

ÍNDICE

1. DESCRIPCIONES Y ABREVIATURAS	4
2. MEMORIA	8
2.1. Memoria descriptiva	8
2.1.1. Objeto del proyecto	8
2.1.2. Emplazamiento y peticionario	9
2.1.3. Marco normativo	11
2.1.4. Descripción de la planta	14
2.1.4.1. Descripción instalación	14
2.1.4.2. Descripción de funcionamiento	15
2.1.4.3. Instalaciones generadoras fotovoltaicas	16
2.1.4.4. Inversor	19
2.1.4.5. Sala de inversores	22
2.1.4.6. Estructura soporte	23
2.1.4.7. Cableado	23
2.1.4.8. Puesta a tierra	25
2.1.4.9. Armónicos y compatibilidad electromagnética	27
2.1.4.10. Protecciones y medida eléctrica	27
2.1.4.11. Sistema de monitorización	32
2.1.4.12. Instalaciones de seguridad y vigilancia	32
2.1.4.13. Conclusiones	33
2.1.5. Instalación eléctrica de baja tensión	34
2.1.5.1. Descripción del sistema	34
2.1.5.2. Instalaciones de enlace	35
2.1.5.3. Cableado en BT	35
2.1.5.4. Justificación de las protecciones en BT	38
2.1.5.4.1. Protección contra cortocircuitos y sobrecargas	38
2.1.5.4.2. Protección contra fallos a tierra	39
2.1.5.4.3. Interruptor automático de la interconexión	40
2.1.5.4.4. Protección contra sobretensiones	40
2.1.5.4.5. Protecciones magnetotérmicas	40

2.1.5.4.6.	Protección contra contactos directos e indirectos	41
2.1.5.4.7.	Justificación del sistema de puesta a Tierra instalación solar FV	42
2.1.6.	Centro de transformación	45
2.1.6.1.	Descripción de las instalaciones	45
2.1.6.1.1.	Características generales del centro de transformación	45
2.1.6.1.2.	Local	46
2.1.6.2.	Instalación eléctrica	51
2.1.6.2.1.	Características de la red de alimentación	51
2.1.6.2.2.	Características de la aparamenta de media tensión	51
2.1.6.2.3.	Características de los módulos de línea	52
2.1.6.2.4.	Módulos de protección del transformador	53
2.1.6.2.5.	Transformador 100 kVA	53
2.1.6.2.6.	Embarrado general celdas	54
2.1.6.2.7.	Piezas de conexión celdas	54
2.1.6.3.	Instalaciones secundarias	55
2.1.6.3.1.	Alumbrado	55
2.1.6.3.2.	Protección contra incendios	55
2.1.6.3.3.	Ventilación	55
2.1.6.3.4.	Medidas de seguridad de las celdas	55
2.1.6.4.	Puesta a tierra del centro de transformación	56
2.1.6.4.1.	Tierra de protección	56
2.1.6.4.2.	Tierra de servicio	56
2.1.6.4.3.	Tierras interiores	56
2.1.7.	Conexión a la red eléctrica	57
2.1.7.1.	Punto de conexión	57
2.1.7.2.	Línea de evacuación	57
2.1.8.	Obra civil y estructuras	58
2.1.8.1.	Canalizaciones para baja tensión	58
2.1.8.2.	Cimentaciones para las estructuras soporte de paneles solares	58

2.1.8.3. Estructura soporte de paneles solares fotovoltaicos	59
3. RESUMEN ECONÓMICO	61
3.1. Presupuesto	61
3.1.1. Presupuesto instalación tipo 100 kW	61
3.1.2. Presupuesto instalación 1MW	61
3.2. Rentabilidad del proyecto	62
3.3. Comparativa	64
4. CONCLUSIONES	65
5. BIBLIOGRAFÍA	66
5.1. Referencia bibliográficas	66
5.2. Bibliografía complementaria	67

ANEXOS

1. Anexo 1: Cálculos
2. Anexo 2: Pliego de condiciones
3. Anexo 3: Estudio de seguridad y salud
4. Anexo 4: Planos

1. DESCRIPCIONES Y ABREVIATURAS

Aislamiento eléctrico: El aislamiento eléctrico se produce cuando se cubre un elemento de una instalación eléctrica con un material que no es conductor de la electricidad, es decir, que resiste el paso de la corriente a través del elemento que recubre y lo mantiene en su trayectoria a lo largo del conductor.

Aislamiento térmico: Es la capacidad de los materiales para oponerse al paso del calor por conducción.

Aislamiento galvánico: Hace referencia al aislamiento eléctrico, es decir, a la inexistencia de contacto eléctrico

Aislamiento Clase I: Equipos dispuestos para ser conectados a la red, en los que la protección contra descarga eléctrica no se confía solamente al aislamiento básico, sino que incluye, como medida adicional de seguridad el que las partes conductoras estén conectadas a la tierra de protección general del local, con el objeto de evitar que tales partes puedan convertirse en activas por fallo del aislamiento básico.

Llevan dispositivos que permiten unir las partes metálicas accesibles a un conductor de protección.

Cuando la alimentación del aparato se realice por medio de un conductor flexible, este incluye el conductor de protección y su clavija para toma de corriente dispone de contacto para este último conductor. Su indicación en la placa de características será: Clase I o el símbolo de puesta a tierra

Cableado clase 5: Designación utilizada para el cableado flexible.

Canalización: Canal para contener conductores, barras y cables; el cual ha sido diseñado par tal fin y solamente es utilizado para este propósito.

Carga: Fuerza, debida a la gravedad, que actúa sobre un edificio y que interesa a su estructura.

Célula solar o fotovoltaica: También llamada célula, fotocélula o celda fotovoltaica, es un dispositivo electrónico que permite transformar la energía luminosa (fotones) en energía eléctrica (electrones) mediante el efecto fotoeléctrico.

Coeficiente de seguridad: Relación entre el valor característico de una determinada propiedad o magnitud y el valor de cálculo requerido en estudio de un determinado problema.

Dispositivo térmico de corte: Dispositivo de control sensible a la temperatura que interrumpe automáticamente un circuito en condiciones operativas anormales y que no puede ser ajustado por el usuario.

Disyuntor o interruptor automático: Es un dispositivo automático capaz de abrir un circuito eléctrico cuando la intensidad que por él circula excede de un determinado valor, con el objetivo de evitar daños a los equipos conectados.

Estados límite: Aquellos estados o situaciones de la estructura, o de partes de la misma, que de alcanzarse y excederse ponen a la estructura fuera de uso por incumplimiento de las condiciones tensionales o funcionales límite preestablecidas.

Estados límite de servicio: Situaciones que suponen que una obra, estructura o elemento, deja de cumplir los requisitos de calidad (por razones funcionales, estéticas, de durabilidad, etc.) establecidos en el proyecto, aunque ello no implique la ruina o puesta fuera de servicio de modo inmediato.

Funcionamiento en isla o modo aislado: Cuando el inversor sigue funcionando e inyectando energía a la red aún cuando en ésta no hay tensión.

Fusible: En electricidad, se denomina fusible a un dispositivo, constituido por un filamento o lámina de un metal o aleación de bajo punto de fusión que se intercala en un punto determinado de una instalación eléctrica para que se funda, por Efecto Joule, cuando la intensidad de corriente supere, por un cortocircuito o un exceso de carga, un determinado valor que pudiera hacer peligrar la integridad de los conductores de la instalación con el consiguiente riesgo de incendio o destrucción de otros elementos.

Generador fotovoltaico: Conjunto de paneles fotovoltaicos conectados entre sí con el fin de generar energía eléctrica.

Instalación solar fotovoltaica: Aquella que dispone de módulos fotovoltaicos para la conversión directa de la radiación solar en energía eléctrica, sin ningún paso intermedio.

Interruptor diferencial: También llamado disyuntor por corriente diferencial o residual, es un dispositivo electromecánico que se coloca en las instalaciones eléctricas con el fin de proteger a las personas de las derivaciones causadas por faltas de aislamiento entre los conductores activos y tierra o masa de los aparatos.

Interruptor magnetotérmico: O disyuntor magnetotérmico, es un dispositivo capaz de interrumpir la corriente eléctrica de un circuito cuando ésta sobrepasa ciertos valores máximos.

Irradiación solar: Energía incidente por unidad de superficie sobre un plano dado, obtenida por integración de la irradiancia durante un intervalo de tiempo dado, normalmente una hora o un día. Se mide en kWh/m².

Irradiancia solar: La irradiancia es la magnitud utilizada para describir la potencia incidente por unidad de superficie de todo tipo de radiación electromagnética. En unidades del sistema internacional se mide en W/m².

Limitador de corriente: Dispositivo sensible a la corriente, destinado a interrumpir automáticamente un circuito en condiciones normales de funcionamiento y que no puede ser ajustado por el usuario.

Módulo o panel fotovoltaico: Están formados por la conexión de un conjunto de celdas (células fotovoltaicas) que producen electricidad a partir de la luz que incide sobre ellos. La potencia máxima que puede suministrar un módulo se denomina potencia pico.

Perdidas por inclinación: Cantidad de irradiación solar no aprovechada por el sistema generador a consecuencia de no tener la inclinación óptima.

Perdidas por orientación: Cantidad de irradiación solar no aprovechada por el sistema generador a consecuencia de no tener la orientación óptima.

Perdidas por sombras: Cantidad de irradiación solar no aprovechada por el sistema generador a consecuencia de la existencia de sombras sobre el mismo en algún momento del día.

Potencia de la instalación fotovoltaica o potencia nominal: Suma de la potencia nominal de los inversores (la especificada por el fabricante) que intervienen en las tres fases de la instalación en condiciones nominales de funcionamiento.

Potencia nominal del generador: Potencia máxima que produce un generador en condiciones normales de uso.

Radiación Solar Global media diaria anual: Energía procedente del sol que llega a una determinada superficie (global), tomando el valor anual como suma de valores medios diarios.

Radiación solar: La radiación solar es el flujo de energía que recibimos del Sol en forma de ondas electromagnéticas de diferentes frecuencias (luz visible, infrarrojo y ultravioleta).

Rama fotovoltaica: Subconjunto de módulos interconectados en serie o en asociaciones serie-paralelo, con voltaje igual a la tensión nominal del generador.

Poder de cierre: Valor de una corriente prevista que un aparato de conexión es capaz de establecer a una tensión definida bajo condiciones prescritas de uso y comportamiento.

Poder de corte: Valor de una corriente prevista que un aparato de conexión es capaz de cortar a una tensión dada bajo condiciones prescritas de uso y comportamiento.

Proyecto ejecutivo: Corresponde al diseño de la prueba de la hipótesis, a esta etapa corresponde una revisión del anteproyecto, seguida de un cálculo interdisciplinario donde intervienen: ingenieros, constructores, electricistas, plomeros, carpinteros, herreros, alumineros, etc. Y finalmente la elaboración de una serie de planos ejecutivos y/o constructivos que detallarán como se deberá ejecutar (construir) la obra arquitectónica.

Seccionadores: Llamados también cuchillas desconectadoras son interruptores de una subestación o circuitos eléctricos que protegen a una subestación de cargas eléctricas demasiado elevadas.

Sobreintensidad: Toda corriente superior a un valor asignado. En los conductores, el valor asignado es la corriente admisible.

Temperatura de reblandecimiento Vicat: La temperatura de reblandecimiento Vicat es una medida de la temperatura a la que un plástico empieza a ablandarse en condiciones de prueba especificadas según ISO 306.

Termorretráctil: Tubo para protección de sobrecargas eléctricas, calor y esfuerzos mecánicos.

Valor característico: Es el principal valor representativo de una variable.

Valor de cálculo: Valor obtenido de multiplicar el valor representativo por el coeficiente parcial de seguridad.

2. MEMORIA

2.1. Memoria descriptiva

2.1.1. Objeto del proyecto

El objeto del presente proyecto es definir la instalación de paneles solares fotovoltaicos situada en Pineda de Mar y destinada a producir la energía eléctrica por aprovechamiento de la energía solar. La instalación estará conectada directamente a la red y toda la energía generada será vendida a la compañía eléctrica.

La energía que generaremos es mayor al consumo producido por los equipamientos públicos del pueblo de Pineda de Mar, de tal forma que toda la energía que consuman en los diferentes servicios públicos del pueblo ya habrá sido generada mediante los paneles solares, obteniendo beneficios económicos de la venta de esta energía a la compañía eléctrica y beneficios medioambientales con la reducción de emisiones de CO₂.

Del estudio de una auditoria ambiental municipal de Pineda de Mar se estableció que el consumo eléctrico total de los servicios municipales asciende a 581.376 Kwh anuales, y el del alumbrado público a 2.193.476kWh. La presente instalación fotovoltaica descrita en el proyecto generará un total de 1.491.160 kWh anuales con lo que el pueblo generará gracias a la energía solar toda la electricidad necesaria para los servicios municipales y la mitad de la consumida por el alumbrado público contribuyendo a la importante necesidad de un futuro sostenible.

Con el presente proyecto se pretende establecer las características a las que habrá de ajustarse la instalación, teniendo presentes criterios de seguridad, calidad de servicio, técnicos, estéticos, medio ambientales, económicos y de explotación de las instalaciones.

Con la construcción del generador solar, se pretenden alcanzar tres objetivos bien definidos:

- Fomentar la energía solar fotovoltaica como fuente alternativa de producción de energía.
- Disminuir la emisión de gases de efecto invernadero en la generación de energía eléctrica.
- Generar la energía equivalente a la consumida por el alumbrado público de Pineda de Mar mediante energía solar, de forma que se utilice energía limpia y se avance tecnológicamente para conseguir los propósitos del protocolo de Kioto.

2.1.2. Emplazamiento y peticionario

El emplazamiento de la instalación de los paneles solares se encuentra en el término municipal de Pineda De mar en la provincia del Maresme. La ubicación de la planta queda detallada en los planos de situación anexos.

Provincia: Barcelona

Comarca: Maresme

Municipio: Pineda de mar

Localización: 41°37'35" Norte, 2°41'26" Este

La situación de la instalación en el territorio de Catalunya es la siguiente:



Figura 2.1: Mapa Catalunya. Fuente: xtec.cat

El parque objeto de la presente solicitud está comprendido entre las siguientes coordenadas UTM:

Punto	Coord. UTM	
	x (m)	y (m)
P1	474840.96	4608795.43
P2	474944.94	4608850.92
P3	475018.46	4608718.98
P4	474906.48	4608664.97

Tabla 2.1: Coordenadas situación parque solar

Una ortofoto del emplazamiento es la que se muestra a continuación:



Figura 2.2: Vista aérea situación parcelaria parque fotovoltaico. Fuente: sigpac

El peticionario del presente proyecto es: Escola Universitaria Politècnica de Vilanova i La Geltrú, con domicilio en Av. Víctor Balaguer S/N, 08800, Vilanova i La Geltrú, Barcelona

2.1.3. Marco Normativo

Las instalaciones que se contemplan en el presente proyecto se ajustarán a los reglamentos que se relacionan a continuación y al resto de normativas vigentes aplicables a las instalaciones de estas características:

- Real Decreto 875/1984, Reglamento para aprobación de modelo y verificación primitiva de contadores de uso corriente (clase 2) en conexión directa, nuevos, a tarifa simple o a tarifas múltiples, destinados a la medida de la energía en corriente monofásica o polifásica de frecuencia 50Hz.

- Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico. (B.O.E. nº 285, de 28 de noviembre).

- Real Decreto 1663/2000, de 29 de septiembre, sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión. (B.O.E. nº 235, de 30 de septiembre).

- Resolución de 31 de mayo de 2001, de la Dirección General de Política Energética y Minas, por la que se establecen modelos de contrato tipo y modelo de factura para instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión. (B.O.E. nº 148, de 21 de junio).

- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica. (B.O.E. nº 310, de 27 de diciembre).

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT) e Instrucciones Técnica complementarias (Decreto 842/2002 de 18 de septiembre - BOE nº 224).

- Real Decreto 1433/2002, de 27 de diciembre, por el que se establecen los requisitos de medida en baja tensión de consumidores y centrales de producción en régimen especial. (B.O.E. nº 313, de 31 de diciembre).

- Real Decreto 2818/1998, de 23 de Diciembre, a partir de su publicación se permite en España que cualquier interesado pueda convertirse en productor de electricidad a partir de recursos o fuentes de energía renovable.

- RAT, Reglamento Técnico de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión. Real Decreto 3151/68 de 28 de noviembre.

- Norma UNESA 1403B, establece las características eléctricas constructivas de las cajas generales de protección.

· CTE (DB-SE: Seguridad Estructural): Este Documento Básico (DB) tiene por objeto establecer reglas y procedimientos que permitan cumplir las exigencias básicas de seguridad estructural. La correcta aplicación del conjunto del DB supone que se satisface el requisito básico “Seguridad estructural”.

· Real Decreto 661/2007, de 25 de Mayo.

- Establece el procedimiento de inclusión en el régimen especial, habilitando a las CC.AA. para establecer procedimientos simplificados para instalaciones de $P < 100 \text{ kW}$.
- Define las tarifas, primas e incentivos para energías renovables, así como su revisión y actualización.
- Amplía el objetivo de potencia instalada hasta los 371MW para instalaciones fotovoltaicas.
- Incorpora la necesidad de presentar un aval de 500€/kW para tramitar el acceso a la red de transporte y distribución de instalaciones fotovoltaicas.
- Introduce el plan de energías renovables para 2011-2020.

· REAL DECRETO 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.

Categoría b): instalaciones que utilicen como energía primaria alguna de las energías renovables no consumibles, biomasa, o cualquier tipo de biocarburante, siempre y cuando su titular no realice actividades de producción en el régimen ordinario.

Esta categoría b) se clasifica a su vez en ocho grupos:

1.º Grupo b.1. Instalaciones que utilicen como energía primaria la energía solar. Dicho grupo se divide en dos subgrupos:

Subgrupo b.1.1. Instalaciones que únicamente utilicen la radiación solar como energía primaria mediante la tecnología fotovoltaica.

Artículo 36. Tarifas y primas para instalaciones de la categoría b).

Las tarifas y primas correspondientes a las instalaciones de la categoría b) será la contemplada en la tabla siguiente.

Se contempla, para algunos subgrupos, una retribución diferente para los primeros años desde su puesta en servicio.

BOE núm. 67

Martes 18 marzo 2008

16081

3. Tarifas, primas y límites, para las instalaciones de la categoría b) del artículo 2 del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo.

Grupo	Subgrupo	Potencia	Plazo	Tarifa regulada c€/kWh	Prima de referencia c€/kWh	Límite superior c€/kWh	Límite inferior c€/kWh
b.1	b.1.1	P≤100kW	Primeros 25 años	45.5134			
			A partir de entonces	36.4107			
		100kW<P≤10 MW	Primeros 25 años	43.1486			
			A partir de entonces	34.5189			
		10<P≤50MW	Primeros 25 años	23.7461			
			A partir de entonces	18.9969			
	b.1.2		Primeros 25 años	27.8399	26.2509	35.5499	26.2548
			A partir de entonces	22.2717	21.0007		

Tabla 2.2: Tarifa eléctrica regulada. Fuente: RD 661/2007

2.1.4. Descripción de la planta

La planta objeto del proyecto convierte la energía que proporciona el sol en energía eléctrica alterna de 400V, que es inyectada directamente en la red eléctrica de la compañía distribuidora a través del centro de transformación.

2.1.4.1. Descripción Instalación

La potencia de la instalación será de 1 MW (1.1 MWp), constituida por 10 instalaciones independientes de 100 kW, que responden al esquema siguiente:



Figura 2.3: Esquema estructura parque fotovoltaico

Las distintas instalaciones individuales constitutivas de la huerta solar quedarán identificadas por las siguientes denominaciones:

Huerta	Potencia
PM-01	100 kW
PM-02	100 kW
PM-03	100 kW
PM-04	100 kW
PM-05	100 kW
PM-06	100 kW
PM-07	100 kW
PM-08	100 kW
PM-09	100 kW
PM-10	100 kW

Tabla 2.3: Identificación de los propietarios de las parcelas

El conjunto de generación fotovoltaica esta compuesto por las siguientes cifras:

- 10 Instalaciones generadoras PM-XX de 100kW.
- 4.800 Módulos fotovoltaicos, repartidos en diez grupos de 480.
- 10 Inversores de conexión a red INGETEAM, modelo INGECON SUN-100
- 5 Centros de transformación y un total de 10 transformadores de tensión.

2.1.4.2. Descripción de funcionamiento

En un primer paso se convierte la energía procedente de la radiación solar en energía eléctrica a través de una serie de módulos solares instalados sobre estructuras fijas en el terreno. A este conjunto de módulos solares se le denomina generador fotovoltaico.

Posteriormente la corriente continua producida en el generador fotovoltaico se convierte en corriente alterna mediante inversores, para posteriormente inyectar directamente en la red de distribución de baja tensión.

La instalación posee elementos de protección tales como el interruptor automático de la interconexión ó interruptor general que nos permita separar la instalación fotovoltaica de la red de distribución. Aún así, los equipos, cableado y protecciones, se especificarán a posteriori.

Tendremos que asegurar un grado de aislamiento eléctrico mínimo de tipo básico clase I en lo que afecta a equipos (módulos e inversores) y al resto de materiales (conductores, cajas, armarios de conexión...). En este apartado exceptuaremos el cableado de continua, que será de doble aislamiento.

La instalación incorporará todos los elementos necesarios para garantizar en todo momento la protección física de la persona, la calidad de suministro y no provocar averías en la red.

La planta objeto del proyecto convierte la energía que proporciona el sol en energía eléctrica alterna de 400V, que es inyectada a la red eléctrica de la compañía distribuidora a través de diez transformadores de tensión que se llevarán al centro de transformación de la empresa suministradora.

2.1.4.3. Instalaciones Generadoras Fotovoltaicas

Se denomina generador fotovoltaico al conjunto de módulos fotovoltaicos encargados de transformar sin ningún paso intermedio la energía procedente de la radiación solar en energía eléctrica de continua.

La instalación se efectuará con paneles de la marca Solaria, modelo S6M230. En la tabla adjunta se indican las características del panel proyectado.

Módulo Fotovoltaico Solaria S6M

Características Eléctricas		230
Potencia máxima ($\pm 8\%$)	Pmax	230 Wp
Tensión punto de máxima potencia	Vpm	30.2 V
Corriente punto de máxima potencia	Ipm	7.62 A
Tensión de vacío	Voc	37 V
Corriente de cortocircuito	Isc	8.01 A
Eficiencia del módulo	Efm	14.3 %
TONC (Temperatura ambiente 20 °C; Irradiación solar 800 W/m ² ; Velocidad del viento 1m/s)		47 \pm 2 °C
Coeficiente de Temperatura de la Potencia		-0.5 \pm 0.02 %/K
Tensión máxima del sistema		1000 V

Características constructivas y dimensionales	
Dimensiones (± 3 mm)	1647 x 977 x 35 mm.
Peso (kg)	21 kg.
Marco	Marco de aleación de aluminio anodizado en color plata tipo 6063T6.
Células solares	60 células de 6 pulgadas de silicio monocristalino, texturada y con capa antirreflexiva. Dimensiones: (156 x 156 mm). Conexión: todas las células están conectadas en serie y configuradas geométricamente en una matriz de 6 x 10.
Construcción	Frontal: cristal templado 4 mm de alta transmisividad Posterior: capa de TP (Tedlar & Poliéster)

Conexión Eléctrico	
Caja de conexión	IP65
Diodos de protección	Incluidos 3 diodos de bypass de 9 A
Conectores	Cables de 100 cm de longitud y conectores rápidos antierror
Fabricación según norma IEC 61215 y seguridad eléctrica clase II. Los datos contenidos en esta ficha técnica pueden estar sujetos a cambios sin previo aviso por parte de Solaria.	

Tabla 2.4: Características módulos solares

Estas características son especificaciones en condiciones estándar (según la normativa EN 61215) de 1000W/m², temperatura de la célula de 25°C y una masa de aire de 1,5.

Estos tipos de paneles utilizan células de silicio monocristalino que garantizan con un máximo rendimiento la producción eléctrica mientras exista radiación solar. Las cajas de conexiones intemperie incorporan diodos de derivación (by-pass) para evitar la posibilidad de rotura de circuito eléctrico en el interior del módulo como consecuencia de sombreados parciales de alguna célula.

Se describirá una instalación modelo, para las 10 instalaciones solares de 100 kW en Baja Tensión. Cada una de las instalaciones tendrá las mismas características que las del modelo correspondiente que se describe en este proyecto.

Cada una de las instalaciones solares fotovoltaicas de 100 kW en Baja Tensión, se compone de un campo generador de paneles solares fotovoltaicos, ubicado sobre estructuras metálicas de perfil omega de acero galvanizado. Para cumplir con lo establecido en el RD 1663/2000, de 29 de septiembre, sobre las condiciones de conexión de instalaciones fotovoltaicas de conexión a red en BT, se instalará un inversor que suministrará corriente alterna trifásica cumpliendo con las condiciones técnicas establecidas con dicho Decreto.

Con el objeto de cuantificar la energía producida por la instalación, así como los posibles consumos que pudieran producirse por parte del inversor se instalará conforme a la ITC-BT-12 una caja general de protección y medida en donde se ubicarán los contadores eléctricos que registren dichas corrientes, así como los fusibles de protección de la instalación.

Como el objeto de esta instalación solar fotovoltaica es el de evacuar la energía eléctrica producida a la red pública de distribución eléctrica próxima, se necesita realizar una serie de instalaciones complementarias para conseguir dicho fin, debido a que la generación se produce a una tensión de 400 V en corriente alterna y la red de distribución a la que se pretende hacer la conexión es de 11 kV.

La instalación modelo que se describe en este proyecto se encuentra ubicada en parcelas comunes con otras 10 instalaciones solares fotovoltaicas de potencia unitaria 100 kWn cada una de ellas, es por ello que se plantean las instalaciones de evacuación de forma común.

A continuación se enumerarán las instalaciones de BT, dejando para capítulos posteriores, la descripción y justificación de una forma detallada de la instalación en BT y MT.

Las infraestructuras principales que componen una instalación solar fotovoltaica de 100 kW en BT son las siguientes:

- Conjunto de placas solares para las instalaciones de 100 kW:

Fabricante	SOLARIA
Modelo Placa	S6M230
Pot. Placa (Wp)	230
Nº total Placas	480
Potencia total instalada (Wp)	110460

Tabla 2.5: Características placas solares instalación de 100 kW

- 1 Inversor de potencia nominal 100 kW.
- Líneas eléctricas en baja tensión.
- Conjunto de instrumentación de protección y medida: 1 interruptor-seccionador CC, 1 interruptor automático CC, 1 interruptor magnetotérmico y diferencial AC y 1 contador bidireccional.
- Instalación de puesta a tierra.

Cada instalación se plantea como una pequeña central productora de electricidad de 100 kW de potencia nominal, utilizando como fuente de energía el sol. La energía que se produzca será vendida a la compañía eléctrica distribuidora de la zona bajo el régimen de producción especial.

Las diferentes series de paneles solares del campo solar se conectarán al inversor trifásico de 400 V, de la casa INGETEAM, modelo INGECON SUN-100, situado en un edificio prefabricado.

Para la protección de la instalación y de las personas diferenciaremos cada parte según:

- a) Protección después de los generadores: Dispuestos en Cuadros de ramas. Ubicaremos el interruptor-seccionador CC, el limitador de tensión e instrumentos de medida de corriente y tensión.
- b) Protección BT en CC antes del inversor: interruptor automático CC
- c) Protección BT en CA a la salida del inversor: Interruptor magnetotérmico y diferencial.
- d) Medida y calidad de energía: Interruptor CA en carga, contador bidireccional, envolvente para contadores
- e) Protección MT: Centro de transformación.

Las placas solares se instalarán sobre estructuras metálicas fijas inclinadas 35° sobre la horizontal.

A continuación se incluye una tabla en la que se incluyen las características que tendrá cada una de las instalaciones de 100 kW.

Fabricante	SOLARIA
Modelo Placa	S6M230
Potencia Placa	230
Nº Instalaciones	10
Nº Ramas por instalación	2
Nº total Placas	480
Serie/Paralelo (por rama)*	20/12
INSTALACIÓN	
Imp (A)	182.88
Vmp (V)	604
Isc (A)	192.24
Voc (V)	740
Ptotal (Wp)	110459

Tabla 2.6: Característcas instalación 100 kW

* La conexión serie se efectuara mediante 5 grupos de 4 paneles. Con lo que tendremos una instalación con 4 filas y 5 columnas de paneles para obtener los 20 paneles conectados en serie y 12 de estos grupos de 20 paneles conectados en paralelo para cada rama.

2.1.4.4. Inversor

Los inversores son los encargados de convertir la corriente continua generada en los módulos solares en corriente alterna sincronizada con la de la red. Funciona como interfase entre el campo generador fotovoltaico y la red eléctrica. De este modo, el sistema fotovoltaico conectado a red forma parte de los sistemas de generación que alimentan a dicha red.

El funcionamiento de los inversores es totalmente automático. A partir de que los módulos solares generan potencia suficiente, la electrónica de potencia implementada en el inversor supervisa la tensión, la frecuencia de red y la producción de energía. A partir de que ésta es suficiente, el aparato comienza a inyectar a la red.

El inversor debe seguir la frecuencia a la tensión correspondiente de la red a la que se encuentre conectado. La forma de onda de la corriente de salida del inversor deberá ser lo más senoidal posible para minimizar el contenido en armónicos inyectados en la red según lo expuesto en el RD 1663/2000.

La instalación constará de 1 inversor trifásico de la casa Ingeteam en su modelo INGECON SUN 100, de una potencia nominal de 100 kW y una tensión de salida de 400 Vac a 50 Hz.

Los inversores, fabricados por Ingeteam, garantizan condiciones óptimas de calidad de inyección en red. Su baja distorsión armónica así como su control software sobre la tensión y frecuencia inyectadas garantizan el que estos valores se encuentren dentro de los fijados por el RD 1663/2000.

Los inversores trabajan de forma que toman la máxima potencia posible (seguimiento del punto de máxima potencia) de los módulos solares. Cuando la radiación solar que incide sobre los paneles no es suficiente para suministrar corriente a la red, el inversor deja de funcionar. Puesto que la energía que consume la electrónica procede de los paneles solares, por la noche el inversor sólo consume una pequeña cantidad energía procedente de la red de distribución de la compañía.

El inversor permite seguir inyectando potencia a la red en condiciones de irradiancia solar de un 10 % superiores a las CEM (condiciones estándar de medida), incluso del 30 % durante 10 segundos (conexión mínima en W aprox. 180). Esto se realiza mediante una limitación de la corriente (se sale del punto de máxima potencia, PPM, si la potencia que recibe es superior a la nominal). Mientras la tensión de entrada permanezca en el rango permitido, el inversor nunca sufrirá daño. Para asegurarlo, la instalación ha sido dimensionada con una tensión de circuito abierto que siempre esté por debajo de la tensión máxima de entrada del inversor.

La empresa garantiza la fabricación de los inversores bajo todas las normativas de seguridad aplicables.

El inversor se desconectará en caso de:

- *Fallo de red eléctrica*: en caso de interrupción en el suministro de la red eléctrica, el inversor se encuentra en cortocircuito y por tanto se desconectará, no funcionando en ningún caso en isla, y volviéndose a conectar cuando se haya restablecido la tensión en la red.
- *Tensión fuera de rango*: si la tensión está por encima o por debajo de la tensión de funcionamiento del inversor, este se desconectará automáticamente, esperando a tener condiciones más favorables de funcionamiento.
- *Frecuencia fuera de rango*: en el caso de que la frecuencia de red esté fuera del rango admisible, el inversor se parará de forma inmediata, ya que esto quiere decir que la red está funcionando en modo de isla o que es inestable.
- *Temperatura elevada*: el inversor dispone de un sistema de refrigeración por convección y ventilación forzada. En el caso de que la temperatura interior del equipo aumente, el equipo está diseñado para dar menos potencia a fin de no sobrepasar la temperatura límite, si bien, llegado el caso, se desconectará automáticamente.

Los inversores están provistos de transformadores convencionales con aislamiento galvánico. El aislamiento galvánico incorporado en el convertidor separa el circuito de entrada del circuito de salida, esto hace posible cambios de polaridad o la obtención de salidas flotantes.

El inversor permite visualizar todas sus alarmas mediante LEDs indicadores de estado, pantalla LCD y teclado para monitorización en el frontal del equipo. Asimismo, permite la monitorización de gran cantidad de parámetros.

El sistema fotovoltaico incorporará una llave de desconexión general de la red, siguiendo especificaciones del RD 1663/2000. Esta misma llave permite la desconexión del inversor, ya que éste se para cuando no ve tensión de red.

Las características técnicas suministradas por los fabricantes del inversor considerado son las que se muestran en los anexos finales y a continuación:

FABRICANTE	INGETEAM, S.A.
MODELO INVERSOR	INGECON SUN 100
CARACTERÍSTICAS DE ENTRADA DC	
Rango de tensión MPP	450-750 Vdc
Máxima Tensión	900 Vdc
Máxima corriente	255 A
CARACTERÍSTICAS DE SALIDA AC	
Potencia nominal	100 kW
Potencia máxima	110 kW
Potencia pico de paneles	Hasta 25% Potencia nominal del inversor
Máxima corriente eficaz	158 A
Tensión	3 x 400 Vac
Frecuencia nominal	50/60 Hz
Distorsión armónica	<3% (THD)
Coseno de Phi	1 (Seleccionable 0,9-1)

Tabla 2.7: Características inversor Ingecon sun 100

2.1.4.5. Sala de inversores

Los inversores tienen entrada de cables por la parte inferior del armario, por lo que es recomendable utilizar suelo técnico, en caso de que no sea posible se podría suministrar un zócalo adecuado. También hay que tener en cuenta que el equipo tiene acceso frontal y posterior, por lo que hay que dejar una distancia mínima de 60 cm., entre la parte posterior y la pared más cercana, también en la parte frontal. Se utilizará una caseta donde se ubicará el inversor junto con el CT.

Los armarios se sujetan con taladros de fijación de diámetro 12,5 mm.

El peso aproximado es de 1.260 Kg para el inversor.

En cuanto a los requerimientos de ventilación de la sala de 1 Inversor fotovoltaico de 100 kW será el siguiente:

VENTILACIÓN NATURAL

$$S_r = \frac{\text{Pérdidas}}{0.24 \cdot K \cdot \sqrt{h} \cdot \Delta T^3} = \frac{0.06 \cdot N_{\text{inv}} \cdot 100}{0.24 \cdot 0.35 \cdot \sqrt{1.2} \cdot 15^3} = 1.12 \text{m}^2$$

[Ec. 2.1]

donde:

Pérdidas	pérdidas en el inversor a plena carga (6%) [kW]
K	coeficiente en función de la forma de las rejillas de entrada [aproximadamente entre 0,35 y 0,40]
h	distancia vertical entre las rejillas de entrada y salida [m]
ΔT	Salto térmico permitido [°C]
Sr	superficie mínima de las rejillas de entrada [m2]

SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO

Al disponer la caseta de dos rejillas de dimensiones 2x 0.96 m², no será necesario colocar una máquina de aire acondicionado para no superar nunca en la sala la temperatura de 45 °C.

Por tanto la caseta de inversores dispondrá de los siguientes circuitos eléctricos:

Refrigeración Reserva

Alumbrado

Tomas Generales

2.1.4.6. Estructura soporte

Los paneles de la instalación se situarán sobre estructuras soporte fijas apoyadas una cimentación de hormigón. Están diseñadas para resistir el peso propio de los módulos, las sobrecargas de viento y de nieve según la norma CTE (DB-SE: Seguridad Estructural). Tanto la estructura de integración, como la estructura tipo caballete. El material utilizado para su construcción es acero galvanizado, con lo que la estructura estará protegida contra la corrosión.

La tornillería de la estructura podrá ser de acero galvanizado o inoxidable. La de fijación de módulos estará sin embargo realizada en acero inoxidable cumpliendo la norma MV-106 sobre "Tornillos ordinarios y calibrados, tuercas y arandelas de acero para estructuras de acero laminado".

El modelo de fijación garantizará las necesarias dilataciones térmicas, sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los módulos.

2.1.4.7. Cableado

Los conductores serán de cobre electrolítico recogido y tendrán una sección adecuada para evitar caídas de tensión y calentamientos. Concretamente, para cualquier condición de trabajo, los conductores de la parte de continua, han de tener la sección suficiente para evitar que la caída de tensión sea superior al 1,5%, y los conductores de la parte de alterna, han de tener una sección adecuada para que la caída de tensión sea inferior al 1,5%, teniendo en cuenta en ambos casos como referencia las tensiones correspondientes a cajas de conexiones.

Los positivos y negativos de cada grupo de módulos se conducirán separados y protegidos de acuerdo con la normativa vigente. Todo el cableado en continua será adecuado para su uso a la intemperie según la norma UNE 21123.

El cableado se conducirá de forma que tenga el menor impacto visual posible.

El tipo de cable que se empleará será Tecsun S1ZZ-F 0.6/1kV, RV-K 0,6/1kV o RZ1-K 0,6/1kV cuyas características técnicas son las que se muestran a continuación:

- TECSUN (PV) (AS) S1ZZ-F:

Flama: No propagador de llama, UNE EN 50265-2-1; IEC 603332-1; DIN VDE 0482 parte 332-1.

Conductor de Cu: Cobre electrolítico, estañado, Clase 5 de acuerdo a IEC 60228 (DIN VDE 0295).

Aislamiento: HEPR 120 °C similar a IEC 60502.

Cubierta: EVA 120 °C según DIN VDE 0282 parte 1, HD 22.1 (Compuesto tipo EM4 / EM8). Aislamiento y cubierta van unidos, (aislamiento de doble capa).

Temperatura máxima de utilización: 120°C.

Características constructivas: IEC 61215 y 61646, IEC 64/1123/CD y DIN VDE 01000 parte 520.

- RV-K 0,6/1kV

Flama: No propagador de llama, UNE-20432.1 (IEC-332.1).

Conductor de Cu: clase 5.

Aislamiento: XLPE.

Cubierta: PVC

Temperatura máxima de utilización: 90°C.

Características constructivas: UNE-21123 (P-2)

- RZ1-K 0,6/1kV:

Flama: No propagador de llama, IEC 60332-1, UNE-EN 50265-2-1.

Conductor de Cu: clase 5.

Aislamiento: XLPE tipo DIX3

Cubierta: Mezcla especial cero halógenos, tipo Afumex Z1

Temperatura máxima de utilización: 90°C.

Características constructivas: UNE-21123/4

Los colores de los conductores aislados estarán de acuerdo con la norma UNE 21.089, son los que se muestran a continuación:

Amarillo	Protección
Azul claro	Neutro
Negro	Fase
Marrón	Fase
Gris	Fase
Azul	Negativo
Rojo/marrón	Positivo

Para la colocación de los conductores se seguirá lo señalado en las instrucciones ITC-BT-07, ITC-BT-19, ITC-BT-20, ITC-BT-21.

Cada extremo del cable habrá de suministrarse con un medio autorizado de identificación. Este requisito tendrá vigencia especialmente para todos los cables que terminen en la parte posterior o en la base de un cuadro de mandos, y en cualquier otra circunstancia en que la función del cable no sea evidente de inmediato.

Los medios de identificación serán etiquetas de plástico rotulado, firmemente sujetas al cajetín que precinta el cable o al cable.

Los conductores de todos los cables de control habrán de ir identificados a título individual en todas las terminaciones por medio de células de plástico autorizadas, que lleven rotulados caracteres indelebles, con arreglo a la numeración que figure en los diagramas de cableado pertinentes.

2.1.4.8. Puesta a tierra

El objetivo de la puesta a tierra es limitar la tensión respecto a tierra que puede aparecer en las masas metálicas por un defecto de aislante (tensión de contacto); y asegurar el funcionamiento de las protecciones. Los valores que consideren admisibles para el cuerpo humano son:

- Locales húmedos: 24 V
- Locales secos: 50 V

La puesta a tierra consiste en una unión metálica directa entre determinados elementos de una instalación y un electrodo o grupo de electrodos enterrados en el suelo. En esta conexión se consigue que no existan 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 descargas 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 de puesta a tierra:

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

La instalación de puesta tierra cumplirá con lo dispuesto en el Real Decreto 1663/2000 (art.12) sobre las condiciones de puesta a tierra en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

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

La red de tierras se hará a través de picas de cobre. La configuración de las mismas debe ser redonda y de alta resistencia, asegurando una máxima rigidez para facilitar su introducción en el terreno. Hay que tratar de evitar que la pica se doble a la hora de su colocación.

Se realizará una instalación de puesta a tierra constituida por un cable de cobre desnudo enterrado de 35mm² de sección y picas de 2m de longitud y 14mm de diámetro mínimo.

Para la conexión de los dispositivos al circuito de puesta a tierra, será necesario disponer de bornes o elementos de conexión que garanticen una unión perfecta, teniendo en cuenta los esfuerzos dinámicos y térmicos que se producen en caso de cortocircuito.

Para la puesta a tierra de la instalación se seguirá lo señalado en las instrucciones ITC-BT-18.

2.1.4.9. Armónicos y compatibilidad electromagnética

Las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1663/2000 (art.13) sobre armónicos y compatibilidad electromagnética en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

2.1.4.10. Protecciones y medida eléctrica

El sistema de protecciones cumplirá las exigencias previstas en la reglamentación vigente. El conjunto de protecciones instaladas serán:

- Protección después de los generadores:

En cada rama de generadores, 100 kW, ubicaremos un cuadro de ramas, de la siguiente manera:

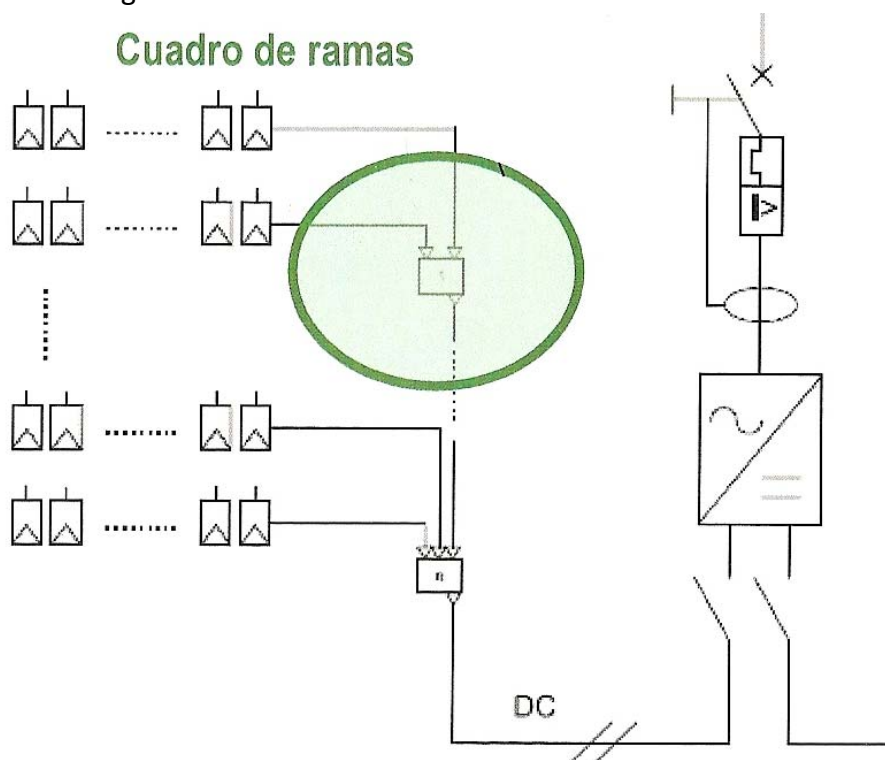


Figura 2.4: Esquema protecciones de los cuadros de ramas

Instalaremos un armario metálico Himel CRSX en el que situaremos:

- **Interruptor-seccionador CC:** Para desconectar los generadores de la instalación eléctrica, con el fin de operar, maniobras en la zona de

los módulos. Escogeremos el interruptor automático modelo C32H-DC de la marca Merlin Gerin.

- *Limitadores de sobretensión:* Protegerá contra descargas atmosféricas directas (pararrayos) e indirectas. Modelo PRD clase II de la marca Merlin Gerin.
- *Medida de corriente y tensión:* Supervisa el correcto funcionamiento, el equilibrio de los campos observando la lectura correcta dentro del rango de corriente continua. Para corriente modelo Hawkeye serie 970 y para tensión aparatura de medida digital de la casa Merlin Gerin.

- Protección BT en CC antes del inversor:

Estará situada en:

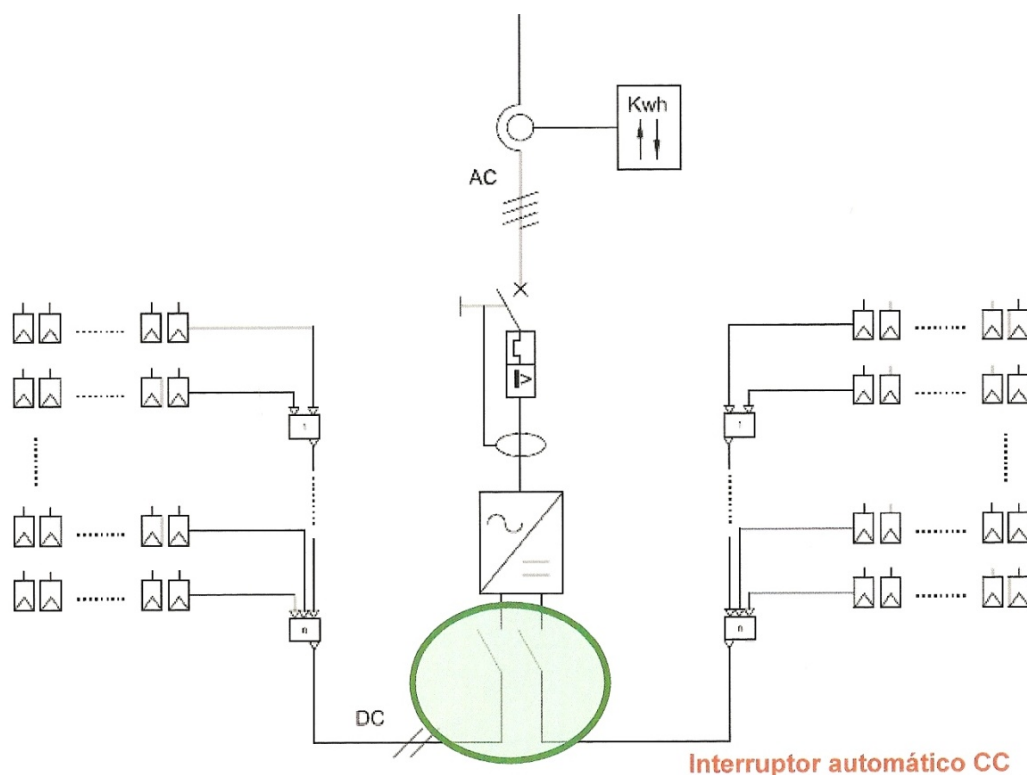


Figura 2.5: Esquema protecciones antes del inversor

- *Interruptor automático CC:* Nos protegerá los equipos abriendo el circuito cuando la intensidad que circule por este sea un valor excesivo. Utilizaremos el modelo Compact NS160 DC de la marca Merlin Gerin
- Protección para la *interconexión de máxima y mínima frecuencia* (51 y 49 Hz respectivamente) y de *máxima y mínima tensión* (1,1 y 0,85 Um respectivamente). Esta protección estará integrada en los inversores.

- Protección BT en CA a la salida del inversor:

Que es la que encontramos en la siguiente zona (a ubicar en el centro de transformación):

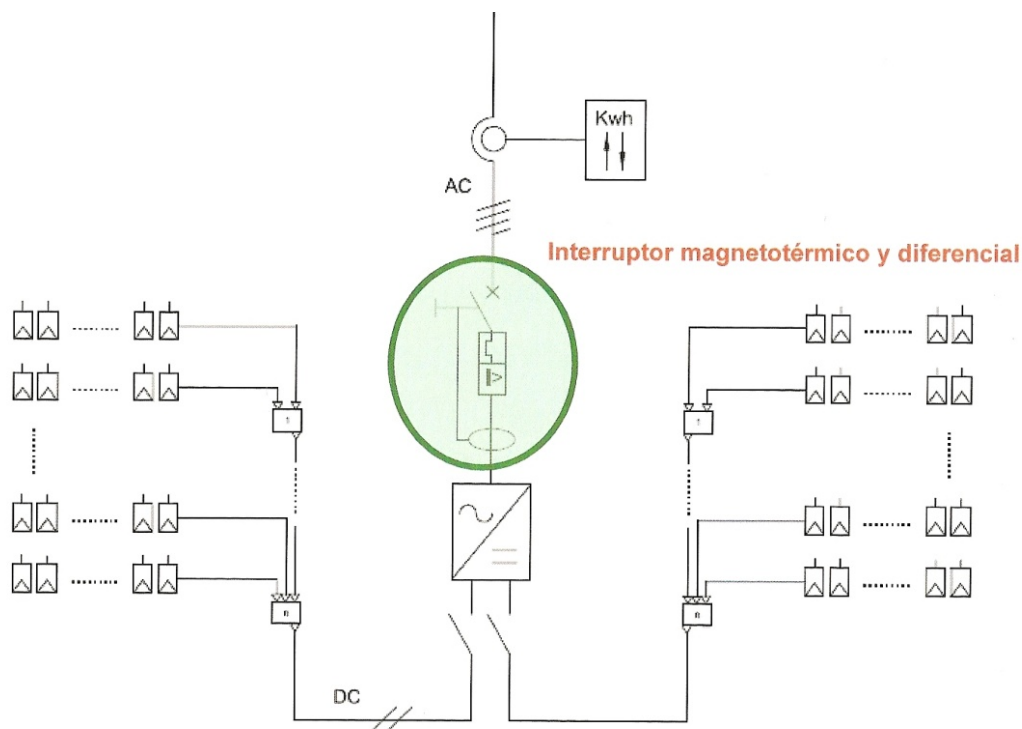


Figura 2.6: Esquema protecciones en la salida del inversor

- *Interruptor magnetotérmico:* Nos protegerá de sobreintensidades. Instalaremos uno de la marca Merlin Gerin de la gama NS250.
- *Diferencial:* Nos ofrecerá protección de personas por faltas de aislamientos.

- Medida y calidad de energía:

Situada en el centro de transformación:

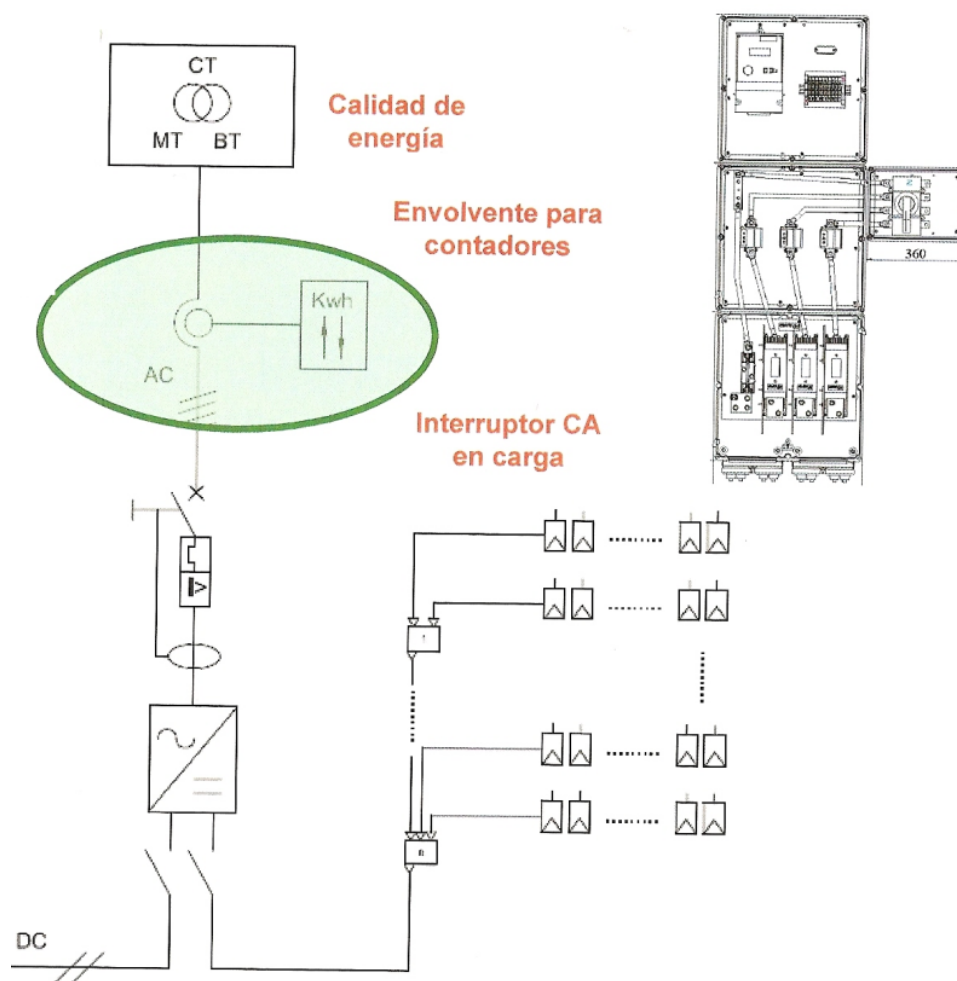


Figura 2.7: Esquema medida de la energía

Ubicaremos toda la instrumentación en un armario Himel para la medida BT modelo PN.

- *Interruptor CA en carga:* Realizarán el mando y seccionamiento de los circuitos de distribución eléctrica. Modelo interpack INS 630/2500 de la marca Merlin Gerin
- *Central de medida:* Medida avanzada de parámetros eléctricos. Modelo PM800, Merlin Gerin. Instalaremos también un analizador de red CM4000.

- Protección MT: Centro de transformación.

Se instalará cinco centros de transformación para toda la instalación de 1MW, situado:

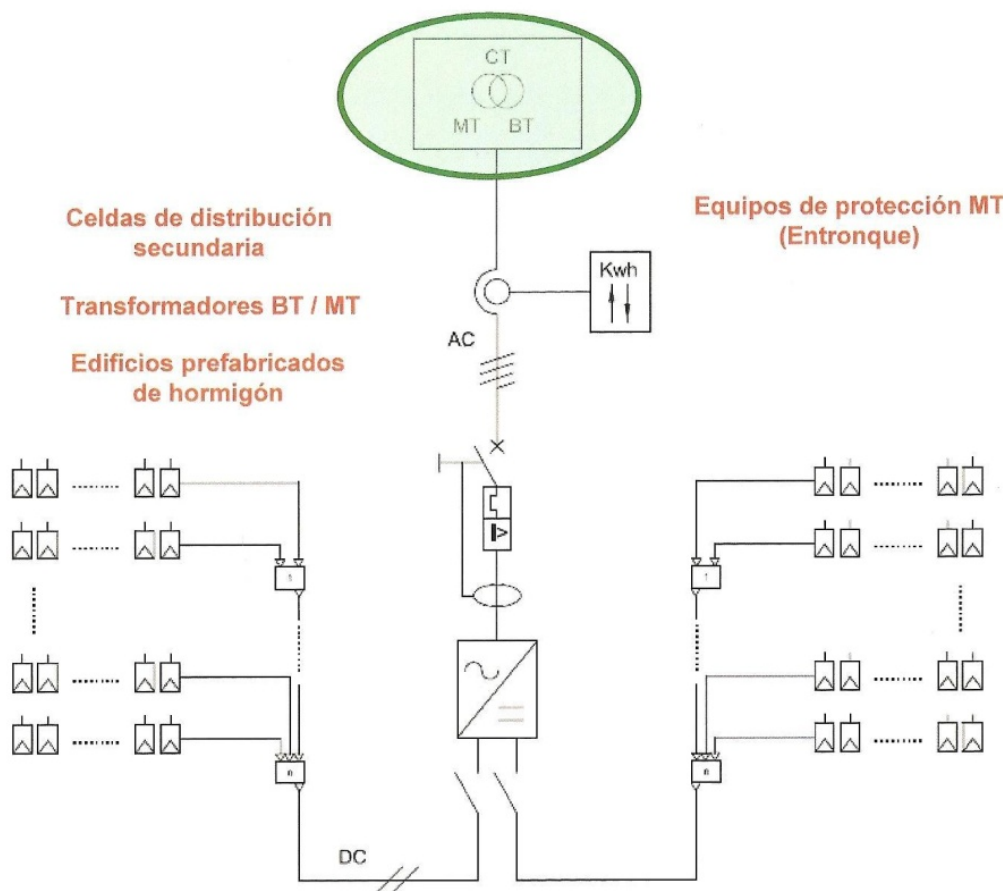


Figura 2.8: Esquema protecciones media tensión

Serán centros de transformación llaves en mano, y encontraremos:

- Edificio prefabricado de hormigón Gama EHC 24, Merlin Gerin.
- Celdas de la gama SM6, Merlin Gerin.
- Transformador elevador BT/MT.
- Equipos de protección MT: Sepam serie 40.
- Ubicación para cuadro de contadores, cuadro de strings e inversores.

Posteriormente detallaremos con más profundidad la función y composición del centro de transformación.

2.1.4.11. Sistema de monitorización

Se dotará a la instalación de un sistema de captura de datos de producción de energía eléctrica y las siguientes variables:

- Voltaje y corriente D.C. ubicados en un cuadro antes de la entrada del inversor (ya descrito anteriormente).
- Voltaje de fases en la red y potencia total de salida de inversor
- Radiación solar en el plano de los módulos medida con una célula o módulo de tecnología equivalente.
- Temperatura ambiente a la sombra.

Temperatura de la célula (en la célula de referencia). Los datos se presentarán en forma de medidas horarias. Los tiempos de adquisición, la precisión de las medidas y el formato de presentación se harán conforme al documento del JRC-Ispra "Guidelines for the Assessment of Photovoltaic Plants - Document A", Report EUR16338EN.

El sistema de monitorización será fácilmente accesible por el usuario. En principio se encontrará integrado en los inversores, si bien se podrá disponer de un sistema adicional.

2.1.4.12. 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 del Parque, mediante reja metálica galvanizada de 2 metros de altura, y puerta abatible de dos hojas en el 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 sin 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 remoto vía satélite.

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.

2.1.4.13. Conclusiones

Con los detalles aportados en este proyecto eléctrico, se entienden definidas las obras e instalaciones de la planta solar fotovoltaica proyectada, para que se ajuste a las directrices que marcan los reglamentos al respecto.

2.1.5. Instalación eléctrica de baja tensión

2.1.5.1. Descripción del sistema

La planta estará constituida por una primera fase que será la de baja tensión. Esta fase está originada en los paneles solares que nos generan electricidad en DC, le seguirán las protecciones en DC, el inversor, las protecciones AC, el contador de energía y finalizará en el lado de conexión de BT del transformador BT/MT.

La distribución seguirá este orden como podemos observar en el esquema siguiente:

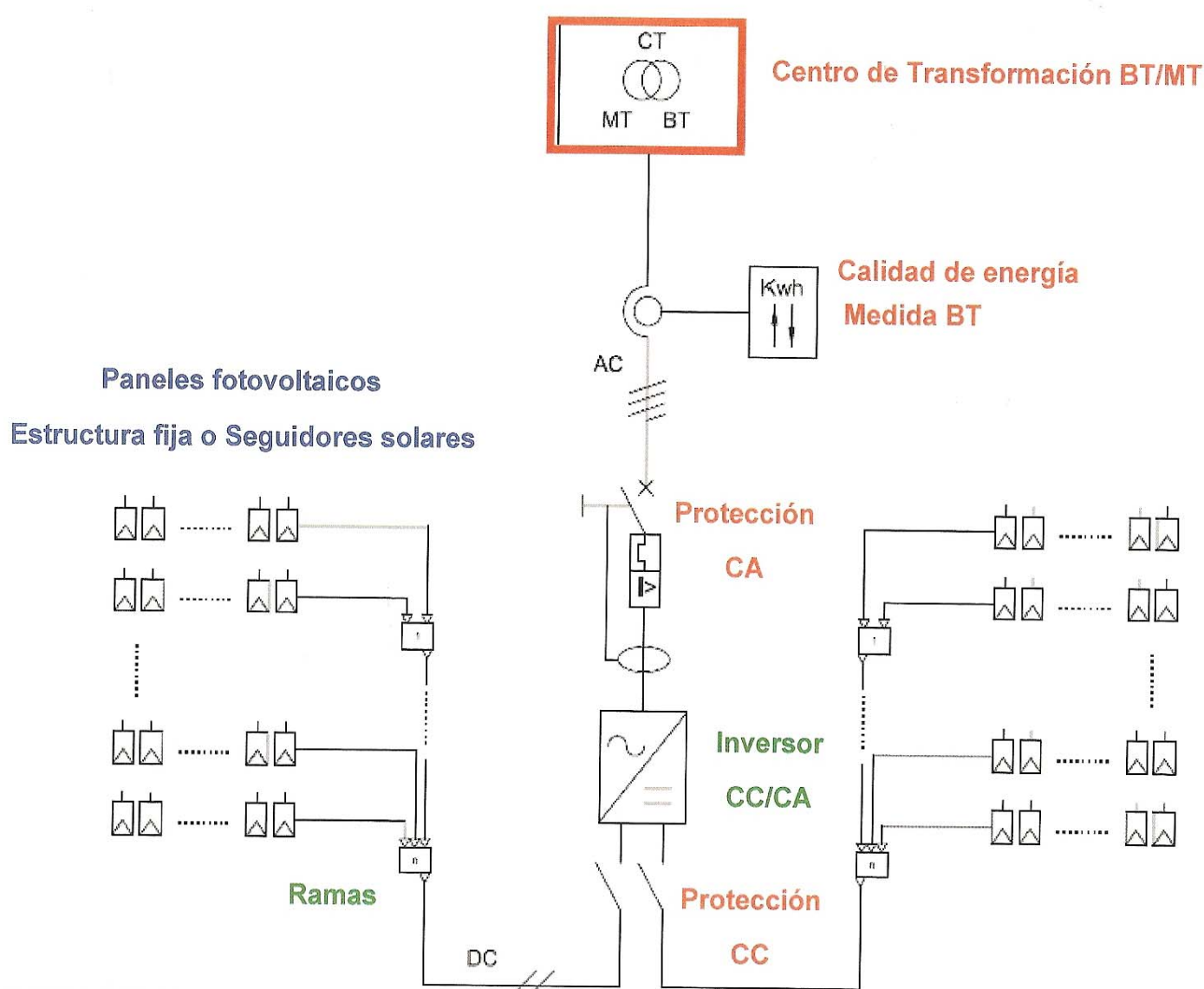


Figura 2.9: Esquema de una unidad generadora fotovoltaica.

2.1.5.2. Instalaciones de enlace

Las cajas serán del tipo establecido por la Empresa Suministradora con sus normas particulares. Serán precintables y responderán a las características eléctricas constructivas señaladas en la norma UNESA 1403B. En su interior se instalarán cortacircuitos seccionadores en todos los conductores de fase o polares, con poder de corte al menos igual a la corriente de cortocircuito posible en el punto de su instalación. Dispondrán, además de un borne de conexión para el conductor neutro y otro para la puesta a tierra de la caja.

Las cajas con protecciones se instalarán en montaje de superficie en un punto de tráfico general con fácil y permanente acceso.

2.1.5.3. Cableado en BT

El cableado en baja tensión para una de las instalaciones solares de 100 kW, así como sus características principales de sección, tipo, tensión...etc, se resumen a continuación.

La sección de los conductores será la suficiente para asegurar que las pérdidas de tensión en cables y cajas de conexión hasta su llegada al transformador, sean inferiores a los límites marcados por el REBT y a los límites de las recomendaciones del IDAE.

Dimensionado del cableado en DC:

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 de uno o más conductores y de tensión asignada no inferior a 0,6/1 kV.

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

La ecuación que permite calcular la sección (S_{dc}) mínima requerida para no superar la caída de tensión $\Delta V=1,5\%$, que se producirá en una línea con corriente continua es:

$$S_{dc} = \frac{2xL_{dc}xI_{dc}}{\Delta U(\%)xU_{MPP}xK} = \frac{2xL_{dc}xI_{dc}^2}{\Delta U(\%)xP_{dc}xK}$$

[Ec. 2.2]

Donde,

L_{dc} es la longitud del tramo en estudio

I_{dc} es la corriente máxima de la rama que en este caso sería la corriente de cortocircuito (I_{cc})

U_{MPP} es la tensión de máxima potencia en condiciones nominales

P_{dc} es la potencia nominal de la rama fotovoltaica en condiciones STC

K es la conductividad eléctrica del cobre es $56\text{m}/(\Omega\text{mm}^2)$

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 distinta pero la suma de las pérdidas en cada uno de ellos no debe superar esa 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 sección mínima calculada se deberá luego ajustar al valor nominal superior existente en el mercado y que cumpla con lo expuesto en el REBT.

Una vez optimizada la sección del cable en cada uno de los tramos de manera de minimizar las pérdidas por efecto Joule, se debe comprobar que la sección seleccionada admite la correspondiente intensidad de corriente máxima del generador en cada tramo.

Tal y como sugiere el REBT en su ITC-BT-40 :

“Los cables de conexión deberán estar dimensionados para una intensidad no inferior al 125 % de la máxima intensidad del generador y la caída de tensión entre el generador y el punto de interconexión a la Red de Distribución Pública o a la instalación interior, no será superior al 1,5 %, para la intensidad nominal.”

Por lo tanto dado que la máxima intensidad del generador fotovoltaico será la corriente de cortocircuito bajo condiciones estándar (STC), los tramos de cableado deberán diseñarse para soportar una intensidad:

$$I_{\max} = 1,25 \times I_{CCPV} \quad [\text{Ec. 2.3}]$$

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

$$I_{\max} \leq I_z \quad [\text{Ec. 2.4}]$$

Por tratarse de instalaciones clasificables como redes subterráneas de distribución en baja tensión, la intensidad máxima admisible (I_z) para la sección seleccionada se obtendrá de las tablas de la Norma UNE 20.435 y el REBT en su ITC-BT-

07. Esta intensidad deberá ser corregida de acuerdo a la temperatura de operación y las condiciones de instalación.

Por último señalar que para una eficaz protección de tierra y cortocircuito, es recomendable usar cables unipolares aislados para los positivos y negativos de la instalación, más si se usasen cables multipolares, el conductor de protección no deberá estar sujeto a ninguna tensión. Y en el caso de locales con posibilidad alta de ocurrencia de descargas atmosféricas, los cables deberán poseer blindajes de protección.

Diseño de secciones de cableado sección alterna

De igual forma que en la sección de corriente continua, se utilizará cable de cobre flexible, con doble aislamiento de polietileno reticulado (XLPE) y PVC, de distintas secciones para la parte de continua (DC). Los cables podrán ser de uno o más conductores y de tensión asignada no inferior a 0,6/1 kV.

El dimensionado en esta sección dependerá igualmente de la energía a transportar y de la distancia a recorrer por la corriente eléctrica. A fin de optimizar la sección del cableado, emplearemos en su diseño el criterio de la caída de tensión máxima admisible.

Las siguientes ecuaciones permiten calcular la sección (S_{ac}) mínima requerida para no superar la caída de tensión $\Delta V=1,5\%$ relativa a la tensión nominal de la red, que se producirá en el cableado de una instalación en corriente alterna:

$$\text{Para una instalación monofásica } S_{ac} = \frac{2 \times L_{ac} \times I_{nac} \times \cos \varphi}{\Delta V(\%) \times U_n \times K} \quad [\text{Ec. 2.5}]$$

$$\text{Para una instalación trifásica } S_{ac} = \frac{\sqrt{3} \times L_{ac} \times I_{nac} \times \cos \varphi}{\Delta V(\%) \times U_n \times K} \quad [\text{Ec. 2.6}]$$

Donde

L_{ac} es la longitud del tramo en estudio

I_{nac} es la corriente nominal en alterna del inversor

U_n es la tensión nominal de red

κ es la conductividad eléctrica del cobre es $56 \text{ m}/(\Omega \times \text{mm}^2)$

$\cos \varphi$ es el factor de potencia que debe ser cercano a 1.

Una vez optimizada la sección del cable en cada uno de los tramos de manera de minimizar las pérdidas por efecto Joule, se debe comprobar que la sección

seleccionada admite la correspondiente intensidad de corriente máxima del generador en cada tramo.

Tal y como sugiere el REBT en su ITC-BT-40:

“Los cables de conexión deberán estar dimensionados para una intensidad no inferior al 125 % de la máxima intensidad del generador y la caída de tensión entre el generador y el punto de interconexión a la Red de Distribución Pública o a la instalación interior, no será superior al 1,5 %, para la intensidad nominal.”

Por lo tanto dado que la máxima intensidad del generador fotovoltaico será la relativa a la máxima potencia de salida del inversor, los tramos de cableado deberán diseñarse para soportar una intensidad:

$$I_{\max} = 1,25 \times I_{\text{nac}} \quad [\text{Ec. 2.7}]$$

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

$$I_{\max} \leq I_z \quad [\text{Ec. 2.8}]$$

Por tratarse de instalaciones clasificables como redes subterráneas de distribución en baja tensión, la intensidad máxima admisible (I_z) para la sección seleccionada se obtendrá de las tablas de la Norma UNE 20.435 y el REBT en su ITC-BT-07. Esta intensidad deberá ser corregida de acuerdo a la temperatura de operación y las condiciones de instalación.

Las secciones adecuadas que utilizaremos serán:

Tramo	Sección (mm ²)	AC/DC	Tipo	Tensión (kV)	Material
Series paneles – Bornes Conexión Calle	4	DC	S1ZZ-F	0.6/1	Cu
Bornes Conexión Calle – Cuadro protección - Inversor	150	DC	RV-K	0.6/1	Cu
Inversor – Cuadro medida	95	AC	RZ1-K	0.6/1	Cu
Cuadro medida - Transformador	95	AC	RZ1-K	0.6/1	Cu

Tabla 2.8: Características cableado instalación

Todos los cables serán adecuados para uso en intemperie, al aire o enterrados, de acuerdo con la norma UNE 21123.

2.1.5.4. Justificación de las protecciones en la instalación de Baja Tensión

2.1.5.4.1. Protección contra cortocircuitos y sobrecargas

Con lo ya establecido anteriormente de la ubicación y características de las protecciones detallaremos las especificaciones de cada protección. A continuación se

describen las condiciones que deberán cumplir los elementos de protección en baja tensión elegidos. Se comprueba que todos los elementos elegidos cumplen con estas condiciones.

Los seccionadores serán accesibles sólo a la empresa distribuidora, con el objeto de poder realizar la desconexión manual, de forma segura, con el fin que se permita la realización de labores de mantenimiento en la red de la compañía distribuidora.

Como protección general para cada instalación de 100 kW se colocará un magnetotérmico en AC que actuará ante sobrecargas y cortocircuitos. Este magnetotérmico será tetrapolar de 200 a 250 A de corriente asignada y un poder mínimo de corte de 25 kA. Este magnetotérmico será el modelo Compact NS 250

Así mismo contará con seccionadores en cada una de las fases de 250 A, cuchilla de neutro y una potencia de corte mayor de 50 kA. Serán interruptores seccionadores Interpact INS 630b.

En la parte de corriente continua, a la salida de cada serie de paneles de la instalación solar fotovoltaica, se colocarán seccionadores de 15 A, poder de corte mayor de 10 kA, que será el modelo C32H-DC

Para la protección contra sobrecargas, el sistema de protección deberá cumplir simultáneamente estas dos condiciones (según la norma UNE 20.460 parte 4-46):

$$I_B \leq I_n \leq I_z \quad [\text{Ec. 2.9}]$$

$$I_2 \leq 1.45 \cdot I_z \quad [\text{Ec. 2.10}]$$

Donde:

I_B = intensidad de diseño de la línea

I_n = intensidad de disparo del dispositivo térmico de protección

I_z = intensidad admisible del conductor

I_2 = intensidad convencional de funcionamiento del dispositivo de protección

Se instalarán interruptores magnetotérmicos normalizados en los que $I_2 = 1,45 \cdot I_n$, por lo que si se cumple la condición 1, se cumplirá la 2.

2.1.5.4.2. Protección contra fallos a tierra

La instalación contará con un elemento diferencial de 30 mA en la parte de CA, para proteger de derivaciones a tierra. En este caso será un diferencial tripolar de 200 A.

2.1.5.4.3. Interruptor automático de la interconexión

Para la desconexión-conexión automática de la instalación en caso de pérdida de tensión o frecuencia de la red, el propio inversor cuenta con relés de máxima y mínima tensión y máxima y mínima frecuencia. Los valores de actuación para máxima y mínima frecuencia, máxima y mínima tensión serán de 51 Hz, 49 Hz, $1,1 \cdot U_m$ y $0,85 \cdot U_m$, respectivamente. El rearme del sistema de conmutación y, por tanto, de la conexión con la red de baja tensión de la instalación fotovoltaica será automático, una vez restablecida la tensión de red por la empresa distribuidora. Se integran en el equipo inversor las funciones de protección de máxima y mínima tensión y de máxima y mínima frecuencia y en tal caso las maniobras automáticas de desconexión-conexión serán realizadas por éste.

Los inversores INGECON SUN-100 incluyen todas estas protecciones enumeradas en el párrafo anterior.

En la documentación técnica se adjunta la ficha del inversor, en el cuál el fabricante certifica que su inversor dispone de dichas protecciones, indicando:

- Los valores de tara de tensión
- Los valores de tara de frecuencia
- El tipo y características de equipo utilizado internamente para la detección de fallos (modelo, marca, calibración, etc.)
- Que el inversor ha superado las pruebas correspondientes en cuanto a los límites establecidos de tensión y frecuencia.

2.1.5.4.4. Protección contra sobretensiones

Para la protección de la instalación contra sobretensiones originadas por descargas atmosféricas, hay que tener en cuenta que los inversores cuentan con su propia protección contra sobretensiones, incluida en el alcance del fabricante.

Por otro lado, aunque según normativa, no es estrictamente necesario, se dispondrá de limitadores de sobretensiones PRD con conexión en "Y" necesaria en el lado de continua.

2.1.5.4.5. Protecciones magnetotérmicas

Se realizará un planteamiento de la instalación de las protecciones de forma selectiva. Se instalará un interruptor magnetotérmico antes del cuadro de medida de cada una de las 10 instalaciones solares fotovoltaicas, según exige el RD 1663/2000 con objeto de realizar la desconexión manual. Para la protección contra sobrecargas, el

sistema de protección deberá cumplir simultáneamente estas dos condiciones (según la norma UNE 20.460 parte 4-46):

$$I_B \leq I_n \leq I_Z \quad [\text{Ec. 2.9}]$$

$$I_2 \leq 1.45 \cdot I_Z \quad [\text{Ec. 2.10}]$$

Donde:

I_B = intensidad de diseño de la línea

I_n = intensidad de disparo del dispositivo térmico de protección

I_Z = intensidad admisible del conductor

I_2 = intensidad convencional de funcionamiento del dispositivo de protección

Se sabe que para los interruptores magnetotérmicos normalizados la $I_2 = 1,45 \cdot I_n$, por lo que si se cumple la condición 1, se cumplirá la 2.

Así también se deberá de tener en cuenta que para la selección de los interruptores la intensidad máxima de cortocircuito que nos puede aparecer en la instalación. Estos cálculos han sido establecidos con anterioridad, y se establece que el poder de corte de las protecciones a utilizar debe ser superior a 3,61 kA y el poder de cierre mayor a 9,078 kA.

Los interruptores serán de curva de disparo de tipo C debido a que su aplicación es la protección de cables.

2.1.5.4.6. Protección contra contactos directos e indirectos

Para lograr esta protección se instalará un interruptor diferencial, que tendrá la siguiente sensibilidad:

$$I_S \leq \frac{V_L}{R_B} \quad [\text{Ec. 2.11}]$$

Donde:

I_S = sensibilidad del equipo de protección

V_L = tensión límite de seguridad (24 V según la ICT-BT-18)

R_B = resistencia de la toma de tierra

Para la protección contra contactos directos, se van a emplear materiales con todas sus partes activas aisladas.

De todas maneras a la hora de hacer una selección de esta protección, elegiremos un equipo con una sensibilidad estándar, siendo la elegida de 30 mA.

Estableciendo fija la tensión límite de seguridad en 24 V, haremos un diseño de la toma de tierra de tal forma que el valor de resistencia de la misma nos permite cumplir las otras dos condiciones.

2.1.5.5. Justificación del sistema de puesta a Tierra instalación solar FV

Como se ha comentado en apartados anteriores, la red de tierras de la instalación solar fotovoltaica, será independiente de cualquier otra red de tierras. Se considerará que las redes de tierras son independientes cuando el paso de la corriente máxima de defecto por una de ellas, no provoca en la otra diferencias de tensión, respecto a la tierra de referencia, superiores a 50 V.

La resistencia máxima de la toma de tierras viene fijada por la sensibilidad del diferencial que se haya elegido para la protección contra contactos indirectos. Según la ITC-BT-18, la tensión máxima de contacto que se puede ocasionar no podrá ser superior a 24 V, y puesto que la sensibilidad del diferencial de cada instalación solar es de 30 mA, el valor de la resistencia máxima de tierra será de 800 Ω .

Para la red de tierras de las instalaciones solares fotovoltaicas, se ha optado por utilizar electrodos de puesta a tierra en las propias cimentaciones de las estructuras que soportan el peso de los paneles, formadas por hormigón con armadura de hierro.

En este tipo de electrodos, las piezas metálicas conductoras se empotran en el hormigón de las cimentaciones (o zapatas) de las estructuras. El hormigón en contacto directo con el terreno, tiene un contenido natural de humedad y puede considerarse material conductor con una conductividad similar a la del terreno. Debido a la gran superficie que presenta este tipo de electrodo, pueden conseguirse unos valores de resistencia de tierra bajos. Por otro lado, el hormigón protege las partes metálicas contra la corrosión, por lo que los elementos del electrodo de hierro empotrados en el hormigón no necesitan ninguna protección adicional contra la corrosión.

Las cimentaciones de cada calle de las instalaciones solares fotovoltaicas, tienen 2 juntas de dilatación, que la dividen en 3 partes. A las armaduras de las cimentaciones que se encuentren en cada una de estas 3 partes, se les dará continuidad eléctrica a la armadura, uniéndolas unas con otras. A su vez, cada grupo de armaduras interconectadas, se unirá mediante un cable desnudo de cobre trenzado de 50 mm², a las estructuras soporte de los paneles solares.

Por otro lado, todas las estructuras de soporte de las placas, se interconectarán unas con otras mediante latiguillos de menos de 1 metro, de cable aislado de cobre de 50 mm².

De este modo, todas las estructuras estarán unidas eléctricamente entre sí, y con las armaduras de hierro embebidas en las cimentaciones de hormigón.

Para el cálculo de la resistencia de puesta a tierra se utilizará la siguiente fórmula:

$$R = 0.2 \cdot \frac{\rho}{\sqrt[3]{V}} \quad [\text{Ec. 2.12}]$$

Siendo:

ρ = resistividad del terreno, en este caso se trata de un terreno cultivable poco fértil, terraplenes con un valor de resistividad de 500 Ωm .

V = volumen del cimiento en m^3 . (En nuestro caso será 16 m^3)

Para esta configuración, se obtiene un valor de resistencia de puesta a tierra por cada calle de 39,68 Ω , valor inferior al máximo admisible.

La instalación cumple con el REAL DECRETO 1663/2000 (Art.12), sobre las condiciones de puesta a tierra en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

NOTA: la red de puesta a tierra de cada calle, se conectará a la puesta a la tierra de protección del centro de transformación correspondiente. A su vez, se creará una red de tierras equipotencial, interconectando todas las puestas a tierra de protección de todos los centros de transformación que componen el parque fotovoltaico, con cable desnudo de cobre de 50 mm^2 , que discurrirá por las canalizaciones de media tensión, descritas en un proyecto independiente de éste.

Independencia de tierras en la instalación

Para que las tierras sean independientes, un defecto en una de ellas no debe provocar una tensión transferida superior a 50 V en la más próxima. Se calculará a continuación, la distancia mínima a la que deberá estar la puesta a tierra de la instalación solar de la más próxima. Para realizar el cálculo, se ha supuesto que las picas se comportan como electrodos semiesféricos.

Por tanto, la tensión transferida en función de la distancia es:

$$V(x) = \frac{\rho \cdot I_d}{2 \cdot \pi \cdot x} \quad [\text{Ec. 2.13}]$$

Donde:

I_d = intensidad máxima de defecto (30 mA)

ρ = resistividad del terreno (500 Ωm)

x = distancia entre picas

Para una tensión de 50 V, se obtiene una distancia de:

$$x = \frac{500 \cdot 0.03}{2 \cdot \pi \cdot 50} = 0.047m = 4.7cm$$

[Ec. 2.13]

Por tanto, se puede decir que los electrodos de puesta a tierra (las cimentaciones) de la instalación de puesta a tierra más cercana, deberán de estar a más de 4.7 cm de las cimentaciones de esta instalación.

2.1.6. Centro de transformación

2.1.6.1. Descripción de las instalaciones

Cada Centro de Transformación contendrá las protecciones en media y baja tensión, los transformadores de 100 kW y los inversores asociados a 2 instalaciones solares fotovoltaicas de 100 kWn. Se instalarán un total de 5 centros de transformación.

En este capítulo únicamente se describirá un CT, ya que todos tendrán características técnicas similares y ubicación relativa respecto a las instalaciones fotovoltaicas idénticas.

2.1.6.1.1. Características generales del centro de transformación

Será un edificio prefabricado de hormigón monobloque apto para uso en intemperie, empleando para su aparamenta celdas prefabricadas bajo envolvente metálica según norma UNE-EN 60298.

La acometida al mismo será subterránea, alimentando al centro mediante una red de Media Tensión, y el suministro de energía se efectuará a una tensión de servicio de 11 kV y una frecuencia de 50 Hz.

Para su instalación no es necesario efectuar ningún tipo de cimentación (salvo en suelos de muy poca resistencia y situaciones especiales). Únicamente se debe realizar una excavación, en el fondo de la cual se dispondrá un lecho de arena lavada y nivelada.

Las celdas a emplear serán compactas equipadas de aparellaje fijo que utiliza el hexafluoruro de azufre (SF6) como elemento de aislamiento, corte y extinción de arco.

Responderán en su concepción y fabricación a la definición de aparamenta bajo envolvente metálica compartimentada de acuerdo con la norma UNE-EN 60298.

Los compartimentos diferenciados serán los siguientes:

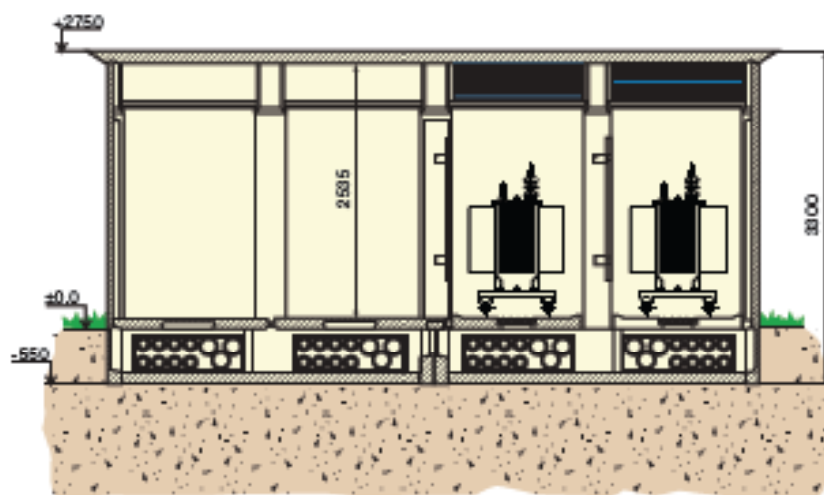
- a) Compartimento de aparellaje.
- b) Compartimento del juego de barras.
- c) Compartimento de conexión de cables.
- d) Compartimento de mando.
- e) Compartimento de control.

2.1.6.1.2. Local

El centro de transformación estará ubicado en una caseta independiente destinada únicamente a esta finalidad. La caseta será un edificio prefabricado de la gama EHC 24-6-T2D de Merlin Gerin.

Esta caseta es de construcción prefabricada de hormigón monobloque con una puerta peatonal con acceso a celdas, cuadros e inversores y dos puertas ventiladas para acceso a transformadores, de dimensiones aproximadas de 6.440 x 2.500 x 3.300 mm.

Sección EHC-6 T2D



Planta EHC-6 T2D

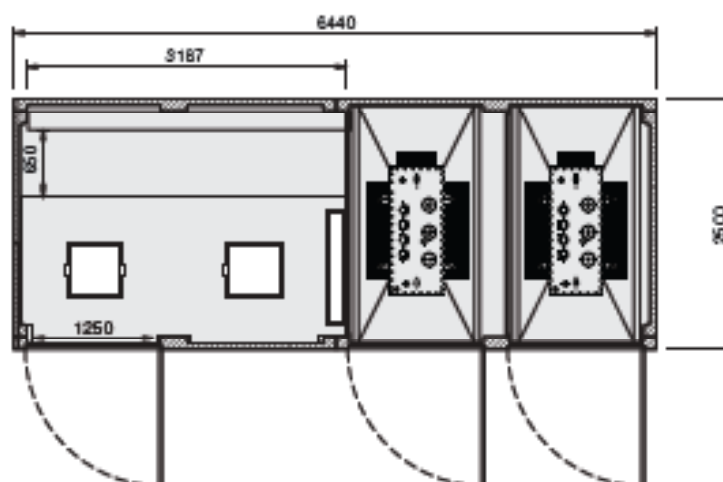


Figura 2.10: Edificio hormigón EHC24-6T2D

Cumplirá con las características generales especificadas en el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación, y con la Norma UNE-EN 61330.

El material empleado en la fabricación de los prefabricados EHC es hormigón armado.

Con una cuidada dosificación y el adecuado vibrado se consiguen unas características óptimas de resistencia característica (superior a 250 kg/cm²) y una perfecta impermeabilización.

La propia armadura de mallazo electrosoldado, gracias a un sistema de unión apropiado de los diferentes elementos (unidades modulares), garantiza una perfecta equipotencialidad de todo el prefabricado.

Como se indica en la UNE-EN 61330, las puertas y rejillas de ventilación no están conectadas al sistema equipotencial. Entre la armadura equipotencial, embebida en el hormigón, y las puertas y rejillas existe una resistencia eléctrica superior a 10.000 ohmios (UNE-EN 61330).

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

Los techos están estudiados de forma que impiden las filtraciones y la acumulación de agua sobre ellos, desaguando directamente al exterior desde su perímetro.

Las rejillas de ventilación están diseñadas y dispuestas adecuadamente para permitir la refrigeración natural de los transformadores (hasta 1000 kVA), conforme al ensayo de ventilación de la UNE-EN 61330.

Grados de protección según IEC 60529. El grado de protección de la parte exterior del Edificio Prefabricado es IP23D, excepto en las rejillas de ventilación donde el grado de protección es IP339.

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

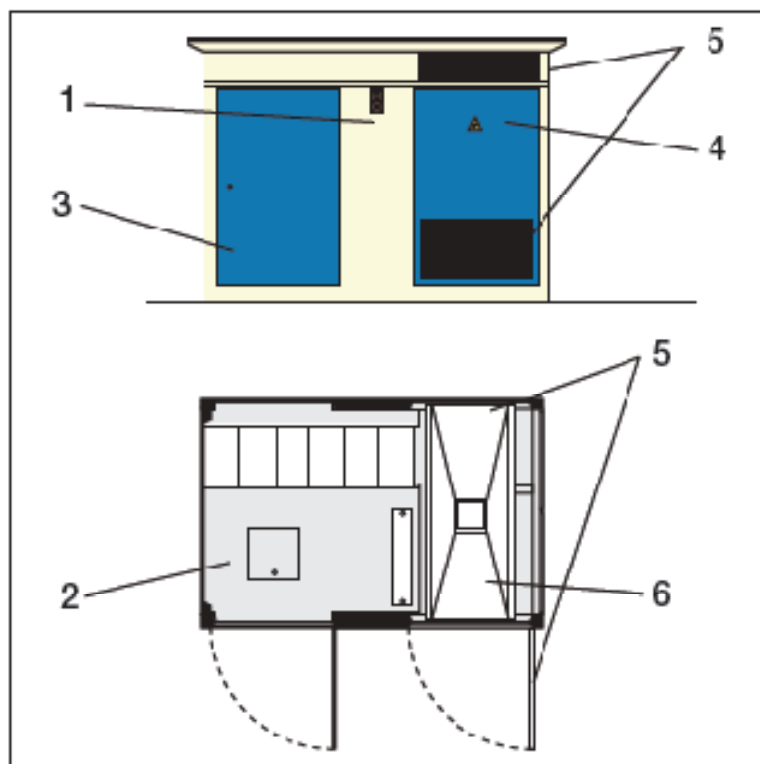


Figura 2.10: Esquema partes del edificio hormigón EHC24-6T2D

1. Envolvente.
2. Suelos.
3. Puerta de peatón.
4. Puerta de transformador.
5. Rejillas de ventilación.
6. Cuba de recogida de aceite.

1. Envolvente.

La envolvente (base, paredes y techos) de hormigón armado se fabrica de tal manera que se carga sobre un camión como un sólo bloque en la fábrica.

La envolvente está diseñada de tal forma que se garantiza una total impermeabilidad y equipotencialidad del conjunto, así como una elevada resistencia mecánica. El acabado exterior se realiza con un revoco de pintura beige rugosa (RAL 1014) que ha sido especialmente escogida para integrar el prefabricado en el entorno que lo rodea.

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

2. Suelos.

Están constituidos por elementos planos prefabricados de hormigón armado apoyados en un extremo, sobre la pared frontal, y en el otro extremo, sobre unos soportes metálicos en forma de U que constituyen los huecos que permiten la conexión de cables en las celdas. Los huecos que no quedan cubiertos por las celdas o cuadros eléctricos pueden taparse con unas placas fabricadas para tal efecto.

En la parte central se disponen unas placas de peso reducido, que permiten el acceso de personas a la parte inferior del prefabricado, a fin de facilitar las operaciones de conexión de los cables en las celdas, cuadros y transformadores.

3,4. Puerta de peatón y puerta de transformador.

Están constituidas en chapa de acero galvanizado (acero inoxidable para la zona Canarias) recubierta con pintura epoxy poliéster azul RAL 5003. Esta doble protección, galvanizado más pintura, las hace muy resistentes a la corrosión causada por los agentes atmosféricos.

Las puertas están abisagradas para que se puedan abatir 180º hacia el exterior, pudiendo mantenerlas en la posición de 90º con un retenedor metálico.

Las puertas frontales de peatón de la sala de celdas permiten una luz de acceso de 1250 mm X 2100 mm (anchura X altura), mientras que las puertas laterales (en opción) permiten una luz de acceso de 910 mm X 2100 mm (anchura por altura).

Las puertas de acceso al transformador sólo se pueden abrir desde el interior mediante un dispositivo mecánico, existiendo, en opción, la posibilidad de colocar una cerradura para abrir desde el exterior. Las luces de acceso a la sala de transformadores son 1250 mm X 2100 mm (anchura X altura).

5. Rejillas de ventilación.

Las rejillas de ventilación de los edificios prefabricados EHC están fabricadas de chapa de acero galvanizado (acero inoxidable para la zona Canarias) sobre la que se aplica una película de pintura epoxy poliéster azul RAL 5003. El grado de protección para el que han sido diseñadas las rejillas es IP339.

Estas rejillas están diseñadas y dispuestas de manera que la circulación del aire, provocada por tiro natural, ventile eficazmente la sala de transformadores. Como base de diseño se han tomado los transformadores UNE 21428 de 1.000 kVA y el ensayo de calentamiento de la UNE-EN 61330.

Todas las rejillas de ventilación van provistas de una tela metálica mosquitera.

6. Cuba de recogida de aceite.

La cuba de recogida de aceite se integra en el propio diseño del edificio prefabricado.

Con una capacidad de 760 litros, está diseñada para recoger en su interior el aceite del transformador sin que éste se derrame por la base.

Para la instalación de los prefabricados de hormigón se requiere haber realizado previamente una excavación en el terreno de las dimensiones que se adjuntan. Se recomienda hacer una losa de hormigón armado cuando la resistencia del terreno sea inferior a 1 kg/cm^2 o en terrenos donde haya probabilidad de aparición de acuíferos.

En el fondo de la excavación (exista o no solera cimentada) se debe disponer siempre de un lecho de arena lavada y nivelada de 150 mm de espesor mínimo.

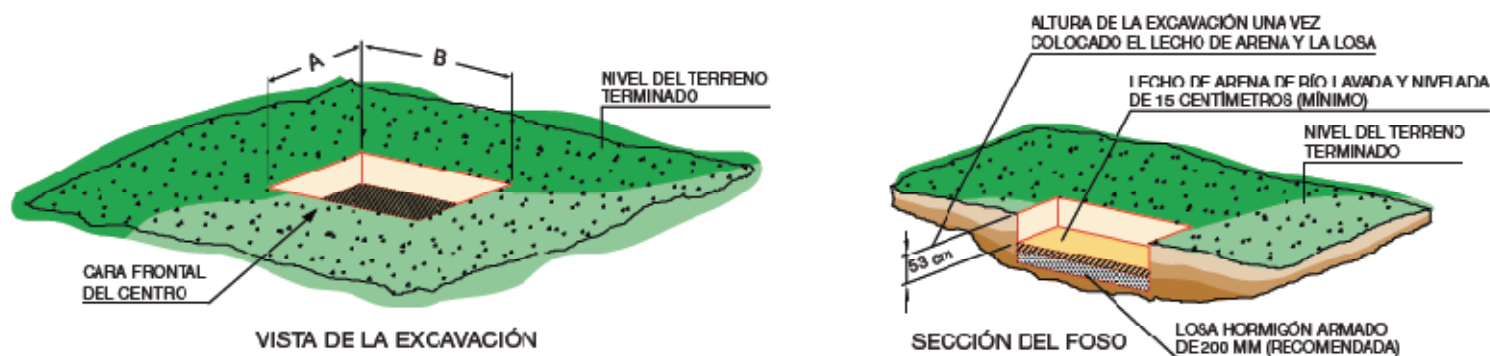


Figura 2.10: Esquema características cuba de recogida

Foso (m)	A	3.50
	B	7.00

Tabla 2.9: Dimensiones cuba de recogida

Una vez montado el edificio, deberá quedar de inmediato rodeado completamente de tierra hasta su cota de enterramiento para evitar que las aguas provenientes de lluvias muevan las arenas bajo el edificio y puedan provocar movimientos o fracturas en las piezas que sustentan dicho edificio.

Sobre la cuba se dispone una bandeja cortafuegos de acero galvanizado perforada y cubierta por grava.

2.1.6.2. Instalación eléctrica

2.1.6.2.1. Características de la red de alimentación

La red de alimentación al centro de transformación será de tipo subterráneo a una tensión de 11 kV y 50 Hz de frecuencia.

2.1.6.2.2. Características de la aparamenta de media tensión

Se trata de celdas modulares compactas de hasta 24 kV, de la gama SM6 de Merlin Gerin, con unas dimensiones: 1.600x375x840 mm. La gama SM6-24 está compuesta por celdas modulares equipadas con aparamenta fija, bajo envolvente metálica, que utiliza el hexafluoruro de azufre (SF6) como aislante y agente de corte. La explotación está simplificada por la reagrupación de todos los mandos sobre un mismo compartimento frontal.

Las características generales de las celdas, son las siguientes:

Tensión nominal	12kV
Tensión de aislamiento	28kV
Tensión asignada de resistencia a onda de choque (impulso tipo rayo)	75kV
Frecuencia industrial	50Hz
Corriente admisible asignada de corta duración (eficaz/cresta)	25kA 1 seg.
Intensidad nominal	630 A
Elemento de corte en aparamenta y elemento aislante	SF6

Tabla 2.9: Características celdas SM6

El grado de protección, según UNE 20324 o IEC 60529, de la envolvente externa, así como para los tabiques laterales de separación de celdas en la parte destinada a la colocación de los terminales de cables y fusibles, es IP3X.

Para el resto de compartimentos es IP2X.

En lo referente a daños mecánicos, el grado de protección es "7" (UNE 20324 o IEC 60529).

El conductor de puesta a tierra estará dispuesto a todo lo largo de las celdas según UNE-EN 60298, y estará dimensionado para soportar la intensidad admisible de corta duración.

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

Serán celdas con dos salidas de línea y dos de protección de transformador, con lo que se podrán conectar a ambos transformadores del CT.

Las celdas de la gama SM6-24 responden a las siguientes recomendaciones, normas y especificaciones:

- Normas internacionales: IEC 60298, 62271-102, 60265, 62271, 60694, 62271-105.
- Normas españolas: UNE-EN 60298, IEC 62271-102, 60265-1, 60694, 62271-100.

Se ruega consultar cualquier otro tipo de normativa (UTE, HN, etc.).

2.1.6.2.3. Características de los módulos de línea

El bloque compacto de celdas contiene 2 módulos de protección de línea de las siguientes características:

- Interruptor - Seccionador automático de maniobra y seccionador de puesta a tierra en SF6 de 630 A, tensión de 12 kV y 25 kA.
- Indicadores de presencia de tensión y concordancia de fases.
- Mando CIT manual.
- Dispositivo para control de la presión.
- Embarrado de puesta a tierra.
- Bornes para conexión de cable.

Las celdas estarán constituidas por un módulo metálico con aislamiento y corte en gas, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un interruptorseccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior-frontal mediante bornas enchufables. Presenta también captadores capacitivos para la detección de tensión en los cables de acometida.

Estas celdas estarán preparadas para una conexión de cable seco monofásico de sección máxima de 240 mm².

2.1.6.2.4. Módulos de protección de transformador

El bloque compacto de celdas contiene 2 módulos de protección de transformador con fusibles de las siguientes características:

- Interruptor-seccionador en SF6 de 630 A y tensión de 12 kV.
- Mando CI1 manual de acumulación de energía.
- Tres cortacircuitos fusibles de alto poder de ruptura con baja disipación térmica, de 12 kV, y calibre 10 A.
- Señalización mecánica de fusión fusibles.
- Indicadores de presencia de tensión con lámparas.
- Embarrado de puesta a tierra.
- Seccionador de puesta a tierra de doble brazo (aguas arriba y aguas abajo de los fusibles).
- No contiene relé de protección.

Enclavamiento por cerradura impidiendo el cierre del seccionador de puesta a tierra y el acceso a los fusibles en tanto que el disyuntor general de B.T. no esté abierto y enclavado. Dicho enclavamiento impedirá además el acceso al transformador si el seccionador de puesta a tierra de su celda de protección no se ha cerrado previamente.

La celda con protección con fusibles, está constituida por un módulo metálico con aislamiento y corte en gas, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un interruptor-seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior-frontal mediante bornas enchufables, y en serie con él, un conjunto de fusibles fríos, combinados o asociados a ese interruptor. Presenta también captadores capacitivos para la detección de tensión en los cables de acometida y puede llevar un sistema de alarma sonora de puesta a tierra, que suena cuando habiendo tensión en la línea se introduce la palanca en el eje del seccionador de puesta a tierra. Al introducir la palanca en esta posición, un sonido indica que puede realizarse un cortocircuito o un cero en la red si se efectúa la maniobra.

2.1.6.2.5. Transformador 100 kVA

Irán colocados en cada centro de transformación, sobre carriles en sus celdas correspondientes. En funcionamiento normal se bloquearán las ruedas.

Será una máquina trifásica elevadora de tensión, siendo la tensión entre fases a la entrada de 420 V entre fases y 242 V entre fases y neutro, y la tensión a la salida en vacío de 11 kV.

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

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

Sus características mecánicas y eléctricas se ajustarán a la Norma UNE 21428 y a las normas particulares de la compañía suministradora, siendo las siguientes:

Potencia nominal	100kVA
Relación de tensión	11000 / 400 V
Tipo transformador	Prefabricado
Aislamiento	Clase A
Tensión de cortocircuito	4%
Pérdidas de vacío	320 W
Pérdidas de carga	1750 W a 75°C

Tabla 2.10: Características transformador

- Conexión en el lado de alta tensión: Juego de puentes III de cables AT unipolares de aislamiento seco RHZ1, aislamiento 8.7/15 kV, de 240 mm² en Al con sus correspondientes elementos de conexión.

- Conexión en el lado de baja tensión: Juego de puentes III de cables BT unipolares de aislamiento seco tipo RZ1-K, aislamiento 0,6/1 kV, de 1x240mm² Al para las fases y de 1x240mm² Al para el neutro.

2.1.6.2.6. Embarrado general celdas

El embarrado general de las celdas se construye con tres barras aisladas de cobre dispuestas en paralelo.

2.1.6.2.7. Piezas de conexión celdas

La conexión del embarrado se efectúa sobre los bornes superiores de la envolvente del interruptor-seccionador con la ayuda de repartidores de campo con tornillos imperdibles integrados de cabeza allen de M8. El par de apriete será de 2.8 m.da.N.

2.1.6.3. Instalaciones secundarias

2.1.6.3.1. Alumbrado

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

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

2.1.6.3.2. Protección contra incendios

De acuerdo con la instrucción MIERAT 14, se dispondrá como mínimo de un extintor de eficacia equivalente 89 B.

2.1.6.3.3. Ventilación

La ventilación del centro de transformación se realizará de modo natural mediante las rejillas de entrada y salida de aire dispuestas para tal efecto, siendo la superficie mínima de la rejilla de entrada de aire en función de la potencia del mismo según se relaciona.

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

Una vez que las instalaciones interiores del centro de transformación se encuentren en funcionamiento, se comprobará que la ventilación natural original es suficiente para los equipos instalados. Si no fuera así, habría que instalar algún sistema de ventilación forzada.

2.1.6.3.4. Medidas de seguridad de las celdas

Las celdas dispondrán de una serie de enclavamientos funcionales que responden a los definidos por la Norma UNE-EN 60298, y que serán los siguientes:

- Sólo será posible cerrar el interruptor con el seccionador de tierra abierto y con el panel de acceso cerrado.
- El cierre del seccionador de puesta a tierra sólo será posible con el interruptor abierto.

La apertura del panel de acceso al compartimiento de cables sólo será posible con el seccionador de puesta a tierra cerrado.

Con el panel delantero retirado, será posible abrir el seccionador de puesta a tierra para realizar el ensayo de cables, pero no será posible cerrar el interruptor.

Además de los enclavamientos funcionales ya definidos, algunas de las distintas funciones se enclavarán entre ellas mediante cerraduras según se indica en anteriores apartados.

2.1.6.4. Puesta a tierra del centro de transformación

2.1.6.4.1. Tierra de protección

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

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

2.1.6.4.2. Tierra de servicio

Se conectarán a tierra el neutro del transformador y los circuitos de baja tensión de los transformadores del equipo de medida.

2.1.6.4.3. Tierras interiores

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

La tierra interior de protección se realizará con cable de 50 mm² de cobre desnudo formando un anillo. Este cable conectará a tierra los elementos indicados en el apartado anterior e irá sujeto a las paredes mediante bridas de sujeción y conexión, conectando el anillo al final a una caja de seccionamiento con un grado de protección IP545.

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

2.1.7. Conexión a la red eléctrica

2.1.7.1. Punto de conexión

El punto de conexión otorgado por FECSA ENDESA S.A. para cada una de las instalaciones PM-XXX será en baja tensión (400V). Un centro de transformación, propiedad de la empresa distribuidora, elevará la tensión hasta 11 kV, pudiéndose así conectar a la línea S2291 (PINEDA 3)

La construcción del centro de transformación se ha debido al acuerdo contraído con FECSA-ENDESA. Por este motivo, el centro de transformación se instalará, con sus protecciones, celdas de seccionamiento y medición, en un terreno cedido por la propiedad, concretamente en la parcela nº 1. El coste de la construcción del centro de transformación y de los gastos asociados a éste, será asumido por el promotor del proyecto. (Si ya hay no hace falta un centro nuevo)

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

2.1.7.2. Línea de evacuación

De acuerdo al punto de conexión concedido por la compañía eléctrica distribuidora, se deberá que construir una línea de Media Tensión que interconecte el centro de transformación con la línea S2291 (PINEDA 3) situada a 3500m de la planta fotovoltaica.

La red a la cual alimenta el Centro de Transformación es del tipo SUBTERRANEA, con una tensión de 11 kV, nivel de aislamiento según la MIE-RAT 12, y una frecuencia de 50 Hz. La potencia de cortocircuito en el punto de conexión, según los datos suministrados por la compañía eléctrica, es de 350 MVA, lo que equivale a una corriente de cortocircuito de 18.37 kA eficaces.

La conexión desde el centro de transformación hasta el punto de conexión se realizará en un tramo subterráneo.

Línea subterránea de Media Tensión

La línea subterránea que se construirá tendrá una longitud de 3500 m y será un conductor RHZ1 8,7/15 kV (1x240) mm² Al, con aislamiento en XLPE de 16 mm de espesor.

2.1.8. Obra civil y estructuras

La obra civil asociada a la construcción de la instalación solar fotovoltaica, es la construcción de zanjas para canalización de cables y la construcción de las estructuras asociadas a los seguidores solares.

Las obras que se ejecutarán son las siguientes:

- Zanjas para conducciones eléctricas en BT
- Cimentaciones para las estructuras soporte
- Estructuras soporte para los paneles solares fotovoltaicos

2.1.8.1. Canalizaciones para baja tensión

Existirá 1 tipo de canalización de baja tensión para transportar el cableado en baja tensión, que irá enterrado bajo tubo de 110 mm de diámetro, embebido en lecho de arena.

El tendido se realizará de la siguiente forma:

- Sobre el fondo de la zanja se extenderá una capa de arena de mina o de río de unos 100 mm de espesor, y sobre ella se alojará el tubo por donde irán los cables,
- Seguidamente se rellenará de arena de mina o de río la zanja hasta alcanzar una altura de unos 300 mm sobre el tubo.
- Encima de esta capa de arena en contacto con el tubo, se pondrá una capa de relleno de tierra procedente de la excavación de la zanja, préstamos arena todo en uno, o zahorras en tongadas de 100 mm. En todo su recorrido se colocará una cinta de señalización que advierta de la existencia de cables de baja tensión por debajo de ella.
- Por encima de esta capa se recubre con otros 100 mm de arena procedente de la excavación, compactada por medios mecánicos, hasta alcanzar la superficie del terreno.

2.1.8.2. Cimentaciones para las estructuras soporte paneles solares

Para la instalación de las estructuras soporte de los paneles fotovoltaicos será necesaria una cimentación adecuada. Se ha planteado la ejecución de una zapata corrida.

La excavación necesaria para ejecutar la zapata, deberá llegar hasta terreno firme, estimándose unas dimensiones de 400 mm de ancho por 500 mm de fondo.

EL hormigonado de la zanja se realizará de la siguiente forma:

- Sobre el fondo de la zanja se realizará un vertido de hormigón de limpieza del tipo HM-20, de unos 100 mm.
- Cuando esta capa tenga consistencia, se colocará la armadura de acero del tipo B 500 S sobre sus correspondientes separadores, dejando en todo momento la distancia reglamentaria hasta el hormigón de limpieza (las diferentes armaduras que componen una zapata corrida, se unirán eléctricamente).
- Por último, se rellenará la zapata con hormigón armado del tipo HA-25, hasta completar los 400 mm de altura.

El hormigón utilizado en la cimentación será igual o superior a HA-25 y el acero de la cimentación debe ser B 500 S, debiéndose presentar en obra un certificado que avale la calidad del producto (certificado de AENOR o similar).

Los detalles de la cimentación se puede observar con más detalle en el plano 06 Detalle de cimentación.

Las armaduras de la cimentación irán conectadas a tierra mediante cables de cobre que irán soldados a armadura mediante soldadura aluminotérmica al principio y al final de cada zapata.

2.1.8.3. Estructura soporte de paneles solares fotovoltaicos

Se instalarán estructuras soporte para los módulos fotovoltaicos dimensionados para obtener la máxima eficiencia de los módulos.

Cada estructura soportará 20 paneles, distribuidos en 5 columnas de 4 paneles.

La estructura soporte cumple la normativa básica de la edificación CTE (DB-SE: Seguridad Estructural), permitirá las necesarias dilataciones térmicas de forma que no se transmitan cargas a los módulos que puedan afectar a la integridad de los mismos.

Estas estructuras portantes de los paneles fotovoltaicos se calcularán teniendo en cuenta el peso de sobrecargas, los esfuerzos del viento y nieve para la zona en cuestión y la altitud de las instalaciones. Son estructuras ya estandarizadas en el campo del soporte de paneles fotovoltaicos y están ya acreditadas por una empresa externa que garantiza que soportarán los esfuerzos producidos por las fuerzas externas.

La estructura estará construida a base de perfiles de acero galvanizado y hierro con tratamiento anticorrosión, realizando las uniones entre los diferentes perfiles con

tornillería de acero galvanizado que aseguran un mínimo mantenimiento de las mismas y soldadura eléctrica con un posterior tratamiento anticorrosivo.

3. ANÁLISIS ECONÓMICO

3.1. Presupuesto

El presupuesto de la inversión inicial total dividida en una instalación tipo de 100 kW y la instalación total de 1MW.

3.1.1. Presupuesto Instalación tipo 100 kW

La inversión inicial de la instalación tipo de 100 kW, se ha elaborado conforme a todo lo necesario para la realización de cada una de las diez instalaciones y distribuyéndolo en partes iguales para los diez propietarios del parque.

La cifra final asciende a **SEISCIENTOS Y UN MIL, OCHOCIENTOS OCHENTA CON CUARENTA Y SEIS EUROS, IVA INCLUIDO.**

PRESUPUESTO TOTAL: 601.880,46 €

3.1.2. Presupuesto Instalación 1 MW

La cifra económica total de todo el parque fotovoltaico es la resultante de las diez instalaciones de 100kW y supondrá una inversión inicial **SEIS MILLONES, UN MIL OCHOCIENTOS OCHENTA Y CUATRO CON SESENTA EUROS, IVA INCLUIDO.**

PRESUPUESTO TOTAL: 6018804,60 €

3.2. Rentabilidad del proyecto

La aprobación del RD 436/2004 de 12 de marzo, por el que se establece la metodología para la actualización y sistematización del régimen jurídico y económico de la actividad de producción de energía eléctrica, ha multiplicado el número de instalaciones de conexión a red. Según el citado decreto la instalación se encuadra en el "Subgrupo b.1.1.: Instalaciones que únicamente utilizan como energía primaria la solar fotovoltaica"

Actualmente, numerosos inversores se interesan en la energía fotovoltaica de conexión a red debido fundamentalmente a los siguientes aspectos establecidos en el RD 661/2007:

- Tarifa garantizada durante los primeros 25 años desde la puesta en marcha de la instalación y del 80% de la tarifa a partir de entonces.
- La tarifa es 45.5134 c€/kWh primeros 25 años y de 36.4107 c€/kWh el resto de años.
- La compañía eléctrica está obligada a comprar la energía generada a través de un contrato prorrogable cada 5 años.
- La facturación a la empresa distribuidora se realiza mensualmente y ésta tiene la obligación de realizar el pago dentro del período máximo de 30 días posteriores a la recepción de la factura.

La rentabilidad del proyecto es muy alta en relación al riesgo que representa la inversión y a los gastos de explotación. Los gastos generales de explotación son los siguientes:

- Servicio de gestión integral del parque.
- Póliza de seguros.
- Servicio de vigilancia.
- Arrendamiento del terreno.
- Gastos generales (agua, luz, limpieza, consumibles, etc.).

Se ha realizado un estudio de la rentabilidad del proyecto basado en una primera tabla donde se observan las ganancias por producción del parque fotovoltaico y una segunda donde se verifica el periodo de amortización y las ganancias previstas en el periodo de 25 años.

INSTALACIÓN TIPO DE 100 kWp			
Producción estimada anual(kWh)	Precio kWh según tarifa regulada por el RD 661/2007 (c€/kWh)	Ganancias anuales por producción EE(€)	Ganancias a los 25 años por producción EE(€)
149116	45,5134	67867,7615	1696694,039
INSTALACIÓN TOTAL DE 1MW			
Producción estimada anual(kWh)	Precio kWh según tarifa regulada por el RD 661/2007 (c€/kWh)	Ganancias anuales por producción EE(€)	Ganancias a los 25 años por producción EE(€)
1491160	45,5134	678677,6154	16966940,39

Tabla 3.1: Características económicas instalación 100kWn

Para saber los ingresos totales de la instalación se debe comparar las inversiones económicas con los beneficios derivados de la producción de energía eléctrica. En la siguiente tabla podemos observar el tiempo de amortización de la instalación y los ingresos en un periodo de 25 años:

AMORTIZACIÓN INSTALACIÓN				
Presupuesto inicial	Ganancias previstas anuales	Gastos anuales	Tiempo de amortización	Ingresos previstos a los 25 años
6.018.804,60 €	678.677,62 €	10.700 €	9 años	10.680.635,90 €

Tabla 3.2: Características económicas instalación 1MWn

El mantenimiento del parque es muy bajo y requiere unos gastos económicos anuales muy bajos, este hecho implica que aunque la inversión inicial sea fuerte pues hablamos de unos seis millones de euros, en un plazo de nueve años ya estén amortizados y durante los dieciséis siguientes las ganancias asciendan a la importante cifra económica de más de diez millones seiscientos ochenta mil seiscientos treinta y cinco con noventa euros.

3.3. Comparativa de tarifas

Con el fin de corroborar el mayor ingreso económico, estudiaremos las tarifas y primas para instalaciones de la categoría b) efectuando una comparativa entre la correspondiente a una potencia $P \leq 100\text{kW}$ y una tarifa de 45.5134 c€/kWh y la de $100\text{kW} < P \leq 10\text{ MW}$ de 43.1486 c€/kWh.

Si optáramos por hacer una única instalación de 1 MW tendríamos que efectuar la misma inversión económica inicial variando solamente la instalación de un solo transformador de tensión por los 10 instalados y de 1 único centro de transformación en vez de los 5 necesarios en el caso de instalar 10 plantas de generación de 100 kW. Esto nos modificará los ingresos totales de la siguiente manera:

Inversión inicial (€)	Tarifa (c€/kWh)	kWh generados anualmente	Ganancias por kwh generado anuales (€)	Ingresos a los 25 años (€)	Periodo mejor tarifa
6.018.804,60 €	45,5134	1491160	678677,6154	10.680.635,90 €	después de los 2 años y 1 mes
5.944.285,60 €	43,1486	1491160	643414,6638	9.873.580,90 €	durante los primeros 2 años y 1 mes

Tabla 3.3: Comparativa de tarifas establecidas en el RD 661/2007

La inversión inicial con la tarifa de $P \leq 100\text{kW}$ es mayor pero vemos que en un periodo de dos años y un mes ya es más rentable que la de $100\text{kW} < P \leq 10\text{ MW}$.

4. CONCLUSIONES

La actualidad energética exige cada día más, inversiones y desarrollo de energías alternativas, más limpias, más baratas y de fuentes ilimitadas con el fin de poder sustituir a los recursos fósiles para la generación de energía eléctrica.

La energía solar es un campo de la ingeniería en amplio crecimiento tanto en investigación como en número de instalaciones creadas debido a la gran cantidad de energía que nos ofrece el sol. Con este proyecto la localidad de Pineda de mar se sitúa en la actualidad de la investigación y generación de energía eléctrica mediante fuentes renovables, instalando una potencia eléctrica mediante paneles solares fotovoltaicos que ofrece mayor generación eléctrica anual que la consumida por los servicios municipales (polideportivos, escuelas, bibliotecas,...).

En este proyecto se elabora la creación de un parque solar fotovoltaico que aprovecha la energía solar para generar energía eléctrica distinguiendo una parte más técnica que consiste en el estudio de toda la parte eléctrica y otra que desarrolla la rentabilidad económica del proyecto.

El parque fotovoltaico se creará sobre una estructura de soporte fija con un ángulo de inclinación óptimo de 35º y orientado hacia el sur estando todo el año encarado al sol y produciendo energía eléctrica. Con la instalación de la estructura fija la instalación es menos compleja y la inversión inicial menor.

Las actuales políticas energéticas incentivan con tarifas muy bien remuneradas a la generación de energía renovable llamando la atención de muchos inversores que han sabido ver los grandes beneficios económicos que estas energías generan. Las diferentes tarifas según potencia instalada obligan a realizar un estudio económico que verifique la tarifa a escoger. En el presente proyecto se ha optado por la realización de diez instalaciones de 100 kWn con diez propietarios distintos para acogernos a la tarifa que más beneficios económicos nos reportan.

La inversión inicial para instalaciones conectadas a la red es importante pero toda la energía producida es vendida a la compañía y por tanto siempre se estará produciendo ingresos económicos, llegando a obtener unas ganancias en el plazo de 25 años muy superior a la inicialmente invertida.

5. BIBLIOGRAFÍA

5.1. Referencias bibliográficas

- RADIACIÓN SOLAR Y DISPOSITIVOS FOTOVOLTAICOS. Autor: Eduardo Lorenzo Pigueiras. Año 2006
- ABELLA, M. A. y CHENLO, F. Estimación de la energía generada (II). Era Solar nº 132. Mayo-Junio 2006.
- INSTALACIONES SOLARES FOTOVOLTAICAS. Autor: Enrique Alcor Cabrerizo. Año 2003
- ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA (NORMAS UNE). Autor: AENOR. Año 2004
- FOTOVOLTAICA PARA PROFESIONALES. Autores: Falk Antony, Christian Durschner, Karl-Heinz Remmers. Editorial: Solarpraxis
- DESARROLLO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE DISTRIBUCIÓN. Autor: Jesús Trashorras Montecelos. 4ª edición
- Instalaciones eléctricas de enlace y centros de transformación. Autores: José Carlos Toledano Gasca, José Luis Sanz Garcia
- ASIF (Asociación de la Industria Fotovoltaica). Informe ASIF. Hacia una electricidad respetuosa con el medio ambiente. Madrid. Octubre 2005.
- GENERALITAT DE CATALUNYA. DEPARTAMENT D 'INDÚSTRIA, COMERÇ I TURISME. Atlas de Radiació Solar a Catalunya, Edició 2001.
- IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía). Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red. Instalaciones de Energía Solar Fotovoltaica. Octubre 2002. KNAPP, KARL E. JESTES, THERESSA L. Solar 2000. Conference of Madison, Wisconsin. 2000.
- JIMÉNEZ MONTOYA, P., GARCÍA MESEGUER, A., MORÁN CABRÉ, F. Hormigón Armado, Ed. Gustavo Gil, Edición 14, Barcelona, 2000.
- MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA. Real Decreto REAL DECRETO 661/2007, de 25 de mayo sobre producción de energía eléctrica por recursos o fuentes de energías renovables, residuos y cogeneración. Mayo 2007.
- MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA. Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. ITC-BT-40. Real Decreto 842/2002. Agosto 2002.

5.2. Bibliografía complementaria

www.sunbird.jrc.it

www.goolzoom.com

www.solarweb.net

www.books.google.es

www.topcable.com

www.solariaenergia.com

www.es.prysmian.com

www.schneiderelectric.es

www.ingeteam.com

www.cogen.org

www.censolar.es

www.energias-renovables.com

www.energiasrenovables.ciemat.es

www.icaen.net

www.idae.es

www.telecable.es