiedad y se montará en una



Parque Fotovoltaico de 2 Mw

caja de doble aislamiento y precintada por la compañía suministradora. La colocación del contador, según la norma MI BT 015, se realizará a una altura mínima de 500mm del suelo y una máxima de 1.8 m.

Las dimensiones de este recinto serán fijadas e la norma *UNE 410-6*.

Los diferentes elementos que constituyen quedan ubicados en el interior recubiertos de doble aislante precintables, según *RU 1410 B*.

➤ Características eléctricas.

Intensidad nominal	7.5 A
Tensión nominal	400 V
Tensión de aislamiento	< 1000 V
Poder de corte	40 A
Grado de protección	IP307

Tabla 7. Características eléctricas ICP.

2.5.3. Cuadro principal (CGBT)

Los cuadros y sus componentes estarán contruidos de acuerdo con las normas y recomendaciones *UNE-EN-64439.1* y *CE-439.1*. Todos los materiales del plástico responderán al requisito de autoextinguibilidad, según la norma *CEI-695.2.1*.

La estructura del cuadro será metálica y de concepción modular ampliable. La puerta frontal será transparente y estará provista de una cerradura con llave.

Se cuidará de que exista una adecuada ventilación del interior del cuadro disponiendo ventanas laterales con forma de celosía que permitan la entrada de aire pero que impidan el acceso de cuerpos extraños.

Se dimensionará el cuadro en espacio y elementos básicos para ampliar su capacidad en 30% de la inicialmente prevista. El grado de protección será de IP/437.

Elementos de maniobra y protección.

Todas las salidas estarán constituidas por interruptores automáticos de baja tensión que deberán cumplir las condiciones fijadas en las Instrucciones Técnicas (Interruptores automáticos compactos), equipados con relés magnetotérmicos regulables o unidades de



Parque Fotovoltaico de 2 Mw

control eléctricos con los correspondientes captadores. Las salidas correspondientes a suministro preferente estarán dotadas de telecontrol. Poder de corte 40A.

Estos interruptores incorporan, generalmente, una protección diferencial regulable en sensibilidad y tiempo de acuerdo con las características que se señala en la citada Especificación Técnica.

Todos los elementos cumplirán la normativa general *CEI-497* e *UNE 60.947*.

➤ Características eléctricas.

Intensidad nominal	7.5 A
Tensión nominal	400 V
Tensión de aislamiento	<1000
Poder de corte	40 A
Grado de protección.	IP 437

Tabla 8. Características eléctricas CGBT.

2.5.4. Líneas a cuadros secundarios.

Son las líneas de enlace entre el cuadro principal (CGBT) y los cuadros secundarios de zona.

Los conductores utilizados para estas líneas son de cobre con aislante XLP, no propagadores de incendios y sin emisión de humos ni gases tóxicos ni corrosivos, y corresponderán a la designación RDt 0.6/1 Kv. Se canalizarán sobre bandejas de acero galvanizadas en caliente con tapa registrable.

Las líneas para la alimentación a cuadros de gran potencia estarán constituidas por canalizaciones eléctricas de barras de las características señaladas para las líneas principales.

Para el cálculo de la sección de estas líneas se deberá considerar una caída de tensión máxima de 1%.

2.5.5. Cuadros secundarios.

En cada zona se situará un cuadro de control y protección para los circuitos eléctricos de su influencia.



Parque Fotovoltaico de 2 Mw

Las características constructivas de estos cuadros será las observadas en las Instrucciones complementarias (Cuadros eléctricos de distribución).

Se dimensionarán los cuadros y elementos básicos será de un 30% de la inicialmente prevista. El grado de protección será del IP.437.

Los cuadros y sus componentes serán proyectados, construidos y conexiónados de acuerdo con las siguientes normas y recomendaciones.

- UNCE-EN 60439.1
- CEI 439.1
- **Características eléctricas.**

Intensidad nominal	7.5
Tensión nominal	400 V
Tensión de aislamiento	<1000
Poder de corte	40 A
Grado de protección	IP 437

Tabla 9. Características eléctricas Cuadros Secundarios.

Elementos de maniobra y protección.

El interruptor general será del tipo automático compacto, que deberá cumplir con las condiciones fijadas en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión con relés magnetotérmicos regulables. Poder de corte mínimo: 6KA.

El interruptor general será del tipo manual en carga, en caja moldada aislante, de corte plenamente aparente, con indicación de "sin tensión" sólo cuando todos los contactos estén efectivamente abiertos y separados por una distancia conveniente.

Todas las salidas estarán constituidas por interruptores automáticos magnetotérmicos modulares para control y protección de circuitos contra sobrecargas y cortocircuitos, de las características siguientes:

- **Características eléctricas.**



Calibres	5 a 40 A
Tensión nominal	400v
Frecuencia	50 Hz
Poder de corte	Mínimo 25 KA

Tabla 10. Características eléctricas magnetotérmicos.

Todas las salidas estarán protegidas contra defectos de aislamiento mediante interruptores diferenciales de las siguientes características: .

2.5.6. Instalación interior.

Cables

Se realizará con conductores de cobre con aislante de polietileno reticulado de XLPE, no propagador de incendios y sin emisión de humos ni gases tóxicos y corrosivos para 1000 V en servicio y con UNE RDT 0.6/1KV.

Tubos

- Ejecución superficie: Serán de acero galvanizado blindado roscado.
- Ejecución encastada: serán de PVC doble capa grado de protección 7.

Bandejas

Serán de acero galvanizados en caliente con tapa registrable.

Cajas

- Superficie. Serán metálicas plásticas, de grado de protección IP.55.
- Encastada: Serán de baquelita, con gran resistencia dieléctrica dotada de racods. Como norma general todas las cajas deberán estar marcadas con los números de circuitos de distribución.

Para la colocación de los conductores se seguirá lo especificado en las Instrucción MI BT. 018.

Los diámetros interiores nominales mínimos para los tubos protectores en función del número, clase y sección de los conductores que deben alojar, según el sistema de instalación y clase de tubo serán los fijados en la *MI.BT.019*.



Parque Fotovoltaico de 2 Mw

Las cajas de derivaciones estarán dotadas de elementos de ajuste para la entrada de tubos. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deben contener. Su profundidad, equivaldrá, como mínimo, al diámetro del tubo mayor más un 50% del mismo, con un mínimo de 40mm para su profundidad y 80 mm para el diámetro o costado inferior. Cuando se deseen hacer estancas las entradas de los tubos en las cajas de conexión, deberán utilizarse prensaestopas adecuados.

En ningún caso se permitirá la unión de conductores, con empalmes o derivaciones simples, retorcimientos entre si de los conductores, si no que deberá realizarse siempre utilizándose bornes de conexión montados individualmente o constituyendo bloque o regletas de conexión, permitiéndose también el uso de bridas de conexión.

Las línea sobre bandejas que discurran por el interior de suelos técnicos o de alcantarillado registrables estarán constituidas por conductores de cobre con aislante polietileno reticulado para 1000V de servicio, designación RV 0.6/ 1KV.

2.5.7. Instalación de puesta a tierra.

Objeto de la puesta a tierra.

La puesta a tierra se establecen principalmente con objeto de limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados. Los valores que consideren admisibles para el cuerpo humano son:

- Locales húmedos 24 V
- Locales secos 50 V

La puesta o conexión a tierra es la unión eléctrica directa, sin fusibles ni protección alguna, de una parte del circuito eléctrico o una parte conductora no perteneciente al mismo mediante una toma de tierra con electrodo o grupo de electrodos enterrados en el suelo.

Mediante la instalación de la puesta a tierra se deberá conseguir que el conjunto de instalaciones, edificios y superficie próxima al terreno no aparezcan diferencias de potencial peligrosas y que, al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de defecto o las de descarga de origen atmosférico.



Para garantizar la seguridad de las personas en caso de corriente de defecto, se establecen los siguientes valores.

- Edificio 15 Ω .

Partes de la instalación puesta a tierra.

- Terreno: Absorbe las descargas.
- Toma de tierra: Elementos de unión entre terreno circuito. Están formados por electros colocados en el terreno que se unen, mediante una línea de enlace con tierra, en los puntos a tierra (situados normalmente en pericones).
- Línea principal de tierra: Une los puntos de puesta a tierra con las desviaciones necesarias para la puesta a tierra de todas las masas.
- Desviaciones de las líneas principales de tierra: Uniones entre la línea principal de tierra y los conductores de protección.
- Conductores de protección: Unión entre las desviaciones de la línea principal de tierra y las masas, con la finalidad de proteger contra los contactos indirectos.

Según la normativa *MI.BT.023* y las Normas Tecnológicas de la edificación *NTE IEP/73* se dotará a las casetas con una puesta a tierra de cobre desnudo recocido, de 35mm² de sección nominal. Cuerda circular con un máximo de 7 alambre una resistencia eléctrica a 20°C no superior a 0.514 Ohm/km, en forma de anillo cerrado.

A este anillo se le conectará la estructura metálica de la caseta. Las uniones se harán mediante soldadura aluminotérmica o autógena de forma que se asegure su fiabilidad.

Las tomas de tierra estarán enterradas como mínimo a 0.8m.

A la toma de tierra establecida se le conectará todo el sistema de tubos metálicos accesibles, destinados a la conducción, distribución y desagües de agua o gas del edificio, toda masa metálica importante en zona de la instalación y las masas metálicas accesibles de los aparatos receptores.

Los conductores que constituyen las líneas de enlace con tierra, las líneas principales de tierra y sus derivaciones, serán de cobre o de otro metal de alto punto de fusión y de su sección no podrá ser menor en ningún caso de 16mm² de sección, para líneas de enlace con tierra, si son de cobre.



Parque Fotovoltaico de 2 Mw

Los conductores desnudos enterrados en la tierra se consideran que forman parte del electrodo de puesta a tierra.

Si en una instalación existen tomas de tierra independientes se mantendrá entre los conductores de tierra una separación y aislante apropiado a las tensiones susceptibles de aparecer entre estos conductores en caso de falta.

El recorrido de los conductores será el más corto posible y sin haber cambios bruscos de dirección. No estarán sometidos a esfuerzos mecánicos protegidos contra la corrosión y el desgaste mecánico.

Los circuitos de puesta a tierra formarán una línea eléctrica continua en la que no se pueden incluir ni masa ni elementos metálicos, cualquiera que sean éstos. Las conexiones a masa y a elementos metálicos se efectuarán por derivaciones del circuito principal.

Estos conductores tendrán un contacto eléctrico, tanto con las partes metálicas y masas como el electrodo. A estos efectos se dispondrán que las conexiones de los conductores se efectúen con mucho cuidado, por medio de piezas de empalme adecuadas, asegurando una buena superficie de contacto de forma que la conexión sea efectiva, por medio de tornillos, elementos compresión, roblones o soldaras de alto punto de fusión.

Se prohíben el uso de soldaduras de bajo puntos de fusión, tales como: Estaño, plata, etc.

La puesta a tierra de los elementos de constituyen la instalación eléctrica partirá del cuadro general que, a su vez, estarán unidos a la red principal de puesta a tierra existente en el edificio.

De acuerdo con la instrucción *MI.BT.017*, los conductores de protección serán independientes por circuito, deberán ser de las siguientes características:

- Para las secciones de fase iguales o menores de 16 mm^2 el conductor de protección será de la misma sección que los conductores activos.
- Para las secciones comprendidas entre 16 y 35 mm^2 el conductor de protección será de 16 mm^2 .
- Para secciones de fase superiores a 35 mm^2 hasta 120 mm^2 el conductor de protección será de mitad del activo.



Los conductores de protección serán canalizados perfectamente recubiertos en común con los activos y en cualquier caso su trazado será el paralelo a éstos y presentará las mismas características de aislante.

2.6. Instalación eléctrica de generación.

2.6.1. Descripción del sistema.

La potencia máxima de generación del parque prevista será de 1879Kw, formado por tres instalaciones de una potencia de 625 KW.

El generador fotovoltaico, a través de la radiación solar, produce una variación de tensión en corriente continua. El inversor es el encargado de transformar la corriente continua en corriente alterna a una tensión de 400v. La ubicación de las casetas se ha elegido teniendo en cuenta la longitud del cableado para así disminuir el cableado en continua. Dirigiendo esta corriente al inversor donde será transformada en corriente alterna. De esta manera juntaremos toda esta energía en un solo cable por instalación.

El criterio de dimensionamiento de cada parte del sistema eléctrico será diferente debido a que el voltaje varía según la configuración de los módulos fotovoltaicos. En el dimensionamiento del cableado en el generador fotovoltaico deben tenerse en cuenta tres criterios esenciales. Por una parte el cumplimiento de los límites fijados por la tensión nominal del cableado, asegurar que no se sobrepasa la intensidad de corriente máxima admisible de los cables según la disposición de los mismos en la instalación, y la minimización de las pérdidas en las líneas.

Tensión nominal

La tensión de operación de los generadores fotovoltaicos normalmente no sobrepasará la tensión nominal de los cables estándar, tensiones que se sitúan entre los 430-820 V. Aunque la tensión de los cables será principalmente de 594 V ya que los módulos irán conectados en series de 18 con un voltaje cada uno de 33 V.

Reducción de pérdidas en el cableado

El criterio fundamental en el diseño de las secciones del cableado es el de reducir lo máximo posible las pérdidas por efecto Joule. Según el Pliego de Condiciones Técnicas del IDAE, las pérdidas para cualquier condición de trabajo del cableado no pueden sobrepasar el 1.5%



tanto para corriente continua como para alterna. Según el Reglamento Electrotécnico de Baja tensión REBT en su ITC-BT-40 las pérdidas del cableado entre el generador y el punto de conexión no debe sobrepasar el 1.5%.

Corriente máxima admisible

La sección del cable debe ser finalmente verificada en función de la intensidad de corriente máxima de servicio que circulará por el cable. La corriente máxima que puede circular por un módulo, o por una rama, (agrupación de módulos conectados en serie) se corresponde a la corriente de cortocircuito.

De acuerdo con la norma europea IEC 60364-7-712, el cable de cada rama debe ser capaz de transportar 1.25 de la corriente de cortocircuito del generador. Según el REBT en su ITC-BT-40 la máxima sección admisible debe ser 125% de la corriente del generador.

La corriente máxima admisible dependerá de varios factores como son temperatura, factor corrección y características del cableado, como se puede comprobar en el REBT en su ITC-BT-07.

2.6.2. Diseño de secciones de cableado sección continúa.

Se utilizará cable de cobre flexible, con doble aislamiento de polietileno reticulado (XLPE) y PVC, de distintas secciones para la parte de continua (CC). Los cables podrán ser uno o más conductores y de tensión asignada no inferior a 0.6/1KV.

El dimensionado dependerá de la energía a transportar y de la distancia a recorrer por corriente eléctrica. Para el cálculo de la sección mínima de conductores empleados del criterio de la caída de tensión máxima admisible.

La ecuación () permite calcular la sección (S_{dc}) mínima requerida para no supera la caída de tensión $\Delta V = 1.5\%$, que se producirá en una línea con corriente continua:

$$S_{dc} = \frac{2 P L}{\gamma e U}$$

Donde:



Parque Fotovoltaico de 2 Mw

P Potencia activa prevista para la línea, en vatios.

L Longitud de la línea en m.

γ Conductividad en $m/\Omega mm^2$

e Caída de tensión

U Tensión de fase en monofásico voltios.

En el diseño se debe considerar que esa caída de tensión máxima se corresponde a la total desde los módulos fotovoltaicos hasta el inversor, por lo que si existen varios tramos, cada uno puede tener una caída de tensión diferente, pero la suma total de ellas no debe superar la caída de tensión definida. De esta forma se obtienen las distintas dimensiones de los cableados en función de las distancias que tengamos en cada caso.

La mínima sección calcula se deberá se ajustara al valor nominal superior del Reglamento Electrotécnico de baja tensión.

Una vez optimizada la sección del cable, se debe comprobar que la sección seleccionada admite correspondientemente intensidad de corriente máxima del generado en cada tramo. Por lo que se calculara la intensidad de corriente en cada tramo:

$$I_{Continua} = \frac{P_{diseño}}{V_{rama}}$$

Y la sección transversal del cable será aquella cuya intensidad máxima admisible I_z sea mayor o igual a la I_{max} calculada:

$$I_{max} \leq I_z$$

Por tratarse de instalaciones clasificadas como redes subterráneas de distribución en baja tensión, la intensidad máxima admisible (I_z) para la sección seleccionada se tendrá de las tablas de la Norma UNE 20.435:2004 y el REBT. Esta intensidad deberá ser corregida de acuerdo a la temperatura de operación y las condiciones de instalación.

2.6.3. Diseño de secciones de cableado sección alterna.

Se utilizará cable de cobre flexible, con doble aislamiento de polietileno reticulado (XLPE) y PVC, de distintas secciones para la parte de continua (CC). Los cables podrán ser uno o más conductores y de tensión asignada no inferior a 0.6/1KV.



Parque Fotovoltaico de 2 Mw

El dimensionado dependerá de la energía a transportar y de la distancia a recorrer por corriente eléctrica. Para el cálculo de la sección mínima de conductores empleados del criterio de la caída de tensión máxima admisible.

La ecuación () permite calcular la sección (S_{dc}) mínima requerida para no supera la caída de tensión $\Delta V = 1.5\%$, que se producirá en una línea con corriente continua:

$$S_{dc} = \frac{P L}{\gamma e U}$$

Donde:

P Potencia activa prevista para la línea, en vatios.

L Longitud de la línea en m.

γ Conductividad en $m/\Omega mm^2$

e Caída de tensión

U Tensión de fase en monofásico voltios.

En el diseño se debe considerar que esa caída de tensión máxima se corresponde a la total desde los módulos fotovoltaicos hasta el inversor, por lo que si existen varios tramos, cada uno puede tener una caída de tensión diferente, pero la suma total de ellas no debe superar la caída de tensión definida. De esta forma se obtienen las distintas dimensiones de los cableados en función de las distancias que tengamos en cada caso.

La mínima sección calcula se deberá se ajustara al valor nominal superior del Reglamento Electrotécnico de baja tensión.

Una vez optimizada la sección del cable, se debe comprobar que la sección seleccionada admite correspondientemente intensidad de corriente máxima del generado en cada tramo. Por lo que se calculara la intensidad de corriente en cada tramo:

$$I_{Continua} = \frac{P_{diseño}}{V_{rama}}$$

Y la sección transversal del cable será aquella cuya intensidad máxima admisible I_z sea mayor o igual a la I_{max} calculada:

$$I_{max} \leq I_z$$



Por tratarse de instalaciones clasificadas como redes subterráneas de distribución en baja tensión, la intensidad máxima admisible (I_z) para la sección seleccionada se tendrá de las tablas de la Norma UNE 20.435:2004 y el REBT. Esta intensidad deberá ser corregida de acuerdo a la temperatura de operación y las condiciones de instalación.

2.6.4. Tubos protectores.

El cableado se ubicará en el interior de los tubos protectores rígidos. Se distinguirán los tubos colocados en el seguidor, tanto en la parrilla de paneles como en la columna, los enterrados y los ubicados en los inversores.

Los tubos deberán tener un diámetro que permita un fácil alojamiento y extracción de los cables, así como deberán cumplir lo establecido en la ITC-BT-21.

Tubos en canalizaciones empotradas

El cableado de los seguidores, en las casetas de los inversores será en tubos rígidos en canalizaciones empotra.

Los tubos se fijarán a las paredes o techos por medio de bridas o abrazaderas protegidas contra la corrosión y sólidamente sujetas. La distancia entre éstas no será superior a 0.5m. En los empalmes se utilizaran caja o aparatos y los cambios de dirección se fijara a un lado y otro.

Tubos de canalización enterrada.

En esta tipo de canalización se intentara realizar los mínimos cambios de dirección.

El cableado de los diferentes módulos hasta el inversor transcurrirá en tubos rígidos en canalización enterrada.

2.6.5. Protecciones eléctricas en continua.

La protección en corriente continua se llevara desde la salida del generador fotovoltaico hasta la entrada al inversor.

Contactos directos e indirectos.

El generador fotovoltaico se colocara de modo flotante, proporciona los niveles de protección adecuados frente contactos directos e indirectos, siempre y cuando la resistencia



Parque Fotovoltaico de 2 Mw

de aislamiento de la parte de continua se mantenga por encima de unos niveles de seguridad y no ocurra un primer defecto a masas o a tierra. En último caso, se genera una situación de riesgo, que se soluciona mediante:

- Aislamiento de clase II en los módulos fotovoltaicos, cable y cajas de conexión.
- Controlador permanente de aislamiento, integrado en el inversor, que detecte la aparición e derivaciones a tierra. El inversor tendrá su funcionamiento y se activará una alarma visual en el equipo.
- Los seguidores solares se conectaran a tierra mediante sus anclajes al suelo.

Los cables de las ramas del generador fotovoltaico son agrupados hasta la caja de conexión del generador, esta se encontraran al final de cada grupo de seguidores.

En diseño de protección del cableado, hay que tener en cuenta que la corriente de cortocircuito es aproximadamente igual que a corriente nominal de la rama. Este hecho condiciona la utilización de fusibles o disyuntores que puedan utilizarse para proteger el cableado contra los circuitos.

La protección contra cortocircuitos se llevara a cabo mediante un sistema de corte automático ya que de esta manera conseguiremos una mejor protección, ya que este es sensible a las tensiones de contacto en corriente continua.

Tal y como se mencionó anteriormente el inversor contiene esa protección en su interior. Si la instalación llegase a ser de grandes dimensión habría que incluir más de este tipo de protecciones repartidas en las diversas ramas que conforme al generador, para poder protegerlo en toda su extensión.

Sobrecargas.

Los fusibles son normalmente distribuidos entre el generador y el inversor debido a que debe instalarse un elemento de corte general bipolar para continua que debe ser dimensionado para la tensión máxima de circuito abierto general a 10°C, y para 125% de corriente máxima del generador.

En el caso que se dispongan fusibles por ramas, la sección transversal del cableado de la rama puede entonces ser determinada a partir de la corriente límite de no fusión del fusible de la rama. En este caso, la corriente admisible del cable (I_z) deberá ser superior a la



corriente nominal del elemento de protección (I_n) y a su vez, inferior al corriente límite de fusión del mismo (I_{nf}). A su vez, la I_{nf} no podrá ser superior a 1.15 veces la I_z .

$$I_n \leq I_{nf} \leq 1.15 \times I_z$$

Adicionalmente, para evitar costes imprevistos en la producción energética, la corriente nominal del fusible (I_n) vendrá dada por la expresión:

$$I_n \geq 1.25 \times I_{n_{RAMA}}$$

De esta forma una vez que ocurra una sobrecarga en alguno de los conductores activos de la instalación fotovoltaica, los fusibles deberán de protegerlos.

Sobretensiones.

El generador fotovoltaico puede producir sobretensiones de origen atmosférico de cierta importancia. Por ello el inversor llevara integrado un sistema de protección para corriente continua.

2.6.6. Protección corriente alterna.

Las medidas de protección en corriente alterna se disponen a partir de los terminales de la salida del inversor hasta el punto de conexión, cumpliendo con lo expuesto en cuanto a consideraciones técnicas en el *Real Decreto 1699/2011*.

Interruptor automático magnetotérmico.

El calibre para protección de sobrecargas deberá cumplir lo señalado en la norma *EN 60269*.

$$I_{\text{diseño de línea}} \geq I_{\text{asignada a dispositivo de protección}} \geq I_{\text{diadmisible de línea}}$$

Según lo señalado en RD 1699/2011 el interruptor magneotérmico deberá tener una intensidad de cortocircuito superior a la indicada por la empresa distribuidora en el punto de conexión.



2.6.7. Contador de energía.

Cumplirán todo lo recogido en las Condiciones Técnicas y de seguridad de las instalaciones de distribución de *FECSA ENDESA, Norma Técnica Particular Instalaciones de enlace en media tensión del 2006.*

Los contadores deberán tener acceso exterior permanente para facilitar tareas de mantenimiento, lectura y verificación. Así mismo, también deberán ser accesibles desde el interior del Centro Eléctrico, mediante soporte basculante, para poder realizar dichas tareas en circunstancias de climatología adversa.

- El contador será del tipo estático combinados multifunción.
- Se instalarán en módulos precintables que cumplirán las condiciones de doble aislamiento. En ellos se dispondrán regletas de comprobación.
- Se situarán de forma que el dispositivo de lectura quede a 1.8 m del suelo.
- El contador/ Registradores cumplirá lo indicado en la norma de contadores *GE NNL004.*
- Sus características son:
 - Clase de precisión energía activa: 0.2 S, 0.5 S y 1
 - Clase de precisión energía reactiva: 0.5, 1 y 2
 - Sistema: Trifásico
 - Número de Hilos: 4
 - Tensión de referencia: 3 x 63.5/110v
 - Intensidad base (Ib): 5A
 - Intensidad máxima (Imax) 7.5A
 - Frecuencia nominal: 50 Hz
 - Temperatura de funcionamiento: 20°C a +55°C
 - Temperatura de almacenamiento: 25°C a +70°C
- El contador será aptos para la medida de la energía de cargas equilibradas o desequilibradas.
- El orden de sucesión de fases en la conexión del contador no afectará a la medida.
- En caso del que el contador esté combinado estos estarán autoalimentados por las tensiones de medida de los transformadores de tensión 3 x 63.5/110V.
- Con el objeto de garantizar la integridad de los registros almacenado, la programación y el funcionamiento del reloj interno, se requiere una alimentación de emergencia mediante un acumulador interno recargable o batería, que pueda ser sustituido sin necesidad de reprogramación ni rotura de precintos oficiales y sin alterar



el funcionamiento del contador instalado ni la información almacenada. El tiempo mínimo de reserva en funcionamiento continuo será de 1 año.

2.6.8. Instalación de puesta a tierra.

La puesta a tierra consiste en la unión de masas metálicas de diferentes elementos de una instalación y un electro o grupo de electrodos entrados en el suelo. Esto consigue que no tengamos diferencias de potencial peligrosas en el conjunto de instalaciones, edificio y superficie próxima al terreno. La puesta a tierra permite el paso a tierra de los corrientes de falta o de descarga de origen atmosférico.

Para garantizar la seguridad de las personas, se establece 10Ω para este tipo de instalación para este tipo de instalación fotovoltaica.

El *Real Decreto 1669/2011* fija que las condiciones técnicas para la conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de BT, la puesta a tierra se realizará de forma que no altere la compañía eléctrica distribuidora, con el fin de no transmitir defectos a la misma.

Como dice el Reglamento electrotécnico de baja tensión la toma de tierra estará conectada a una única tierra independiente de la del neutro de la empresa distribuidora.

Para ello, se realizará una única toma de tierra a la que se conectará la estructura del soporte del seguidor, como el termina de la puesta a tierra del inversor teniendo en cuenta la distancia entre estos, para no generar diferencias de tensión peligrosas para las personas. Si la distancia desde el campo de paneles a la toma de tierra general fuera grande se pondría una toma de tierra adicional. Para la conexión de los diferentes circuitos de puesta a tierra será necesario de disponer de bornes o elementos de conexión que garantice la una unión perfecta.

Si en una instalación existen tomas de tierra independientes se mantendrá entre los conductores de tierra una separación y aislante apropiado a las tensiones susceptibles de aparecer entre estos conductores en caso de falta.

2.7. Conexión a la red eléctrica.

2.7.1. Punto de conexión.

El punto de conexión otorgado por ENDESA para la instalación ser de media tensión. Por lo que la energía eléctrica generada debe pasar por un transformador de esta manera se



Parque Fotovoltaico de 2 Mw

elevará el voltaje a unos 25 KV, pudiendo así inyectar la energía eléctrica del parque a la línea eléctrica de la compañía.

Se construirán tres centros de transformación para que nunca se pare de inyectar energía eléctrica al parque en caso de que unos de los sub-campos tengan algún problema o se encuentre en mantenimiento. El coste de los transformadores y los gastos asociados a este serán asumidos por el promotor del proyecto.

La concesión del punto de conexión por parte de la empresa Eléctrica Distribuidora, se ha ajustado a la características de la red a la se conectará la instalación, por lo que de esta forma se podrá asegurar la potencia máxima que a descargar y las condiciones de la conexión.

2.7.2. Centro de transformación.

Para poder evacuar la potencia la energía de Parque, es necesario por la normativa vigente, hacerla en baja tensión (400 VAC), pero línea de ENDESA es de 25 kV (media tensión), por lo que se deberá aumentar la tensión hasta 25 kV.

La solución adoptada será realizar la conexión en media tensión a unos 25 Kv, por ellos se realizarán 3 transformadores uno por cada sub-campo, posteriormente se realizara una caseta a las fueras del parque donde se colocaran las celadas de seccionamiento y medida tano de la propiedad privada como de la empresa distribuidora. El coste de la construcción de la caseta de celdas y media y los gastos asociados asociado a este será asumido por el promotor del proyecto.

Las instalaciones de interconexión se diseñará para evacuar la potencia máxima que se pueda generar. La potencia de transformación de cada uno de los centros tendrá que ser la necesaria para evacuar la potencia generada, por el conjunto de instalaciones fotovoltaicas que se conecten, el momento de máxima producción.

El centro de transformación a instalar tendrá las características de la siguiente tabla:



Tensión de entrada	400 V ca
Tensión de salida	25KV
Transformador MT	400-800 KVA
Configuración Conexiones Transformador	Dyn aceite
Eficiencia	99.1%
Cedas	Conjunto de celdas esquema 2L1P, de corte y aislamiento en SF6
Frecuencia	50Hz/60Hz

Tabla 11. Características del centro de transformación.

Edificio prefabricado.

Los centros de transformación se ubicarán en las propias casetas de los inversores.

Cumplirá con las normativas EN 62271-202 y En 62271-201 "Aparamenta de alta tensión. Parte 202: Centros de transformación prefabricados de alta tensión/baja tensión. (IEC 62271-202:2006)" y "Aparamenta de alta tensión. Parte 201: Aparamenta bajo envolvente aislante de corriente alterna para tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores o iguales a 52 kV. (IEC 62271-201:2006)" respectivamente.

Puesta a tierra (PaT)

Las prescripciones que deben cumplir las instalaciones de PaT vienen reflejadas en el Apartado 1 "*Prescripciones Generales de seguridad*" del MIE-RAT 13 (*Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación*).

Hay que distinguir entre la línea de tierra de la PaT de Protección y la línea de tierra de PaT de servicio (neutro).

A la línea de tierra de PaT de Protección deberán conectar la Plataforma del centro compacto.

A la línea de tierra PaT de servicio (neutro) se establecerán separadas, salvo cuando el potencial absoluto de electrodo adquiera un potencial menor o igual a 1.000V, en cuyo caso se establen tierras unidas.



2.7.3. Celdas de media tensión.

Las celdas CGM forman un sistema de equipos modulares de reducidas dimensiones para MT, con aislamiento y corte en gas, con una conexión totalmente apantallada, e insensible a las condiciones externas (polución salinidad, inundación, etc.).

Las celdas a utilizar serán con aislamiento de corte en SF₆ y serán las que se indican a continuación:

- Celdas de seccionamiento (SEC).
- Celda de medida (Med).

De esta manera solo se tendrá un punto de conexión en la línea de la distribuidora eléctrica, y en caso de que algún sub-campo tenga algún problema se podrá dejar fuera de servicio sin interrumpir la inyección de los otros sub-campos.

Puesta a tierra (PaT)

Las prescripciones que deben cumplir las instalaciones de PaT vienen reflejadas en el Apartado 1 "*Prescripciones Generales de seguridad*" del MIE-RAT 13 (*Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación*).

Hay que distinguir entre la línea de tierra de la PaT de Protección y la línea de tierra de PaT de servicio (neutro).

A la línea de tierra de PaT de Protección deberán conectar la Plataforma del centro compacto.

A la línea de tierra PaT de servicio (neutro) se establecerán separadas, salvo cuando el potencial absoluto de electrodo adquiera un potencial menor o igual a 1.000V, en cuyo caso se establezcan tierras unidas.



3. Dimensionado de la instalación.

3.1. Diseño del generador fotovoltaico.

3.1.1. Dimensionado del sistema generador.

El número de módulos instalados en el parque fotovoltaico tendrá como objetivo maximizar la potencia pico, pero depende de los efectos de sombreado causado por los seguidores y el área disponible de cada seguidor.

En el plano de ubicación de paneles se puede observar a disposición final de la parcela, así como la distancia mínima entre seguidores permitiendo minimizar las pérdidas por sombra.

El número de paneles que se colocarán en cada seguidor son 720, colocados en 40 filas de 18 paneles.

3.1.2. Configuración y dimensionado del inversor.

Las especificaciones técnicas de los inversores proporcionan información a tomar en cuenta para el diseño e instalación de los módulos, se determina el número, la potencia y el nivel de tensión de trabajo de los inversores.

Determinación de la potencia.

El número de inversores está determinado por la potencia estimada en el sistema fotovoltaico. Dada la potencia del sistema fotovoltaico va determinada por el área útil disponible, se asume que la relación entre la potencia del generador fotovoltaico y la potencia nominal del inversor estará comprendida dentro del siguiente intervalo de potencia, cada una de los inversores:

$$0.7 P_{pv} < P_{invDC} < 1.2 P_{pv}$$

$$367.5Kw < 570kw < 630Kw$$

En términos generales, es favorable escoger un inversor con una potencia sensiblemente menor a la del generador fotovoltaico ($P_{inv} < P_{pv}$) dado que la eficiencia de los inversores es relativamente baja para las gamas de potencia operacionales inferiores al 10% de potencia nominal.



Parque Fotovoltaico de 2 Mw

Al sub-dimensionar el inversor, se logra mantener niveles de eficiencia aceptables incluso para bajos niveles de irradiancia. Debido a las perdidas por temperatura, sombreado, así como otras perdidas, en raras ocasiones se alcanzara la potencia nominal pico de los sistemas fotovoltaicos. En caso de que se produzca una sobrecarga, debe conocerse el funcionamiento del inversor para evitar esa posibilidad.

Configuración del generador.

La configuración del generador viene determinada la tensión de entra al inversor. Ya que todos los inversores de conexión a red poseen un rango operativo de tensiones de entrada que generalmente va asociado al rango del algoritmo interno del seguimiento del punto de máxima potencia (MPP), así como un límite máximo de tensión de entrada.

La tensión del generador fotovoltaico viene determinada por la sumatoria de las tensiones individuales de los módulos conectados en serie en una rama. Ahora bien, dado que la tensión del módulo depende de la de la irradiación del sol, se considerarán las condiciones más extremas, tanto en invierno como en verano.

Por lo tanto, el intervalo de operación del inversor debe ajustable en función de la curva característica del generador fotovoltaico para distintas temperaturas de operación, y el punto de máxima potencia de cada una de estas curvas debe situarse en el rango de seguimiento. Adicionalmente siempre ha que considerar dentro del ajuste la tensión máxima admisible del inversor.

Tensión de entrada-Número máximo de módulos en serie por rama.

El número máximo de módulos en serie viene determinada por la tensión de entrada en vacío sobredimensionada y la tensión de los módulos fotovoltaicos. Por otro lado, también cabe destacar la organización del parque fotovoltaico. Combinado estos dos factores, se obtiene que la mejor solución que es colocar 18 módulos en serie, en 360 ramas como se puede comprobar en el Anexo de Cálculos.



3.2. Estudio energético.

3.2.1. Radiación estimada en el emplazamiento $G_a(0)$.

Los datos de radiación se han obtenido de la NASA a través de estaciones meteorológicas situadas en emplazamientos cercanos. Estos datos han sido obtenidos a través del programa PVSYST.

3.2.2. Radiación sobre el plano del generador $G_a(\beta_{opt})$.

En base a la radiación estimada para el emplazamiento se deben corregir esos datos para el plano de inclinación óptimo del generador. Para realizar la corrección de la radiación existen varios métodos, desde la aplicación de un factor de corrector tabulado para cada mes del año y dependiente de la inclinación y latitud, hasta expresiones matemáticas. Por lo que se ha utilizado el programa PVSYST para determinar la inclinación idónea de los módulos. Se utilizarán seguidores solares con el sistema de Backtraking. De esta manera se obtendrá una mayor radiación del plano generador y se disminuyen las pérdidas notablemente.

3.2.3. Pérdidas por desorientación del generador.

Dependiendo de la ubicación y el específico de la latitud del lugar en la que se instala, existe tanto una orientación como inclinación óptima para la generación anula de energía eléctrica fotovoltaica.

El lugar donde se van a colocar los módulos fotovoltaicos corresponde al termino municipal de Huéscar que tiene una latitud de 37.8° , por lo tanto la inclinación de los módulos será desde 45° a -45° con un sistema de backtraking que consiste en que los módulos permanecerán en posición horizontal hasta que no se produzcan sombras en los módulos traseros, de esta manera se obtendrá una mayor eficiencia del parque. A su vez los módulos estarán orientados en el eje norte sur (eje polar).

3.2.4. Pérdidas por sombreados.

En la mayoría de los casos en las instalaciones pueden presentarse efectos de sombras sobre el generador fotovoltaico. Estas sombras pueden ser de tipo temporal, o de tipo permanente debido a la localización del generador.

Las sombras de tipo temporal son a las que se refiere a suciedad, nieve u otro tipo de elemento. Para solucionar estos problemas es necesario un mantenimiento de limpieza de los de los módulos.



Las sombras de tipo permanente son las sombras como consecuencia de la localización del parque, edificaciones de alrededor, distancia entre ramas de módulos u arboles. Lo ideal es evitar en lo máximo posible ese tipo de sombras reubicados el generador fotovoltaico, tal y como ha realizado en éste proyecto en el momento de distribuir el generador superficie de la parcela.

Para evaluar la sombra que ocurre sobre el generador, es preciso proceder a un análisis de sombras. Para ello se debe registrar lo más preciso posible el medio circundante referido a un punto del generador, que normalmente es un punto geométrico central.

El contorno de la sombra se obtendrá basado a un plano del local y un mapa de trayectoria solar. Para realizar el registro, se debe detener minarla distancia y las dimensiones de la proyección de los objetos que ocasionan la sombra. A partir de esta información se calcula para cada punto el ángulo de azimut y ángulo de elevación.

Para ello se ha recurrido al programa PvSYST, en el cual se han introducido todos los elementos que pueden producir sombra, de esta manera se obtendrá el grafico de pérdidas anuales.

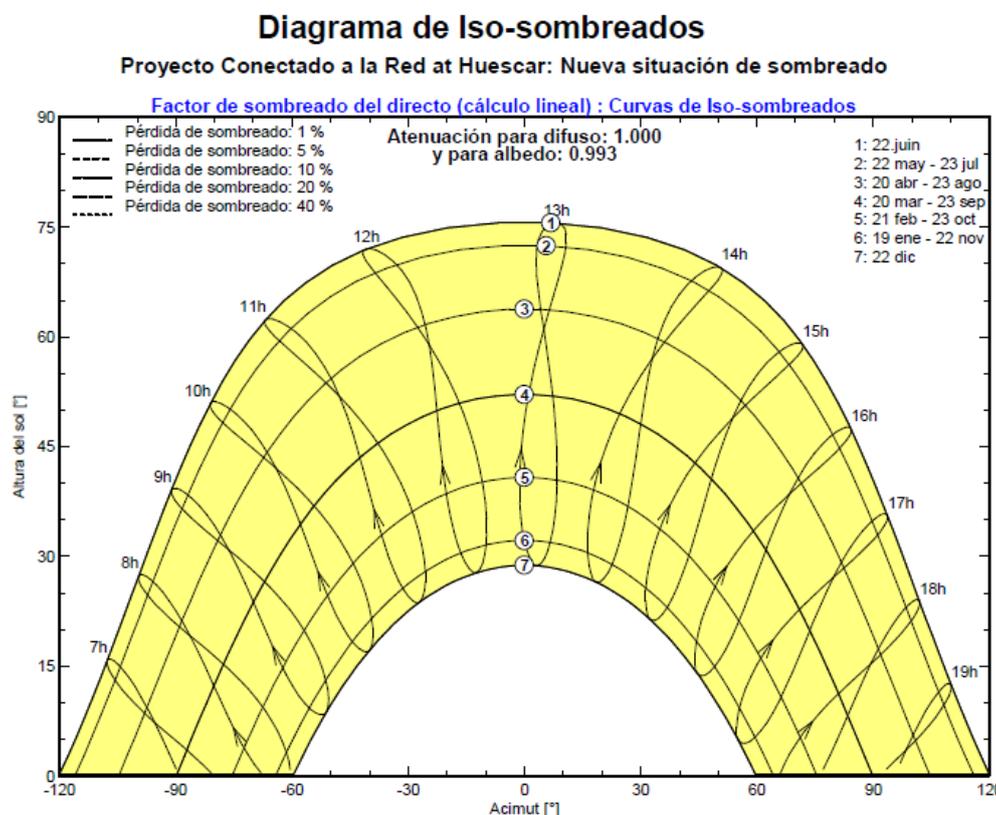


Tabla 12. Pérdidas anuales por sombreado.



Los obtenidos son muy buenos los que significa que el sistema de backtracking funciona perfectamente y las distancias calculada entre módulos y módulos hemos inversores son las adecuadas.

3.2.5. Cálculo de la energía generada.

La energía generada por una instalación fotovoltaica depende de tres factores principales: la irradiancia solar recibida sobre el plano del generador fotovoltaico, la potencia pico instalada y el rendimiento de la instalación, en el que se reflejan las pérdidas asociadas a la instalación fotovoltaica.

Por lo cual la energía producida por la instalación fotovoltaica considerada, se partirá de los siguientes datos:

- Orientación: los seguidores serán Norte-Sur y el giro de los módulos será Este-Oeste.
- Inclinación módulos fotovoltaicos: -45° hasta $+45^{\circ}$.
- Potencia pico del generador fotovoltaico: 290Wp
- Pérdidas sistema: Entorno el 20%. Incluye perdidas asociadas al generador fotovoltaico, (tolerancia, dispersión de parámetros, suciedad, temperatura, pérdidas en cableado, otras pérdidas normales de operación) y las pérdidas asociadas al inversor (eficiencia media, seguimiento punto máxima potencia, pérdidas en cableado).

El estudio de las pérdidas y el cálculo de la energía producida se ha realizado a través de la herramienta informática de simulación fotovoltaica PVSYST.

El programa realiza el cálculo de la energía generada teniendo en cuenta las sombras generadas por los seguidores que variarán a lo largo del día, debido a que también variará su posición.

La simulación nos presenta los siguientes resultados anuales:

- Factor de rendimiento del 83.6%.
- Energía bruta producida: 2447 MW/año.

En la siguiente tabla se podrá observar los valores obtenidos mensualmente.



Jose Sola
Balances y resultados principales

	GlobHor kWh/m ²	T Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray kWh	E_Grid kWh	EffArrR %	EffSysR %
Enero	38.7	-2.59	45.9	44.2	81993	79116	14.22	13.72
Febrero	57.1	-2.38	70.1	68.0	125751	121721	14.26	13.80
Marzo	90.8	2.75	113.3	110.5	195961	189877	13.76	13.33
Abril	123.3	11.18	149.7	146.4	248429	241171	13.20	12.81
Mayo	172.7	17.71	217.4	213.2	344346	334640	12.60	12.24
Junio	171.6	21.34	214.8	210.2	335485	326246	12.42	12.08
Julio	180.7	24.33	230.1	226.0	351732	342132	12.15	11.82
Agosto	160.6	23.68	207.2	203.2	321942	313168	12.36	12.02
Septiembre	114.6	18.11	145.1	141.9	234010	227354	12.82	12.46
Octubre	72.9	11.09	85.1	82.6	144631	140121	13.52	13.10
Noviembre	37.8	2.90	43.3	41.8	74797	72132	13.73	13.24
Diciembre	30.7	-2.00	35.1	33.7	61494	59238	13.95	13.44
Año	1251.5	10.59	1557.1	1521.9	2520571	2446916	12.87	12.50

Leyendas: GlobHor Irradiación global horizontal EArray Energía efectiva en la salida del generador
 T Amb Temperatura Ambiente E_Grid Energía reinyectada en la red
 GlobInc Global incidente en plano receptor EffArrR Eficiencia Esal campo/superficie bruta
 GlobEff Global efectivo, corr. para IAM y sombreados EffSysR Eficiencia Esal sistema/superficie bruta

15 Producción de energía

4. Justificación de la solución adoptada.

4.1. Emplazamiento.

La ubicación de la instalación se ha elegido porque Granada, como Andalucía es de los mejores lugares de España la obtención de energía debido al gran número de días con sol que tenemos en esta región. Lo que produce que el sur de España tenga una gran radiación solar como podemos ver en la siguiente imagen.

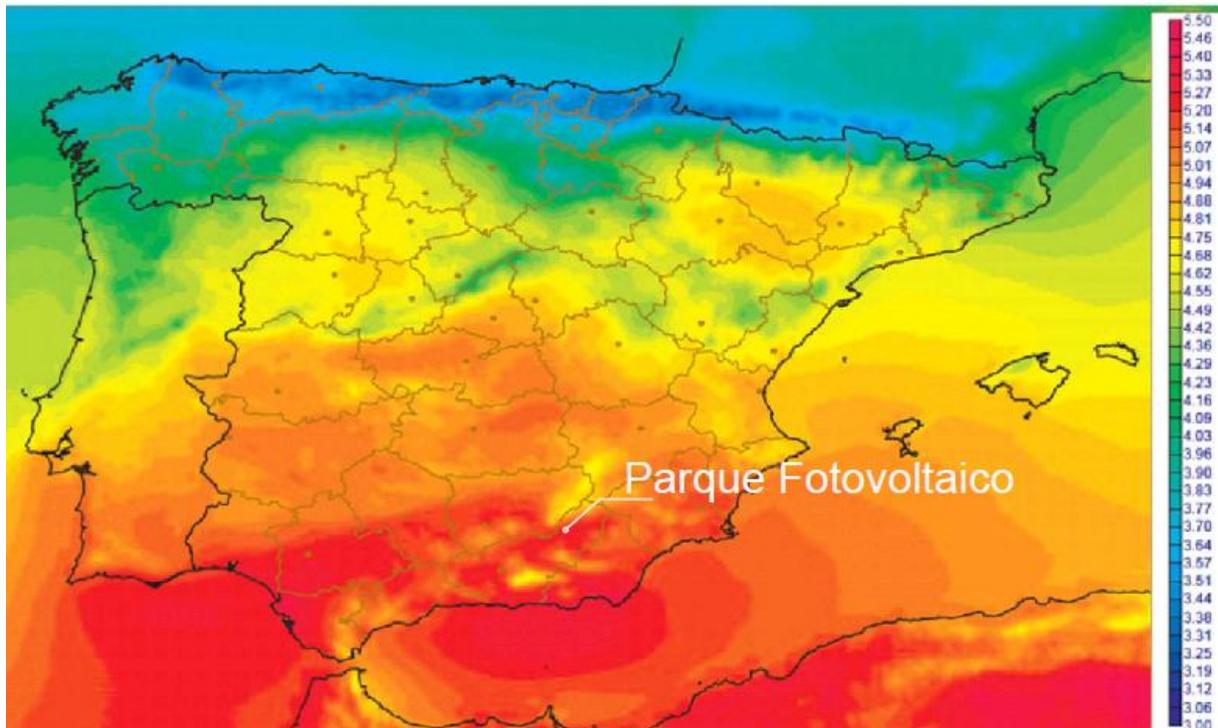


Ilustración 1 Irradiancia Global media (1983-2005) (Kwh m-2 dia-1) SIS (CM-SAF)

4.2. Conexión con la compañía eléctrica.

La conexión a la red se realizara como nos indica el Real Decreto 1699/2011 en cual nos indica los pasos a seguir:

1. Los esquemas de conexión deben responder al principio de minimizar pérdidas en el sistema, favoreciendo el mantenimiento de la seguridad y calidad de suministro y posibilitando el trabajo en isla, sobre sus propios consumos, nunca alimentando a otros usuarios de la red.
2. Las configuraciones de conexión deberán asegurar la fiabilidad de las medidas de energía producida y consumida.



3. Si la potencia nominal de la instalación de generación a conectar a la red de distribución es superior a 5 KW, la conexión de la instalación a la red será trifásica con un desequilibrio entre fases inferior a 5Kw.
4. La contribución de los generadores al incremento o la caída de tensión en la línea de distribución de baja o media tensión, entre el centro de transformación o la subestación de origen donde se efectúe la regulación de la tensión y el punto de conexión, en el escenario más desfavorable para la red, no debe ser superior al 2.5 por ciento de la tensión nominal de la red de baja o media tensión, según corresponda.
5. El factor de potencia de la energía suministrada a la red de la empresa distribuidora debe ser lo más posible a la unidad y, en todo caso, superior a 0.98 cuando la instalación traiga a potencias superiores al 25 por ciento de su potencia nominal.

4.3. Seguidores.

Se ha optado por el uso de seguidores solares debido a que permiten un mayor aprovechamiento mayor de radiación solar. El estudio realizado demuestra que el rendimiento del sistema es 83%. Si se realizan los mismos cálculos con un sistema fijo con orientación 30° al sur, el rendimiento del sistema es de un 60 % aproximadamente. Por lo cual el sistema empleado tiene un aprovechamiento del 20% con respecto al sistema fijo.

4.4. Ubicación de inversores.

Los inversores se ubicarán en el interior del tronco de los seguidores, debido fundamentalmente a los siguientes motivos.

Los inversores se colocarán en el exterior de los sub-campos a una distancia de siete metros. Esto provoca que las pérdidas del sistema por sombras sea muy pequeña.

Cada seguidor genera una tensión que puede variar ligeramente de uno a otros. Puesto que el inversor adapta sus parámetros de funcionamiento a la tensión recibida en cada momento se optimizará su funcionamiento disponiendo uno en cada seguidor que se adaptará a su tensión.



5. Análisis económico.

5.1. Presupuesto

Nº PRESUPUESTO 1		PRESUPUESTO DE SUMINISTRO Y EJECUCION			INVERSION	
Fecha 08/09/2014		INSTALACION FOTOVOLTAICA DE 2 MW en Huescar (GRANADA)			SEGUIDOR DE EJE POLAR	
Código	U.M.	DESCRIPCION DE LA UNIDAD	MEDICION	PRECIO	IMPORTE	
CAP. 0 PROYECTO, TRIBUTOS Y LICENCIAS			2.000.000 Wp	0,554 € Wp	1.108.000,00	
Item	U.Med.	COMPRA DE PROYECTO	1	1.108.000	1.108.000	
0.1.1		PROYECTO FASE I	5.600.000	0,13 €	728.000,00 €	
		Compra de los derechos del Proyecto SOCOVOS FASE I				
0.1.2		PROYECTO FASE II	9.600.000		€ -	
		Compra de los derechos del Proyecto SOCOVOS FASE I				
0.1.3	Ud.	LICENCIAS, TAXAS Y CANON	1,00	380.000,00 €	380.000,00 €	
		Licencia de Obras, ICIO, Canon				
CAP. I OBRA CIVIL			9.800.000 Wp	0,015 € Wp	144.790,00	
Item	U.Med.	VALLADO PERIMETRAL	1	35.014	35.014	
1.1.1		PUERTA DE ACCESO VEHICULOS	2	1.050,60 €	2.101,20 €	
		Puerta de acero galvanizado abatible de dos hojas con apertura suficiente para el paso de camiones con paso libre de 5 m y con 2,5 m de altura, incluyendo transporte.				
1.1.2	Ud.	VALLADO PERIMETRAL	1.103,00	29,15 €	32.152,45 €	
		Valla metálica galvanizada, con protección de color verde 2 metros de alta. Con accesorios de montaje, abrazaderas, conexión a los postes, postes, escuadras y micropilotes de fijación, incluyendo transporte a obra.				
1.1.3	Ud.	PUERTA DE ACCESO PEATONAL	2,00	380,00 €	760,00 €	



		Valla metálica galvanizada, con protección de color verde 2 metros de alta. Con accesorios de montaje, abrazaderas, conexión a los postes, postes, escuadras y micropilotes de fijación, incluyendo transporte a obra.			
Item	U.Med.	EXCAVACION Y EDIFICIOS	1	109.776	109.776
1.2.1	m³	Excavación de zanjas Línea Baja Tensión	1.625,40	18,50 €	30.069,90 €
		Excavación de canalización de 0,9 m de ancho x 1 m de profundidad.			
1.2.2	m³	Excavación de zanjas Línea Media Tensión	63,40	18,50 €	1.172,90 €
		Excavación de canalización de 0,5m de ancho x 1m de profundidad.			
1.2.3	m³	Arena para zanjas	169,00	57,00 €	9.633,00 €
		Arena para realizar un lecho en el fondo de la canalización y encima de los tubos.			
1.2.4	Ud.	Arquetas	270,00	230,00 €	62.100,00 €
		Arquetas prefabricadas de hormigón de 0,7 x 0,7 x 0,65m.			
1.2.5	Ud.	Edificio de Control y Medida	1,00	6.800,00 €	6.800,00 €
		Edificio de hormigón compacto para centralita y monitorización, de dimensiones exteriores de 6,95 x 2,53m y altura útil de 2,5m. Incluyendo su transporte y montaje.			
CAP. II		MATERIAL GENERADOR FOTOVOLTAICO	9.800.000 Wp	0,403 € Wp	3.946.264,00
Item	U.Med.	CASETA PARA CONEXIÓN EN LA RED	1	738.000 €	738.000 €
2.1.1	Ud.	Caseta de conexión	0,6	1.230.000,00 €	738.000,00 €
		Suministro y montaje de los elementos que constituyen la Caseta de Conexión a la red de 25 kV de intemperie, con 4 celdas de maniobra.			
Item	U.Med.	INVERSORES Y CENTROS DE TRANSFORMACION DE 400-800 KVAs	1	410.280 €	410.280 €
2.2.1	Ud.	CENTROS DE TRANSFORMACION DE 400-800 KVAs	3	18.135,00 €	54.405,00 €
		Suministro de Centros de Transformación de 400-800 KVA, incluso P.P. de envolvente, celdas de protección, trafos de aceite, excavación y Mano de Obra s/ esquema unifilar.			
2.2.2	Ud.	INVERSORES DE 570 kw	3	118.625,00 €	355.875,00 €



		Suministro de Inversores de 570 Kw alojados en envolvente de CT, marca POWER ELECTRONICS.			
Item	U.Med.	MODULOS FOTOVOLTAICOS DE 290 Wp	1	1.879.200 €	1.879.200 €
2.3.1	Ud.	MODULOS FOTOVOLTAICOS DE 290 Wp	6.480	290,00 €	1.879.200,00 €
		Suministro de módulos fotovoltaicos de 290 Wp de las marcas JINKOSOLAR con dimensiones de 1956 x 992 x50 aproximadamente.			
Item	U.Med.	INSTALACION ELECTRICA Y CONEXIONES DE MODULOS	1	401.250 €	401.250 €
2.4.1	Ud.	LINEA DE EVACUACION	471	130,00 €	61.230,00 €
		C.R.S.M.T. Formada por conductor de 3x240, 25KV incluso P.P. de canalizaciones.			
2.4.2	Ud.	CUADROS AGRUPACION LINEAS DC	18	7.910,00 €	142.380,00 €
		Cuadro de agrupación de líneas de DC para inversores de 1000 Kw s/ esquema unifilar adjunto, incluso parte proporcional de conexionado y mano de obra.			
2.4.3	Ud.	CUADROS AGRUPACION STRINGS	9	2.410,00 €	21.690,00 €
		Cuadro de agrupación de Strings s/ esquema unifilar adjunto, incluso parte proporcional de conexionado y mano de obra.			
2.4.5	Ud.	LINEA DC ENTRE C.A.S. Y C.A.	207	850,00 €	175.950,00 €
		Línea DC entre C.A.S. y C.A. línea DC formada por conductor para Caída de Tensión de 1% P.P. de canalización y mano de obra.			
Item	U.Med.	TRACKER 8 FILAS 21 COL. (1008 Módulos ==> 262.080 W)	1	402.054,07 €	402.054 €
2.5.1	Ud.	APOYO STD.	1.080	74,95 €	80.946,00 €
		Suministro y montaje de estructura de acero S 275 JR, en perfiles con uniones soldadas o atornilladas, incluso p.p de soldaduras y tornillería cortes especiales y despuntes. El acabado será galvanizado en caliente según UNE EN ISO 1461 y 14713.			
2.5.2	Ud.	APOYO CENTRAL	180	165,39 €	29.770,20 €
		Suministro y montaje de estructura de acero S 275 JR, en perfiles con uniones soldadas o atornilladas, incluso p.p de soldaduras y tornillería cortes especiales y despuntes. El acabado será galvanizado en caliente según UNE EN ISO 1461 y 14713.			
2.5.3	Ud.	ROTULA EJE STD	1.080	35,31 €	38.134,80 €
		Suministro y montaje de estructura de acero S 275 JR, en perfiles con uniones soldadas o atornilladas, incluso p.p de soldaduras y tornillería cortes especiales y despuntes. El acabado será galvanizado en caliente según UNE EN ISO 1461 y 14713.			
2.5.4	Ud.	ROTULA EJE CENTRAL	180	84,21 €	15.157,80 €



		Suministro y montaje de estructura de acero S 275 JR, en perfiles con uniones soldadas o atornilladas, incluso p.p de soldaduras y tornillería cortes especiales y despuntes. El acabado será galvanizado en caliente según UNE EN ISO 1461 y 14713.			
2.5.5	Ud.	EJE N/S DE 6 MT.	1.080	194,05 €	209.574,00 €
		Suministro y montaje de estructura de acero S 275 JR, en perfiles con uniones soldadas o atornilladas, incluso p.p de soldaduras y tornillería cortes especiales y despuntes. El acabado será galvanizado en caliente según UNE EN ISO 1461 y 14713.			
2.5.6	Ud.	PILA MOTOR	9	114,57 €	1.031,13 €
		Suministro y montaje de estructura de acero S 275 JR, en perfiles con uniones soldadas o atornilladas, incluso p.p de soldaduras y tornillería cortes especiales y despuntes. El acabado será galvanizado en caliente según UNE EN ISO 1461 y 14713.			
2.5.7	Ud.	BIELA ESTE-OESTE 6.0 MT.	9	90,19 €	811,71 €
		Suministro de estructura de acero S 275 JR, en perfiles con uniones soldadas o atornilladas, incluso p.p de soldaduras y tornillería cortes especiales y despuntes. El acabado será galvanizado en caliente según UNE EN ISO 1461 y 14713.			
2.5.8	Ud.	BRAZO BIELA/MOTOR	9	35,59 €	320,31 €
		Suministro y montaje de Brazo de acero S 275 JR, en perfiles con uniones soldadas o atornilladas, incluso p.p de soldaduras y tornillería cortes especiales y despuntes. El acabado será galvanizado en caliente según UNE EN ISO 1461 y 14713.			
2.5.9	Ud.	Z CORREAS	1.008	11,74 €	11.833,92 €
		Suministro y montaje de correas de acero S 275 JR, en perfiles con uniones soldadas o atornilladas, incluso p.p de soldaduras y tornillería cortes especiales y despuntes. El acabado será galvanizado en caliente según UNE EN ISO 1461 y 14713.			
2.5.10	Ud.	COJINETE DE POLIETILENO	1.260	3,62 €	4.561,20 €
		Suministro de cojinete de polietileno mecanizado			
2.5.11	Ud.	ACCIONADOR MECANICO	9	957,00 €	8.613,00 €
		Suministro de accionador mecánico			
2.5.12	Ud.	CUADRO DE CONTROL	1	1.300,00 €	1.300,00 €
		Suministro de cuadro de poliéster con todo lo necesario para el correcto funcionamiento del seguidor, incluyendo plc controlador, tarjeta analógica, inclinometro, y todas las protecciones necesarias para el cumplimiento de la normativa vigente.			
Item	U.Med.	COLOCACION DE MODULOS MESAS DE 3 FILAS DE 6 MODULOS DE 290 Wp (18 Módulos de 1950 x 995 x 50)(5.460 Wp)	1	12.600,00 €	12.600 €
2.6.1	Ud.	SEGUIDOR DE EJE HORIZONTAL EN ESTRUCTURA TUBULAR			€ -



		Montaje Mecánico de Módulos Fotovoltaicos de Eje HORIZONTAL en la estructura de acero S 275 JR, en perfiles tubulares, utilizando las grapas y tornillería necesaria.			
Item	U.Med.	MONITORIZACIÓN Y COMUNICACIONES DE LA INSTALACIÓN	1	42.000 €	42.000 €
3.1.1	Ud.	MONITORIZACIÓN Y COMUNICACIONES DE LA INSTALACIÓN	1,0	42.000,00 €	42.000,00 €
		Suministro y montaje de los elementos que constituyen la Monitorización conectando los inversores con un ordenador central y comunicado con un acceso a internet.			
Item	U.Med.	MATERIAL PARA VIGILANCIA Y ALARMA DE LA INSTALACIÓN	1	60.880 €	60.880 €
3.2.1	Ud.	CAMARAS DE TELEVISION DE INTEMPERIE	20,0	1.950,00 €	39.000,00 €
		Suministro y montaje de los elementos de cámaras de circuito cerrado de Televisión que constituyen la vigilancia conectada vía remota, conectando las cámaras con un ordenador central y comunicado con un acceso a internet.			
3.2.2	Ud.	SENSORES DE PRESENCIA	48,0	360,00 €	17.280,00 €
		Suministro y montaje de los elementos de cámaras de circuito de sensores de presencia en perímetro que constituyen la alarma conectada vía remota, conectando las cámaras con un ordenador central y comunicado con un acceso a internet.			
3.2.3	Ud.	ORDENADOR Y CENTRAL DE ALARMA	1,0	4.600,00 €	4.600,00 €
		Suministro y montaje de Armario con ordenador central y centralita de todo el conjunto de seguridad.			
IMPORTE TOTAL OFERTADO EN EUROS			9.800.000 Wp		6.162.264,00 €

5.2. Tarifa eléctrica

Según *IET/221/2013*, de 14 de febrero, la que se establecen los peajes acceso a partir de enero de 2013 y las tarifas y primas de las instalaciones de régimen especial. Según *el Real Decreto 14/2010* la instalación se encuadra el "Subgrupo b.1.1: Instalaciones que únicamente utilizan como energía primaria la solar fotovoltaica".

En la cual se obtienen las siguientes tarifas:

- El cual la venta de la energía será de 46.3218c€/kWh.
- La tarifa tendrá un plazo de los 28 primeros años del proyecto.
- Las horas de producción anuales serán de 2779 h/año ya que la zona en la que se va a instalar el parque fotovoltaico es considerado como zona V en la zona climática de España. Por otro lado tenemos un seguidor de un eje por lo que las horas de equivalencia/año serán de 2.279.
- Habrá que pagar un peaje de 0,5 EUR/ MWh vertido a la red.



6. Conclusión.

En la realización del proyecto se han analizado los aspectos técnicos, económicos y normativos necesarios para las instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red.

Las grandes instalaciones fotovoltaicas se caracterizan por la optimización de la energía solar captada y no por la superficie de área utilizada. Por ello se debe realizar un trabajo exhaustivo de análisis de la radiación solar que se obtendrá en la parcela, pérdidas del sistema y aprovechamiento de este.

En la obtención del máximo rendimiento, se debe de llegar al equilibrio de calidad precio, es decir no podemos poner tecnología excesivamente cara, la cual, no sea difícil de amortizar. Ni tecnología excesivamente barata que no tengamos una optimización del sistema. Por ello es necesario un análisis detallado de toda la tecnología empleada.

Es un punto muy importante, el estudio del rendimiento económico en el que se estudian las diferentes alternativas de venta energética, ya que, variará tanto la retribución económica como las pérdidas de generación eléctrica de un caso a otro. Por lo que siempre se intentará que se cumplan las condiciones pactadas con la compañía eléctrica.

Por último se deben crear políticas que favorezcan la generación de las Energías Renovables, debido a que su evolución se ha visto frenada en los dos últimos años. La evolución de las Energías Renovables es necesaria, según la Directiva 2009/28/DE del Parlamento Europeo y el Consejo, de 23 de Abril de 2009, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables, la cual establece objetivos mínimo vinculantes para el conjunto de la Unión Europea y para cada uno de los Estados miembros. La directiva establece como objetivo conseguir una cuota mínima del 20% de energía procedente de energías renovables en el consumo final bruto de energía de la Unión Europea para el 2020. España hoy en día tiene un consumo de fuentes renovables del 14.3 %. Esto quiere decir, que antes del 2020 España tiene que tener un crecimiento del 5.7 % por ciento. Por consecuencia la creación de parques fotovoltaicos es algo necesario para llegar a este objetivo impuesto por la Unión Europea.



7. Agradecimientos.

La realización de este proyecto final de carrera no habría sido posible sin la ayuda de mis familiares que me han dado su apoyo moral y financiero antes y durante la realización del mismo, ya que sin ellos esto no habría sido posible.

También tengo que agradecer a la compañía eléctrica Endesa y la empresa metálica ARTEKO debido a la información suministrada.

Sin duda agradecer a mi director del Proyecto, Antonio López Navarro por la ayuda otorgada en la realización proyecto, ya que sin esta no habría sido posible la ejecución de este.

Para finalizar, agradezco a toda la gente que me rodea y que han estado apoyándome y dándome ánimos en todo momento durante la elaboración de este proyecto.



8. Normativa

La normativa empleada en el proyecto es la siguiente:

- *Real Decreto de 2818/1998*
- *Ley 54/1997*
- *Real Decreto de 1663/2000*
- *RD 1669/2011*
- *Real Decreto 436/2004,*
- *Real Decreto-Ley 1-2012.*
- *RD 1110/2007*
- *Real Decreto 1627/1997.*
- *NI 52.95.03.*
- *ISO EN 1461.*
- *UNE 27-727-90*
- *UNE 27-727-90*
- *RU 1410 B*
- *UNE-EN-64439.1*
- *CE-439.1*
- *CEI-695.2.1.*
- *CEI-497*
- *UNE 60.947*
- *Condiciones Técnicas y de seguridad de las instalaciones de distribución de FECSA ENDESA*
- *MIE-RAT 13*
- *IET/221/2013*
- *Directiva 2009/28/DE*



9. Bibliografía

Agricultura, M. d. (02 de Mayo de 2014). *VisorSigPac*. Recuperado el 02 de Mayo de 2014, de VisorSigPac: <http://sigpac.mapa.es/feqa/visor/>

Alicia Martínez Antón, V. B. *PUESTA A TIERRA DE EDIFICIOS*. ETS Arquitectura.

Ávila, J. M., Martín, J. R., Alonso, C. J., Escuin, M. C., Cadalso, J. M., & Bartolomé., M. L. *Atlas de Radiación Solar en España utilizando datos del SAF de Clima de EUMETSAT*. Ministerio de Agricultura Alimentación y Medio Ambiente (AEMET).

Blogger. (22 de 12 de 2011). *FUNDAMENTO O MICROPILOTES ESTRUCTURA FOTOVOLTAICA*. Recuperado el 2014 de 05 de 15, de FUNDAMENTO O MICROPILOTES ESTRUCTURA FOTOVOLTAICA: <http://prodespaindustrial.blogspot.nl/>

Cascales, J. P.-J. *Apuntes de Energías Renovables*.

Edificación, M. d. *Puesta a tierra*. Ministerio de Edificación .

Endesa. (2006). *Norma Técnica Particular Instalaciones de enlace en media tensión del 2006*.

Endesa. *FECSA ENDESA, Norma Técnica Particular Instalaciones de enlace en media tensión del 2006*.

Energía, M. d. *INSTRUCCIONES COMPLEMENTARIAS DEL REGLAMENTO ELECTROTECNICO PARA*.

Energía, M. d. (2002). *ITC-BT-07*. Madrid: Gobierno de España.

energía, M. d. *Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas y subestaciones y centros de transformación*.

energía., M. d. *INSTRUCCIONES COMPLEMENTARIAS DEL REGLAMENTO ELECTROTECNICO PARA BAJA TENSIÓN*.

García, M. O. *Cálculo de líneas de instalación fotovoltaica*. Elche: Universidad Miguel Hernández.



Parque Fotovoltaico de 2 Mw

IBERDROLA. (2009). *PROYECTO TIPO DE LINEA SUBERRÁNEA DE BAJA TENSIÓN. MT 2.51.01. IBERDROLA.*

IBERDROLA. (ABRIL 2004). *MT 2.11.10.*

JinkoSolar. (s.f.). JinkoSolar JKM 290P-72 . *JinkoSolar* .

Ministerio de industria, t. y. (18/11/2011). *BOE Real Decreto 1699/2011.*

Públicas, C. -M. (02 de Mayo de 2014). *Catastro - Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas*. Recuperado el 02 de Mayo de 2014, de Catastro - Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas:
<https://www1.sedecatastro.gob.es/OVCFrames.aspx?TIPO=CONSULTA>

Solar, T. (s.f.). *SEGUIDOR SOLAR DE 1 EJE HORIZONTAL. Tritón Solar* .

Solis., O. R. *Diseño y construcción de un parque fotovoltaico de 2 MW en Albesa.*

Tecnología, M. d. (2003). *Guía Técnica de Aplicación-Anexos- Cálculo de las Caídas de tensión.*