PROYECTO PR-1203A

PROYECTO DE EJECUCIÓN

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN TERRENO EN SEBIS (ARAD) - RUMANÍA
"PSFV SEBIS 1"

Aplicación:	**Instalación de Energía Solar Fotovoltaica Fija**
Potencia Nominal:	**7.500 kWn**
Potencia Pico:	**8.770,08 kWp**
Ubicación:	**Sebis - Arad - Rumanía**
Cliente:	**DELTA & ZETA ENERGY SRL**
Fecha:	**2012-07-14**

ÍNDICE GENERAL

1. **MEMORIA**
2. **CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS**
3. **MEDICIONES Y PRESUPUESTO**
4. **PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS**
5. **PLANOS**
6. **ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD**
7. **ESTUDIO AMBIENTAL**

MEMORIA
“PSFV SEBIS 1”

Documento 1
MEMORIA

1. MEMORIA DESCRIPTIVA 5

1.1 ANTECEDENTES Y OBJETO 5
1.2 TITULAR 5
1.3 CARACTERIZACIÓN DEL EMPLAZAMIENTO 5
1.4 NORMATIVA APLICABLE 6
1.5 DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA 8
1.5.1 Generador Fotovoltaico 8
1.5.2 Estructura 18
1.5.3 Protecciones eléctricas 22
1.5.4 Sistema de acondicionamiento de potencia 25
1.5.5 Cableado eléctrico 29
1.5.6 Canalizaciones 31
1.5.7 Instalación de puesta a tierra de la instalación de BT 33
1.5.8 Instalación de Control y Monitorización 37
1.5.9 Centro de Control 38
1.5.10 Instalación de Servicios Auxiliares (SS.AA.) 39
1.5.11 Línea Subterránea de MT 41
1.5.12 Centros de Transformación 46
1.5.13 Centro de Entrega 55
1.5.14 Obra Civil 62

2. FICHAS TÉCNICAS 69

3. SIMULACIONES DE PVSYST 70

1. MEMORIA DESCRIPTIVA

1.1 ANTECEDENTES Y OBJETO

El Objeto de este Proyecto, es definir todas las obras y actuaciones necesarias para llevar a cabo esta instalación, denominada **PSFV SEBIS 1**.

Este objetivo implica:

- La elección del emplazamiento óptimo para el conjunto de paneles solares sobre el terreno.
- El diseño de las líneas de evacuación de la instalación para la interconexión con la red pública.
- La elección del sistema de protecciones.
- La creación o modificación de accesos que sean necesarios para la correcta ejecución de la obra.
- Predicción de la irradiación en la zona y elaboración de una estimación de la producción de la instalación.

1.2 TITULAR

El titular de la instalación es:

Nombre:	DELTA & ZETA ENERGY SRL
Dirección:	Strada Capitan Grigore Ignat, nr. 50, Ap. 2A Arad (ARAD)
CIF:	29092649

1.3 CARACTERIZACIÓN DEL EMPLAZAMIENTO

La instalación proyectada se ubicará en:

Parcela:	**T33 PS314**
Municipiul:	**Sebis**
Judetul:	**Arad**

Los datos identificativos del punto de conexión son:

Satul:	**Prunisor**
Municipiul:	**Sebis**
CF nr.:	**301130**
Nr TOPO:	**301130**

1.4 NORMATIVA APLICABLE

La instalación considerada cumplirá la normativa vigente que a continuación se enumera:

- Regulament privind racordarea utilizatorilor la reţelele electrice de interes public HG nr. 90 din 23.01.2008, publicat în Monitorul Oficial al României Partea I, nr. 109 din. 12.02.2008
- Codul tehnic al reţelelor electrice de distribuţie Ordinul ANRE 128/2008 publicat in Monitorul Oficial al Romaniei, Partea I, nr. 43 din 26 ianuarie 2009
- Standard de performanta pentru serviciul de distributie a energie electrice Ordinul ANRE nr. 28/30-08-2007
- Norme tehnice pentru stabilirea zonelor de protecţie şi siguranţă ale capacităţilor energetice, cu modificarile si completarile ulterioare Ordinul ANRE nr. 4 din 9.03.2007
- Regulamentul privind stabilirea solutiilor de racordare a utilizatorilor la retelele electrice de interés public Ordinul ANRE 129/2008 publicat in Monitorul Oficial al Romaniei, Partea I, nr. 23 din 12 ianuarie 2009
- Normativ privind alegerea izolaţiei, coordonarea izolaţiei şi protecţia instalaţiilor electroenerge-tice împotriva supratensiunilor Ordinul ANRE nr. 2/ 2003;
- Normativ pentru construcţia liniilor aeriene de energie electrică cu tensiuni peste 1000 V Ordinul ANRE nr. 32/2004
- Prescriptii generale de proiectare a retelelor electrice (republicate in 1993). PE 022-3/87
- Normativ pentru construcţia instalaţiilor electrice de conexiuni şi transformare cu tensiuni peste 1 kV PE 101/ 1985 (republicat în 1993)
- Normativ pentru proiectarea şi executarea instalaţiilor de conexiuni şi distribuţie cu tensiuni până la 1000 V c.a. în unităţile energetice PE 102/1986 (republicat în 1993)
- Instructiuni privind determinarea sectiunii economice a conductoarelor in instalatiilor electrice de distributie de 1-110kV NTE 401.03.00
- Normativ privind proiectarea şi executarea branşamentelor pentru clădiri civile PE 155/1992
- Autorizatii de constructi si de urbanism 50/1991
- Acord de mediu obtinut in baza OUG nr.195/2005
- Autorizatie de infiintare HG Nr. 540/2004
- NP I7/2002-Normativ pentru proiectarea şi executarea instalaţiilor electrice cu tensiuni până la 1000Vc.a. şi 1500Vc.c.
- I20/2000 - Normativ privind protecţia construcţiilor împotriva trăsnetului;
- STAS 12604 - Protecţia împotriva electrocutărilor, instalaţii electrice fixe;
- NTE 007-2008 - Normativ pentru proiectarea şi executarea reţelelor de cabluri electrice.
- PE 116-94 - Normativ de încercări şi măsurători la echipamente şi instalaţii electrice

- PE 003-84 - Nomenclator de verificări, încercări şi probe privind montajul, punerea în funcţiune şi darea în exploatare a instalaţiilor electrice.
- PE 009-93 - Norme de prevenire, stingere şi dotarea împotriva incendiilor pentru producerea, transportul şi distribuţia energiei electrice şi termice.
- PE 118-1999 - Normativ de siguranţă la foc a construcţiilor.
- Standardele în vigoare privind calitatea materialelor utilizate
- Norme de tehnica securităţii muncii şi de prevenire a incendiilor.

1.5 DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

1.5.1 Generador Fotovoltaico

1.5.1.1 Descripción del generador

El generador fotovoltaico es el conjunto de paneles (o módulos) solares fotovoltaicos, que son los encargados de transformar la energía solar en energía eléctrica, en forma de corriente continua.

El número de paneles y su potencia pico unitaria establecerán la potencia pico de la instalación.

El módulo fotovoltaico utilizado será el siguiente:

Módulos fotovoltaicos				
Fabricante	Modelo	Potencia (Wp)	Nº total	Potencia total (kWp)
CHINT SOLAR	CHSM6610P	240	36.542	8.770,08
				8.770,08

Las características eléctricas principales del módulo elegido, para Condiciones Estándar de medida (CEM), se expresan a continuación:

Características Eléctricas		
Módulo	CHSM6610P	
Potencia	240	Wp
Intensidad de máxima potencia (Ipmp)	8,13	A
Tensión de máxima potencia (Vpmp)	29,54	V
Intensidad de cortocircuito (Icc)	8,59	A
Tensión de circuito abierto (Voc)	37,77	V
Voltaje máximo de funcionamiento del sistema	1000	Vcc
Tolerancia de potencia	±3	W
Variación de la tensión Voc con la temperatura	-0,344	%/ºC
Variación de la Potencia con la temperatura	-0,469	%/ºC
Variación de la intensidad Icc con la temperatura	0,052%	%/ºC

Características eléctricas del panel fotovoltaico

Las características de fabricación son las siguientes:

Características Mecánicas	
Módulo	CHSM6610P
Células	Silicio policristalino
Dimensiones de las células	156x156 mm
Número de células	60
Diodos de protección	6 by-pass
Dimensiones	1.652 x 994 x 45 (mm x mm x mm)
Peso	20 kg
Laminado	EVA
Marco	Aluminio anodizado
Cubierta frontal	Vidrio templado
Terminal de conexión	Multicontacto tipo 4

Características mecánicas del panel fotovoltaico

1.5.1.2 Conexión de paneles

La configuración del generador fotovoltaico viene determinada por el tipo de módulo utilizado y por los requerimientos del sistema de acondicionamiento de potencia.

Los inversores suelen tener un rango de tensiones de entrada bastante amplio pero para alcanzar el punto óptimo de funcionamiento de los mismos es aconsejable sobredimensionar el generador fotovoltaico respecto a la potencia nominal del sistema de acondicionamiento de potencia.

El campo generador fotovoltaico estará formado por **36.542 módulos** fotovoltaicos (sumando un total de 8.770.080 Wp), asociados a quince (15) inversores de 500 kWn (potencia total de 7.500 kWn).

Las series serán de 22 módulos. Estas series se agruparán en las denominadas ***cajas de nivel 1***, con un número de 12 entradas, de las que se utilizarán 9 ó 10 de ellas. Habrá un total de 180 CN1.

Estas cajas de paralelos incorporan fusibles seccionables para cada uno de los ramales en que se divide el generador fotovoltaico. Estos dispositivos actúan como elementos de protección para el campo fotovoltaico, permitiendo además aislar cada ramal del resto del generador fotovoltaico.

Todas las cajas de nivel 1 se caracterizan por ser de intemperie (IP65) y presentar protección contra los rayos ultravioletas.

Por último, las salidas de las cajas de nivel 1 se agruparán, justo antes del inversor correspondiente en las denominadas ***cajas de nivel 2***. A cada caja de nivel 2 le *llegan 3 ramales de las cajas de nivel 1*.

A cada inversor se conectan 4 cajas de nivel 2, debido a que cada inversor está constituido por la asociación en paralelo de 4 módulos independientes de 125 kW.

En la tabla siguiente se muestra la división del campo fotovoltaico, su distribución y las características eléctricas de los distintos subcampos asociados a los inversores.

CT	Inversor	Cajas de Nivel 2	Cajas de Nivel 1	Nº series	Módulo
CT1 (1.000 kW)	I-1	11	111	9	CHSM6610P 240
			112	9	CHSM6610P 240
			113	9	CHSM6610P 240
		12	121	9	CHSM6610P 240
			122	9	CHSM6610P 240
			123	9	CHSM6610P 240
		13	131	9	CHSM6610P 240
			132	9	CHSM6610P 240
			133	10	CHSM6610P 240
		14	141	9	CHSM6610P 240
			142	9	CHSM6610P 240
			143	10	CHSM6610P 240
	I-2	15	151	9	CHSM6610P 240
			152	9	CHSM6610P 240
			153	9	CHSM6610P 240
		16	161	9	CHSM6610P 240
			162	9	CHSM6610P 240
			163	9	CHSM6610P 240
		17	171	9	CHSM6610P 240
			172	9	CHSM6610P 240
			173	9	CHSM6610P 240
		18	181	9	CHSM6610P 240
			182	9	CHSM6610P 240
			183	10	CHSM6610P 240
CT2 (1.000 kW)	I-3	21	211	9	CHSM6610P 240
			212	9	CHSM6610P 240
			213	10	CHSM6610P 240
		22	221	9	CHSM6610P 240
			222	9	CHSM6610P 240
			223	10	CHSM6610P 240
		23	231	9	CHSM6610P 240
			232	9	CHSM6610P 240
			233	9	CHSM6610P 240
		24	241	9	CHSM6610P 240
			242	9	CHSM6610P 240
			243	9	CHSM6610P 240
	I-4	25	251	9	CHSM6610P 240
			252	9	CHSM6610P 240
			253	10	CHSM6610P 240
		26	261	9	CHSM6610P 240
			262	9	CHSM6610P 240
			263	9	CHSM6610P 240
		27	271	9	CHSM6610P 240
			272	9	CHSM6610P 240
			273	9	CHSM6610P 240
		28	281	9	CHSM6610P 240
			282	9	CHSM6610P 240
			283	9	CHSM6610P 240

CT	Inversor	Cajas de Nivel 2	Cajas de Nivel 1	Nº series	Módulo
CT3 (1.000 kW)	I-5	31	311	9	CHSM6610P 240
			312	9	CHSM6610P 240
			313	10	CHSM6610P 240
		32	321	9	CHSM6610P 240
			322	9	CHSM6610P 240
			323	10	CHSM6610P 240
		33	331	9	CHSM6610P 240
			332	9	CHSM6610P 240
			333	10	CHSM6610P 240
		34	341	9	CHSM6610P 240
			342	9	CHSM6610P 240
			343	10	CHSM6610P 240
	I-6	35	351	9	CHSM6610P 240
			352	9	CHSM6610P 240
			353	10	CHSM6610P 240
		36	361	9	CHSM6610P 240
			362	9	CHSM6610P 240
			363	10	CHSM6610P 240
		37	371	10	CHSM6610P 240
			372	10	CHSM6610P 240
			373	9	CHSM6610P 240
		38	381	9	CHSM6610P 240
			382	9	CHSM6610P 240
			383	10	CHSM6610P 240
CT4 (1.000 kW)	I-7	41	411	9	CHSM6610P 240
			412	9	CHSM6610P 240
			413	10	CHSM6610P 240
		42	421	9	CHSM6610P 240
			422	9	CHSM6610P 240
			423	10	CHSM6610P 240
		43	431	9	CHSM6610P 240
			432	9	CHSM6610P 240
			433	10	CHSM6610P 240
		44	441	9	CHSM6610P 240
			442	10	CHSM6610P 240
			443	10	CHSM6610P 240
	I-8	45	451	9	CHSM6610P 240
			452	9	CHSM6610P 240
			453	10	CHSM6610P 240
		46	461	9	CHSM6610P 240
			462	9	CHSM6610P 240
			463	10	CHSM6610P 240
		47	471	9	CHSM6610P 240
			472	9	CHSM6610P 240
			473	10	CHSM6610P 240
		48	481	9	CHSM6610P 240
			482	10	CHSM6610P 240
			483	10	CHSM6610P 240

CT	Inversor	Cajas de Nivel 2	Cajas de Nivel 1	Nº series	Módulo
CT5 (1.000 kW)	I-9	51	511	9	CHSM6610P 240
			512	9	CHSM6610P 240
			513	10	CHSM6610P 240
		52	521	9	CHSM6610P 240
			522	9	CHSM6610P 240
			523	10	CHSM6610P 240
		53	531	9	CHSM6610P 240
			532	9	CHSM6610P 240
			533	10	CHSM6610P 240
		54	541	9	CHSM6610P 240
			542	9	CHSM6610P 240
			543	10	CHSM6610P 240
	I-10	55	551	9	CHSM6610P 240
			552	9	CHSM6610P 240
			553	10	CHSM6610P 240
		56	561	9	CHSM6610P 240
			562	9	CHSM6610P 240
			563	10	CHSM6610P 240
		57	571	9	CHSM6610P 240
			572	9	CHSM6610P 240
			573	10	CHSM6610P 240
		58	581	9	CHSM6610P 240
			582	9	CHSM6610P 240
			583	9	CHSM6610P 240
CT6 (1.000 kW)	I-11	61	611	9	CHSM6610P 240
			612	9	CHSM6610P 240
			613	10	CHSM6610P 240
		62	621	9	CHSM6610P 240
			622	9	CHSM6610P 240
			623	9	CHSM6610P 240
		63	631	9	CHSM6610P 240
			632	9	CHSM6610P 240
			633	9	CHSM6610P 240
		64	641	9	CHSM6610P 240
			642	9	CHSM6610P 240
			643	9	CHSM6610P 240
	I-12	65	651	9	CHSM6610P 240
			652	9	CHSM6610P 240
			653	10	CHSM6610P 240
		66	661	9	CHSM6610P 240
			662	9	CHSM6610P 240
			663	9	CHSM6610P 240
		67	671	9	CHSM6610P 240
			672	9	CHSM6610P 240
			673	9	CHSM6610P 240
		68	681	9	CHSM6610P 240
			682	9	CHSM6610P 240
			683	9	CHSM6610P 240

CT	Inversor	Cajas de Nivel 2	Cajas de Nivel 1	Nº series	Módulo
CT7 (1.000 kW)	I-13	71	711	9	CHSM6610P 240
			712	9	CHSM6610P 240
			713	10	CHSM6610P 240
		72	721	9	CHSM6610P 240
			722	9	CHSM6610P 240
			723	10	CHSM6610P 240
		73	731	9	CHSM6610P 240
			732	9	CHSM6610P 240
			733	10	CHSM6610P 240
		74	741	9	CHSM6610P 240
			742	9	CHSM6610P 240
			743	9	CHSM6610P 240
	I-14	75	751	9	CHSM6610P 240
			752	9	CHSM6610P 240
			753	10	CHSM6610P 240
		76	761	9	CHSM6610P 240
			762	9	CHSM6610P 240
			763	10	CHSM6610P 240
		77	771	9	CHSM6610P 240
			772	9	CHSM6610P 240
			773	9	CHSM6610P 240
		78	781	9	CHSM6610P 240
			782	9	CHSM6610P 240
			783	9	CHSM6610P 240
CT8 (1.000 kW)	I-15	81	811	9	CHSM6610P 240
			812	9	CHSM6610P 240
			813	10	CHSM6610P 240
		82	821	9	CHSM6610P 240
			822	9	CHSM6610P 240
			823	10	CHSM6610P 240
		83	831	9	CHSM6610P 240
			832	9	CHSM6610P 240
			833	9	CHSM6610P 240
		84	841	9	CHSM6610P 240
			842	9	CHSM6610P 240
			843	9	CHSM6610P 240

Distribución de subcampos

CTS	Inv.	Pot. Nom. [kW]	Pot Pico [kWp]	nº módulos	nº módulos /serie	nº series	Intensidad generada PMP [A]	Tensión generada PMP [V]
CT1	I-1	500	580,80	2420	22	110	894,3	649,9
	I-2	500	575,52	2398	22	109	886,2	649,9
CT2	I-3	500	580,80	2420	22	110	894,3	649,9
	I-4	500	575,52	2398	22	109	886,2	649,9
CT3	I-5	500	591,36	2464	22	112	910,6	649,9
	I-6	500	596,64	2486	22	113	918,7	649,9
CT4	I-7	500	596,64	2486	22	113	918,7	649,9
	I-8	500	596,64	2486	22	113	918,7	649,9
CT5	I-9	500	591,36	2464	22	112	910,6	649,9
	I-10	500	586,08	2442	22	111	902,4	649,9
CT6	I-11	500	575,52	2398	22	109	886,2	649,9
	I-12	500	575,52	2398	22	109	886,2	649,9
CT7	I-13	500	586,08	2442	22	111	902,4	649,9
	I-14	500	580,80	2420	22	110	894,3	649,9
CT8	I-15	500	580,80	2420	22	110	894,3	649,9
TOTAL		**7.500**	**8770,08**	**36542**		**1.661**		

Características eléctricas de los campos generadores (CEM)

1.5.1.3 Estudio de productividad

Los datos de partida, para el cálculo de la producción Energética, son las características técnicas definidas de los componentes y la irradiación solar en la ubicación de la instalación.

La irradiación media en la localización de la instalación (Sebis) se ha obtenido de la base de datos del Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS). La metodología de obtención de los datos y su precisión puede consultarse en:
http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/solres/solrespvgis.htm

Los valores para la radiación global horizontal, difusa y temperatura, tomados de dicha base de datos, se muestran a continuación.

Emplaz.	Sebis (ARAD)
País	Rumanía
Region	Europa
Fuente	PVGIS from Heliosat satellite data
Latitud	46,42º
Longitud	22,1º
Altitud	139 m
Zona hor.	1 GMT
Albedo	0,2

Valores	GlobH	DiffH	Temp
Mes	kWh/m²	kWh/m²	°C
Enero	36,6	22,7	-1,1
Febrero	58,6	30,5	0,8
Marzo	102,3	50,1	5,0
Abril	135,3	63,6	11,1
Mayo	178,3	80,2	16,5
Junio	181,5	83,5	19,4
Julio	191,9	80,6	21,3
Agosto	169,9	69,7	20,9
Septiembre	121,2	50,9	16,0
Octubre	83,7	37,7	11,6
Noviembre	41,1	24,2	5,7
Diciembre	27,9	18,7	0,2
Año	1328,3	612,4	10,7

A partir de la simulación, se obtiene el siguiente Estudio de Producción Energética.

	G(0) (kWh/m^{2}día)	G (a,b, incd) (kWh/m^2/día)	PR (%)	Eg (kWh/kWp)	Eg' (kWh)	Ahorro CO_2/SO_2 (m^3)
Enero	1,18	1,62	78,7%	44	405.951	176.995
Febrero	2,09	2,84	83,0%	71	644.192	280.868
Marzo	3,30	3,88	83,3%	106	960.267	418.676
Abril	4,51	4,71	81,2%	121	1.098.762	479.060
Mayo	5,75	5,50	79,5%	144	1.298.183	566.008
Junio	6,05	5,52	77,9%	137	1.237.576	539.583
Julio	6,19	5,77	77,2%	146	1.324.227	577.363
Agosto	5,48	5,60	77,6%	142	1.286.969	561.118
Septiembre	4,04	4,63	80,0%	117	1.059.459	461.924
Octubre	2,70	3,56	80,9%	95	857.109	373.700
Noviembre	1,37	1,89	78,7%	49	445.944	194.432
Diciembre	0,90	1,21	72,6%	32	296.414	129.237
Anual	**3,64**	**3,90**	**79,4%**	**1.205**	**10.915.054**	**4.758.964**

G(0): Radiación diaria media sobre el plano horizontal (kWh/m^2/día)
G(a,b,incid): Rad. diaria media sobre el panel, y corregida por incidencia no normal al panel (kWh/m^2/día)
PR (Performance Ratio): Proporción de la energía incidente sobre el plano del colector convertida en electricidad (%)
Eg: Energía producida por unidad de potencia instalada
Eg': Energía producida por el sistema fotovoltaico (kWh)

En el anejo se adjuntan los informes de resultados obtenidos del programa de simulación PVSYST.

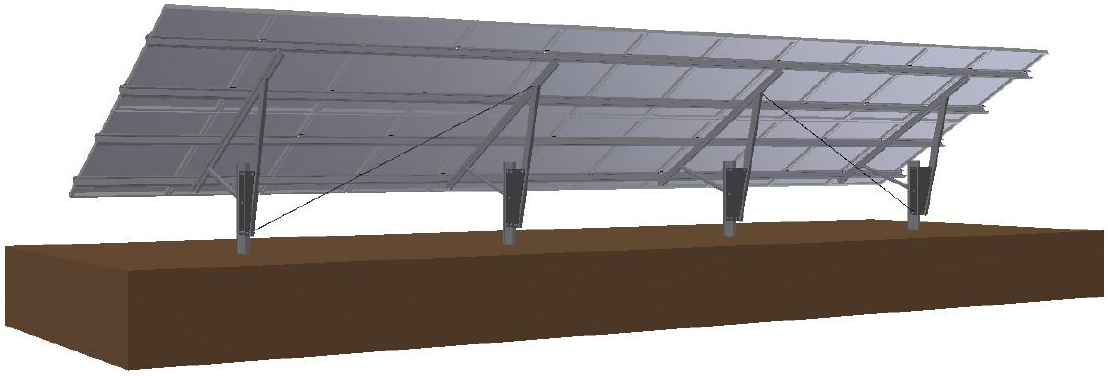
1.5.2 Estructura

La estructura de suportación fija para paneles solares tiene como misión la sujeción de los paneles solares fotovoltaicos indicados, con una orientación e inclinación fijas establecidas.

1.5.2.1 Descripción

La estructura montará módulos fotovoltaicos de dimensiones 1652x994x45 mm, con un peso de 20 Kg y una inclinación de los módulos sobre la horizontal de 30º.

En la siguiente imagen se puede observar una estructura completa vista por la parte trasera.

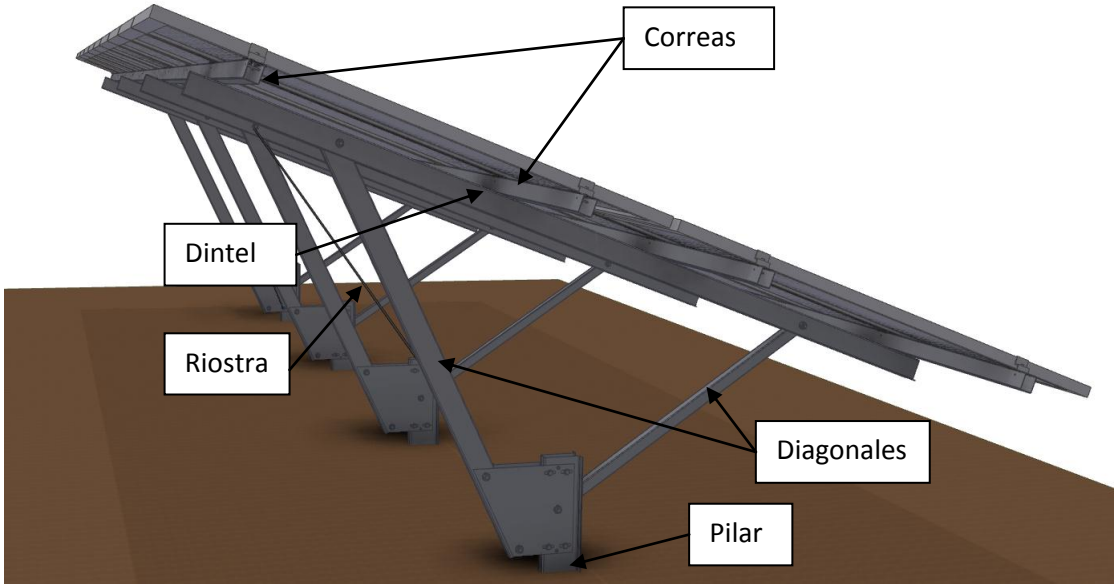


Su descripción desde la parte superior a la inferior es la siguiente:

- los módulos fotovoltaicos van montados en posición vertical en dos filas por once columnas y van unidos por unas fijaciones a las correas (dos correas por fila de módulos)
- las correas a su vez van amarradas a los dinteles de los pórticos
- los pórticos tienen dos barras diagonales por pórtico que se unen con los pilares
- los pilares van hincados al terreno.

Los pórticos se componen de dintel diagonales y pilares, existen seis pórticos por estructura y están arriostrados por medio de unos perfiles que refuerzan la estructura contra posibles movimientos laterales dotándola de mayor estabilidad.

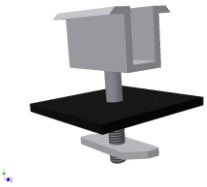
En la imagen siguiente se indican los componentes comentados:

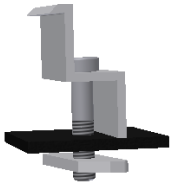


1.5.2.2 Amarre paneles y aislamiento par galvánico

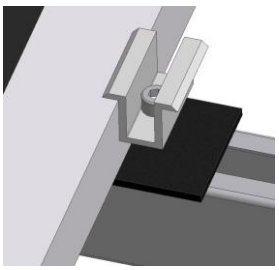
Los paneles se amarran a las correas de la estructura por medio de unas omegas de aluminio con tornillos más una tuerca tipo martillo que se puede introducir por el hueco de la correa.
Entre la omega y la tuerca se intercala una junta de EPDM que aísla la aparición de pares galvánicos entre los perfiles de aluminio de los módulos fotovoltaicos y los perfiles de la estructura de acero galvanizado.

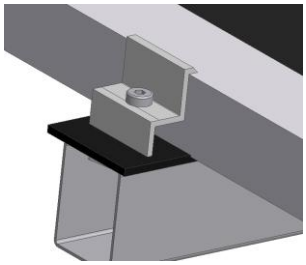
Amarres paneles extremos e interiores:





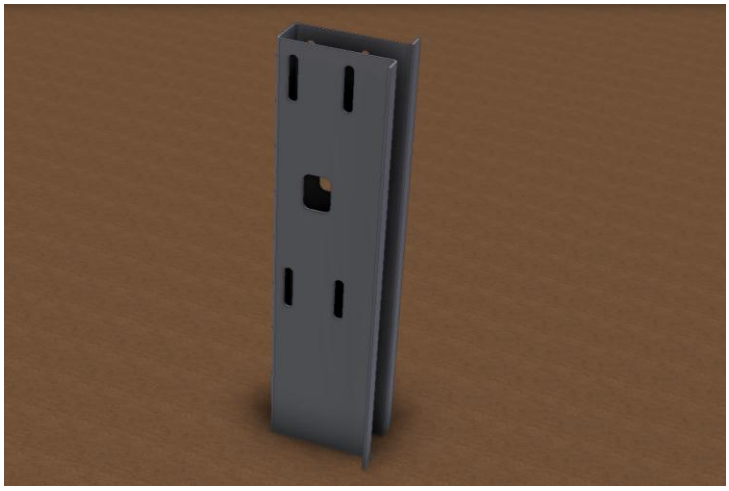
Montaje amarre paneles:





1.5.2.3 Anclaje al terreno

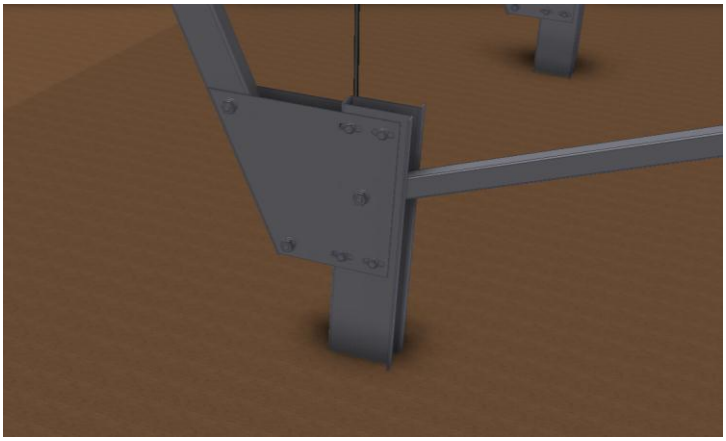
Se ha proyectado un anclaje al terreno mediante perfiles hincados. El perfil de hincado con su profundidad se determina en función de los ensayos de hincado y extracción realizados in situ. Para esta instalación, **la profundidad de hincado será de 1,8m**.



1.5.2.4 Regulación desniveles terreno

La estructura puede admitir pendientes del terreno en el eje E-O de hasta el 10%, siempre respetando la cota máxima de hincado indicada en el plano correspondiente, y verificando la profundidad mínima de hincado con la distancia de los módulos al terreno requerida.

Además dispone de un sistema de regulación precisa que se puede observar en la imagen, en los pilares existe una regulación en dirección vertical y en las pletinas de unión pilares-diagonales existe regulación en dirección horizontal. Con estas regulaciones se puede conseguir una posición óptima de los componentes de la estructura absorbiendo las pequeñas irregularidades del proceso de hincado.



1.5.2.5 Materiales

Los perfiles estructurales serán de acero de calidad S235-275JR, galvanizados en caliente según norma UNE-EN/ISO 1461 en cuanto a espesor de recubrimiento y norma UNE-EN/ISO 14713 en cuanto a duración de corrosión.

La tortillería será en acero inoxidable calidad A2 clase 70, se adjunta características en el anexo 3.

El aislante EPDM cumple las normas, DIN 53505 Ensayo para la determinación de la dureza Shore UNE-EN ISO 845:1996 Ensayo para la determinación de la densidad volumétrica UNE 53-184-70 Poliuretanos. Resistencia a la tracción UNE-EN ISO 3386-1 Ensayo de dureza a compresión UNE-EN ISO 1856:2001 Ensayo para la determinación de la deformación remanente a 72h/20ºC y 50% compresión FMV SS 302 Pruebas de Combustibilidad.

1.5.2.6 Durabilidad del galvanizado

El zinc utilizado para galvanizar los materiales cumple con la normativa de calidad del Zinc UNE-EN 1179.
Según norma UNE-EN ISO 1461 la cual cumple con el proceso de galvanizado de los materiales montados en la estructura con espesores de materiales de 1,5mm a 3 mm, el valor medio mínimo de espesor del recubrimiento está en función del espesor de la sección según la siguiente tabla:

Tipo de pieza y espesor	Espesor medio del recubrimiento en µm (valor mínimo)
Acero ≥ 1,5 mm hasta ≤ 3 mm	55
Acero > 3 mm hasta ≥ 6 mm	70

El espesor medio más desfavorable es de 55 micras, considerando la zona donde está ubicada la instalación un ambiente C4 "Interior: piscinas, plantas químicas, etc. Exterior: industrial en el interior del país o urbano costero" y tomando la velocidad de corrosión de 2 micras/año, según norma UNE-EN/ISO 14713, el recubrimiento del galvanizado de la estructura tendría una durabilidad mínima de 27,5 años.

1.5.3 Protecciones eléctricas

1.5.3.1 Cajas de concentración de series (CN1)

Los módulos se agrupan en series de 22 módulos y éstas a su vez se agrupan, en paralelo, cada 9 ó 10 en las llamadas **CAJAS DE NIVEL 1**.

Estas cajas de nivel 1 serán de 12 entradas (se cablearán solo las entradas correspondientes a las series que le lleguen). Cada caja contendrá:

- **18 ó 20 fusibles extraíbles** de **12 A y tensión asignada 900 Vcc**.
- **un interruptor manual de 160 A**.
- **una medida de intensidad y tensión en corriente continua.**
- **un descargador de sobretensiones multipolar de $V_{máx}$ 1.000 V.**

La medida de intensidad se hará para cada serie, mediante sensores de efecto Hall (por lo tanto, habrá 12 sensores, de los que se emplearán 9 ó 10). Estos sensores tienen la característica de que existe una separación galvánica entre el circuito de potencia y el de monitorización, haciéndolos más robustos, al reducir las posibilidades de defectos de aislamiento.

Las CN1 se equiparán con prensacables para los cables de entrada y salida:

- 12 cables solares entrantes, 4/6 mm2, polo + (M16x1,5)
- 12 cables solares entrantes, 4/6 mm2, polo - (M16x1,5)
- 1 manguera de entrada de servicios auxiliares 3G6 (M20x1,5)
- 1 manguera de salida de servicios auxiliares 3G6 (M20x1,5)
- 1 cable de salida CC de la CN1, 70…240 mm2, polo + (M40x1,5)
- 1 cable de salida CC de la CN1, 70…240 mm2, polo - (M40x1,5)
- 1 cable entrante del bus de comunicación RS-485/F.O. (M25x1,5)
- 1 cable saliente del bus de comunicación RS-485/F.O. (M25x1,5)
- 1 cable de conexión de puesta a tierra de cobre desnudo 16 mm2 (M20x1,5)

Los dispositivos de protección contra sobretensiones se instalarán en el embarrado de CC, conectados al polo positivo y negativo, así como a la tierra.

Tanto el interruptor manual de salida como los protectores de sobretensión tendrán contactos auxiliares para poder monitorizar su estado.

Para alimentar la parte de monitorización de la Caja de Nivel 1, se lleva una línea monofásica desde la alimentación del seguidor correspondiente. La salida de los datos se realiza mediante un bus RS485.

Las Cajas de nivel 1 serán resistentes a la intemperie (IP65), presentarán protección contra los rayos ultravioletas y serán de Clase II (aislamiento reforzado).

CN1 – Especificaciones técnicas	
Tensión nominal	1.000 V
Nº de entradas (fusibles)	12 (24)
Intensidad nominal de los fusible de entrada	12 A
Intensidad nominal del interruptor de salida	≥160 A
Grado de Protección	IP65
Clase de protección IEC	II
Temperatura ambiente	-20…60 ºC
Cantidad	180

1.5.3.2 Cajas de concentración de CN1 (CN2)

Las salidas de las cajas de nivel 1 se recogerán en otra caja de conexión, la **CAJA DE NIVEL 2**. Estas cajas de nivel 2 tienen 3 entradas y contendrán:

- **6 fusibles de 125 A y tensión asignada 900 Vcc.**

En cada uno de los módulos del propio inversor existe un interruptor manual, por lo que no es necesario en el CN2.

Las Cajas de Nivel 2 se instalarán en los Centros de Transformación e Inversores, y deberán ser, al menos, IP30, Clase II.

Las CN2 se equiparán con prensacables para los cables de entrada y salida:

- 3 cables de entrada CC de la CN1, 70…240 mm2, polo + (M40x1,5)
- 3 cables de entrada CC de la CN1, 70…240 mm2, polo - (M40x1,5)
- 1 cables de salida CC de la CN2, 240 mm2, polo + (M40x1,5)
- 1 cables de salida CC de la CN2, 240 mm2, polo - (M40x1,5)
- 1 cable de conexión de puesta a tierra de cobre desnudo 35 mm2 (M20x1,5)

JB2 - Technical Specifications	
Tensión nominal	1.000 V
Nº de entradas (fusibles)	3 (6)
Intensidad nominal de los fusible de entrada	125 A
Corriente nominal de salida	400 A
Grado de Protección	IP30
Clase de protección IEC	II
Temperatura ambiente	-20…60 ºC
Cantidad	60

1.5.3.3 Protecciones en Corriente Alterna

En cada Centro de Transformación se instalará un Cuadro General de Baja Tensión, donde se llevará a cabo la protección de los inversores, y la medida de su energía generada.

Por tanto, en ellos se instalaran:

- **2 x Interruptor automático magnetotérmico de 800 A (uno por inversor)**
- **2 x Contador de medida indirecta, para 500 kW nominales**
- **2 x Protección de sobretensiones, tipo 2**

En el Centro de Transformación nº 8, en el que sólo hay un inversor, la Caja General sólo tendrá uno de los elementos anteriores.

1.5.4 Sistema de acondicionamiento de potencia

Para la conversión de la corriente continua generada por el generador fotovoltaico en corriente alterna de las mismas características (tensión y frecuencia) que la de la red se utilizarán inversores trifásicos de las siguientes potencias y modelos:

Inversor Nº	Marca y modelo	Potencia Nominal kWp]	Potencia Pico asignada [kWp]
I-1	SEPSA SOLAR 500 mod-ID (EU)	500	580,80
I-2		500	575,52
I-3		500	580,80
I-4		500	575,52
I-5		500	591,36
I-6		500	596,64
I-7		500	596,64
I-8		500	596,64
I-9		500	591,36
I-10		500	586,08
I-11		500	575,52
I-12		500	575,52
I-13		500	586,08
I-14		500	580,80
I-15		500	580,80
TOTAL		**7.500**	**8770,08**

Estos inversores cumplen con los requerimientos técnicos y de seguridad necesarios para su interconexión a la red de baja tensión, así como con las directivas Comunitarias sobre seguridad eléctrica y compatibilidad electromagnética.

Las características técnicas más relevantes son las que se especifican a continuación:

Inversor SEPSA SOLAR 500 mod-ID(EU)	
▪ Tipo de Inversor	TRIFÁSICO
▪ Potencia nominal	500 kW (125x4)
▪ Medidas	3.200mmx1.700mmx600mm
Entrada	
▪ Potencia máxima fotov. admisible	550 kWp
▪ Potencia máxima nominal	500 kW
▪ Tensión mínima en MPP	600 Vcc
▪ Tensión máxima en MPP	950 Vcc
▪ Tensión Máxima admisible	1.100 Vcc
▪ Máxima corriente	1.000 A
▪ Número de módulos	4
▪ nº de seguimientos de MPP	4
Salida	
▪ Tensión de red	400 Vca Red IT
▪ Frecuencia	50 Hz
▪ Tipo de red	L1 / L2 / L3 / PE
▪ Factor de potencia	1
▪ Rendimiento máximo	98,39 %
▪ Rendimiento europeo	97,93 %
▪ Intensidad de salida	721 A
▪ Potencia máxima	550 kW

Especificación Sistema de Acondicionamiento de Potencia

Datos generales	
▪ Consumo energía Standby	<25W
▪ Consumo energía en funcionamiento	<1.450W
▪ Temperatura de funcionamiento	-20ºC a +50ºC
▪ Humedad relativa	15-95%
▪ Grado de protección	IP45

Especificación Sistema de Acondicionamiento de Potencia

1.5.4.1 Caseta de inversores

Los quince (15) inversores previstos se instalarán en los mismos edificios prefabricados que los Centros de Transformación de la siguiente forma:

CTS	Inv.	Pot. Nom. [kW]
CT1	I-1	500
	I-2	500
CT2	I-3	500
	I-4	500
CT3	I-5	500
	I-6	500
CT4	I-7	500
	I-8	500
CT5	I-9	500
	I-10	500
CT6	I-11	500
	I-12	500
CT7	I-13	500
	I-14	500
CT8	I-15	500
TOTAL		**7.500**

El edificio que alberga los inversores, consta de una envolvente de hormigón, en cuyo interior se incorporan todos los componentes eléctricos, desde la aparamenta de MT, hasta los cuadros de BT, incluyendo los transformadores, inversores, dispositivos de control e interconexiones entre los diversos elementos.

1.5.4.2 Sistema de ventilación de los inversores

Las condiciones ambientales de operación de los inversores son las siguientes:

Condiciones ambientales de operación	
Temperatura ambiente en operación	-20ºC a 50ºC a 3000 m sobre el nivel del mar
Humedad relativa en operación	15 – 95%

Puesto que los inversores van ubicados dentro del edificio prefabricado definido anteriormente, es necesario asegurar que en el interior del mismo no se superan las condiciones ambientales de operación.

Para ello, además de las rejillas del edificio, que permiten la entrada de aire del exterior, se contará con un **sistema de ventilación forzada que disipe todo el calor.**
Los principales elementos productores de calor son los propios inversores y el transformador.

La potencia total a disipar es:

- Inversores..... 16kW
- Transformador 13kW

Total ..... 29 kW

Para disipar esta potencia, **el sistema de ventilación forzada estará constituido por ventiladores con un caudal nominal de 1.600 m^3/h cada uno: 8 para los edificios de 1.000 kW de potencia nominal y 4 para el edificio de 500 kW de potencia nominal.**

Se instalará un ventilador por cada módulo de 125 kW que conforma el conjunto del sistema de acondicionamiento de potencia. Cada ventilador se instalará en la pared trasera módulo del inversor.

1.5.4.3 Sistema de calefacción de los inversores

Para evitar daños en los inversores en caso de bajada drástica de la temperatura, se instalarán unas resistencias de caldeo en los Centros que alojan los inversores. Dichas resistencias tendrán una potencia de 2 kW.

1.5.5 Cableado eléctrico

Se utilizarán dos tipos de cable para la instalación de baja tensión:

- cableado de unión de módulos fotovoltaicos
- cableado de la distribución del resto de la instalación eléctrica de distribución.

El cableado de baja tensión y corriente continua entre módulos será del tipo EXZHELLENT SOLAR ZZ-F (AS) 1,8 kV DC - 0,6/1 kV AC.

Las características esenciales son las siguientes:

- **Conductor**: Cobre electrolítico, estañado, clase 5, para servicio móvil.
- **Aislamiento**: EPR 120ºC similar a IEC 60502.
- **Cubierta:** EVA 120ºC**.** Aislamiento y cubierta unidos (aislamiento de doble capa).

Según TÜV 2 Pfg 1169/08.2007

Sección	Diámetro exterior	Peso	Radio mínimo curvatura	Resistencia máx. a 20ºC	Intensidad al aire a 60ºC	Caída de tensión en CC
mm^2	mm	Kg/km	mm^2	Ω/km	A	V/A.km
1x4	5,6	65	23	5,09	55	14,18
1x6	6,3	85	26	3,39	70	9,445

El cableado de baja tensión para la instalación eléctrica de distribución, tanto en corriente continua como en corriente alterna, será del tipo **AL-RV** (ENERGY RV AL de General Cable o equivalente).

Las características esenciales son las siguientes:

AL RV

- **Conductor**: Aluminio semirígido, clase 2 EN 60228.
- **Aislamiento**: Mezcla de polietileno reticulado (XLPE), según HD 603-1.
- **Cubierta**: mezcla PVC

Sección (mm^2)	Diámetro exterior (mm)	Peso Total (kg)	Intensidad admisible al aire (1)	Intensidad admisible enterrado (2)	Caída de tensión V/A km
1 x 50	12,7	230	125	135	1,423
1 x 70	14,6	305	160	165	0,984
1 x 95	16,4	395	200	200	0,711
1 x 120	18,3	485	235	225	0,562
1 x 150	20,1	595	290	260	0,457
1 x 185	22,0	720	335	295	0,364
1 x 240	25,0	920	390	340	0,278

RETENAX FLEX

- **Conductor:** Cobre electrolítico recocido, Flexible, clase 5 según EN 60228, Tªmax 90 ºC en servicio permanente, 250 ºC en cortocircuito.
- **Aislamiento:** Mezcla de polietileno reticulado (XLPE), tipo DIX3 según HD 603-1.
- **Cubierta:** Mezcla de policloruro de vinilo (PVC), tipo DMV-18 según HD 603-1.

Sección (mm^2)	Espesor de aislamiento	Diámetro exterior (mm)	Peso Total (kg)	Resistencia a 20 ºC Ω/km	Intensidad admisible al aire (1)	Intensidad admisible enterrado (2)	Caída de tensión V/A km
1 x 240	1.7	26.7	2310	0.0801	490	336	0,17

1.5.6 Canalizaciones

Toda la red eléctrica, discurrirá parte en superficie y parte enterrada en zanja.

Las canalizaciones de cableado se extienden en superficie a lo largo de la estructura que soporta los módulos fotovoltaicos, enterradas en zanjas en el terreno hasta llegar a la caseta de inversores y de nuevo en superficie desde estos últimos hasta los transformadores correspondientes.

Se distinguen 3 tipos diferentes de canalizaciones:

- **Bandeja metálica galvanizada**: incorporada en la estructura para los recorridos de la series hasta las cajas de nivel 1.
- **Tubo de doble pared de PEAD** para canalizaciones enterradas.
- **Tubo flexible metálico con recubrimiento de PVC**, para los recorridos verticales aéreos entre las canalizaciones descritas anteriormente.

Las características que deberán cumplir cada uno de los anteriores tipos de canalización serán las siguientes:

Tubos de Polietileno corrugado de alta densidad

Los tubos protectores para canalizaciones enterradas serán conformes a lo establecido en la norma CEI-EN 50.086 2-4 (CEI 23-46) y sus características mínimas serán, las indicadas en esta tabla:

Característica	Grado
Resistencia a la compresión	450 N
Resistencia al impacto	Normal
Resistencia al curvado	Curvable
Propiedades eléctricas	No declaradas
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	Protegido contra objetos D ≥ 1mm
Resistencia a la penetración del agua	Protegido contra el agua de lluvia
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos	Protección interior y exterior media

Se emplearán estos tubos para soterrar los conductores hasta las de Cajas de Nivel 2.

<u>Tubos flexibles metálicos con recubrimiento de PVC</u>

Los tubos protectores para los tramos entre las conducciones subterráneas y las bandejas de estructuras o CN1, serán conformes a lo establecido en la norma CEI-EN 50.086 2-3 (CEI 23-56) y sus características mínimas serán, las indicadas en esta tabla:

Característica	Grado
Resistencia a la compresión	Fuerte (4)
Resistencia al impacto	Media (3)
Temperatura mínima de instalación y servicio	-5ºC (2)
Temperatura máxima de instalación y servicio	60ºC (1)
Resistencia al curvado	Flexible (4)
Propiedades eléctricas	Aislado (2)
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	Protegido contra objetos D ≥ 1mm (4)
Resistencia a la penetración del agua	Protegido contra gotas verticales cuando el sistema de tubos está inclinado 15º (2)
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos	Protección interior media y exterior elevada

Se emplearán estos tubos para los tramos verticales de:

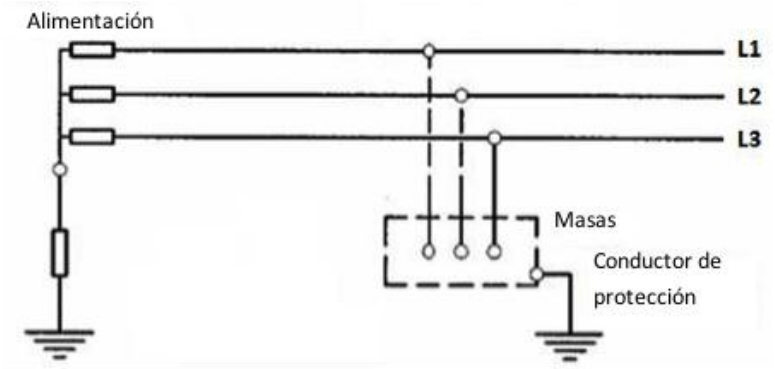
- Bajada desde bandejas de estructuras hasta tubos enterrados en zanja
- Entradas y salidas de CN1 hasta tubos enterrados en zanja

1.5.7 Instalación de puesta a tierra de la instalación de BT

En la **instalación de baja tensión de corriente continua** no se dispone de interruptor diferencial de corte automático. Por esta razón las medidas de protección contra los contactos indirectos se asegurarán empleando materiales de CLASE II y conjuntos de aparamenta montados en fábrica con un aislamiento total. Todas las masas de la instalación de corriente continua en baja tensión se conectarán a la red de tierra que se proyecta para la instalación en BT de corriente alterna.

La **instalación de baja tensión en corriente alterna de generación** (transformadores e inversores), responde a un **sistema de conexión del neutro y de las masas en redes de distribución eléctrica tipo IT.**

El **esquema IT** no tiene ningún punto de la alimentación conectado directamente a tierra. Las masas de la instalación receptora están puestas directamente a tierra

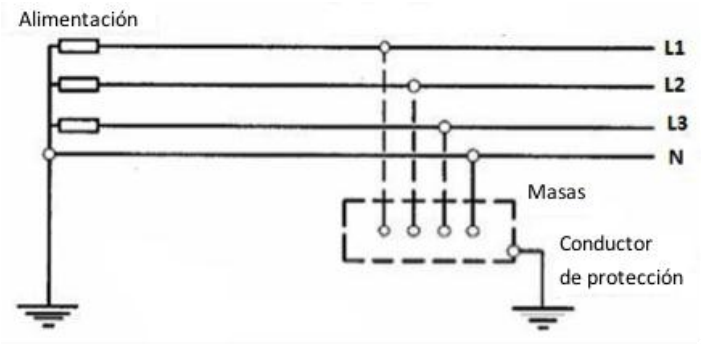


En este esquema *la intensidad resultante de un primer defecto fase-masa o fase-tierra, tiene un valor lo suficientemente reducido como para no provocar la aparición de tensiones de contacto peligrosas*.

La limitación del valor de la intensidad resultante de un primer defecto fase-masa o fase-tierra se obtiene bien por la ausencia de conexión a tierra en la alimentación, o bien por la inserción de una impedancia suficiente entre un punto de la alimentación (generalmente el neutro) y tierra. A este efecto puede resultar necesario limitar la extensión de la instalación para disminuir el efecto capacitivo de los cables con respecto a tierra.

Según esto, para el esquema IT la toma de tierra elegida no es determinante en el diseño de la instalación de puesta a tierra. Por esto, se elige aquella configuración de electrodos que se considere más óptima, comprobando que la resistencia de puesta a tierra resultante es similar a la de un sistema convencional con diferencial.

La **instalación de baja tensión en corriente alterna de servicios auxiliares** (transformadores, alimentación a cuadros, etc.), responde a un **sistema de conexión del neutro y de las masas en redes de distribución eléctrica tipo TT.**



El esquema TT tiene un punto de alimentación, generalmente neutro o compensador, conectado directamente a tierra. Las masas de la instalación receptora están conectadas a una toma de tierra separada de la toma de tierra de la alimentación.

En este esquema las intensidades de defecto fase-masa o fase-tierra pueden tener valores inferiores a los de cortocircuito, pero pueden ser suficientes para provocar la aparición de tensiones peligrosas.

En general, el bucle de defecto incluye resistencia de paso a tierra en alguna parte del circuito de defecto, lo que no excluye la posibilidad de conexiones eléctricas voluntarias o no, entre la zona de toma de tierra de las masas de la instalación y la de la alimentación.
No se tienen en cuenta las posibles conexiones entre ambas zonas de toma de tierra para la determinación de las condiciones de protección.

El valor de la resistencia de puesta a tierra deberá mantenerse a lo largo del tiempo, teniendo en cuenta los requisitos generales indicados y los requisitos particulares de las Instrucciones Técnicas aplicables a cada instalación.

Se conectarán a la red de tierra de protección de alterna los siguientes elementos de la instalación:

- Carcasas de inversores.
- Masas de cuadros eléctricos (CGBT, CN2, Cuadros de CyS).
- Otras masas.
- Masas de cajas de nivel 1.
- Estructuras metálicas de sujeción de paneles.

En este caso en concreto, las masas correspondientes a los elementos del sistema IT compartirán la instalación de puesta a tierra de protección con la del sistema TT.

Las instalaciones de puesta a tierra de protección de baja tensión de la instalación fotovoltaica PSFV SEBIS 1, también ***serán independientes de las instalaciones de puesta a tierra de protección de media tensión*** **(centros de transformación).** Esto se realiza así para evitar que durante la evacuación de un defecto a tierra en el centro de transformación, las masas de la instalación de utilización puedan quedar sometidas a tensiones de contacto peligrosas.

1.5.7.1 Tomas de tierra

Se realizarán dos tipos de tomas de tierra separadas:

- **Toma de tierra equipotencial**: toma de tierra distribuida por la instalación, formada por un conductor desnudo en el fondo de las zanjas de CC, que harán recorridos N-S

- **Toma de tierra de protección**: toma de tierra por cada **CT y** en el **CE**, para la protección de los elementos de BT de los mismos.

Toma de tierra equipotencial

Para esta toma de tierra se utilizará un electrodo formado por cable de cobre desnudo de 35mm^2.

La longitud menor (más desfavorable) de este electrodo corresponde al recorrido N-S del CT2. Su valor es de **130m**.

Con esta longitud, y una resistividad del terreno estimada en 300Ω.m se obtiene una **resistencia de puesta a tierra de 8Ω.**

Toma de tierra de protección

El dispositivo de protección, contra los contactos indirectos, debe separar la alimentación del circuito o del material protegido de tal forma que, tras un defecto entre una parte activa y masa en el circuito o el material, no se pueda mantener una tensión de contacto superior a **12V**.

Sin tener en cuenta el valor de la tensión de contacto, se admite un tiempo de interrupción no superior a los 5 segundos, pero el tiempo de apertura real viene dado por el interruptor elegido.

Para ello se selecciona un **dispositivo de protección diferencial automática** de **300 mA** de sensibilidad y tiempo de corte de 0,3 s.

Según esto la resistencia de puesta a tierra, para el caso más desfavorable que es cuando se produce el contacto de un conductor activo con una carcasa metálica sin resistencia. Debe tener un **valor máximo** de 40Ω

Se elige una **configuración en línea de 4 picas de 2 m de longitud con separación de 3m entre ellas y a una profundidad del suelo de 0,5 m**.

El coeficiente de resistividad (Ω/Ω.m) para esta configuración (UNESA 5/32) elegida es Kr = 0,104 Ω/Ω.m. Para una resistividad del terreno estimada en 300Ω.m, la resistencia de puesta a tierra que supone la configuración elegida es de 31,2Ω < 40Ω.

Aunque no se trata de instalaciones de BT próximas a centros de transformación (CT), se deben cumplir que las masas de la instalación de BT puestas a tierra no estén unidas a la toma de tierra de las masas de los transformadores, para evitar que en caso de existir un defecto a tierra en el trafo, la instalación fotovoltaica quede sometida a tensiones de contacto peligrosas.

1.5.7.2 Conductores de protección y conductores de tierra

En el circuito de conexión a tierra, los **conductores de protección** unirán las masas al conductor de tierra.

Las secciones del cableado de puesta a tierra se hacen en referencia a las secciones de los conductores de fase, los cuales se calculan por intensidad máxima. La sección del conductor de protección en función de las secciones de los conductores de fase, será:

Sección de los conductores de fase de la instalación S (mm^2)	**Sección mínima de los conductores de protección Sp (mm^2)**
$S \leq 16$	$S_p = S$
$16 < S \leq 35$	$S_p = 16$
$S > 35$	$S_p = S/2$

Cuando sea común a varios circuitos, la sección del conductor será el correspondiente a la mayor sección de los conductores de fase.

Los conductores de protección serán comunes a todos los circuitos de cada uno de los sistemas de puesta a tierra y de las siguientes secciones:

- Centros de Transformación.....Al 120mm^2
- Centro de Entrega .....Cu 16mm^2
- Cajas de Nivel 1 .....Cu 6mm^2

La sección de los **conductores de tierra** no será inferior a la mínima exigida para los conductores de protección.

1.5.7.3 Conductor de Equipotencialidad

Los conductores de equipotencialidad que unen las estructuras de los módulos a tierra serán de **16 mm^2 y será de cobre.**

1.5.7.4 Bornes de puesta a tierra

Se prevé un borne principal de tierra por cada uno de los sistemas existentes de puesta a tierra, al cual deben unirse los conductores siguientes:

- Los conductores de tierra.
- Los conductores de protección.
- Los conductores de unión equipotencial.

Debe preverse en lugar accesible, un dispositivo que permita medir la resistencia de la toma de tierra correspondiente. Este dispositivo debe ser desmontable, tiene que ser mecánicamente seguro y debe asegurar la continuidad eléctrica.

1.5.8 Instalación de Control y Monitorización

El sistema de control completo de la planta solar fotovoltaica ARDEA estará constituido por un sistema de supervisión y mando local (SCADA).

El sistema de control será el encargado de adquirir los datos desde los PLCs de campo, visualizarlos y almacenarlos, además, estará comunicado con el SCADA del despacho de producción, a ubicar en las oficinas centrales del promotor, de manera que se pueda llevar a cabo una monitorización y gestión integral de todos los parques solares fotovoltaicos del mismo promotor.

Con la información suministrada por la red de PLCs, el sistema local de supervisión y mando SCADA tendrá una visión completa del estado del parque y permitirá un mejor aprovechamiento del mismo, permitiendo detectar averías en tiempo real, tomar medidas correctoras que eviten la inutilización de un equipo y la correspondiente perdida de producción así como la adopción de medidas correctoras que eviten la inutilización de un inversor y la correspondiente perdida de producción.

Las señales tomadas se describen en el propio proyecto de monitorización, que se adjunta como Anexo.

1.5.8.1 Estación Meteorológica

La estación meteorológica incorporará los siguientes sensores:

- 2 Medidas de radiación con Piranómetro Horizontal (horizontal y con la inclinación del módulo)
- 1 Medida de velocidad del viento con anemómetro.
- 1 Medida de temperatura ambiente.
- 1 Medida de la temperatura de un módulo cercano
- 2 células calibradas (descritas posteriormente)

Todas las variables serán leídas con una frecuencia de 10 segundos.

Se instalará 1 estación meteorológica sobre torre de celosía en las inmediaciones del Centro de Transformación 2.

1.5.8.2 Células calibradas

Se instalarán dos (2) células calibradas de tecnología equivalente a los módulos de la instalación (silicio policristalino) para medir la radiación en el plano horizontal y en el plano de los paneles.

Se situará adosada a la estructura de sujeción de los paneles, en las inmediaciones del Centro de Transformación 2, para llevar su señal a la estación meteorológica.

1.5.9 Centro de Control

El parque fotovoltaico dispondrá de un edificio para control del parque cuya representación se adjunta en los planos.

El centro de control consta de una envolvente de hormigón (tipo caseta), de estructura monobloque, en cuyo interior se incorporan todos los componentes de control y de seguridad. La superficie construida del edificio será de 9 m^2 útiles.

1.5.9.1 Envolvente

La envolvente está compuesta por hormigón armado vibrado y tiene las inserciones necesarias para su manipulación.

La placa base está formada por una losa de forma rectangular con una serie de bordes elevados, que se une en sus extremos con las paredes. En su perímetro se sitúan los orificios de paso de los cables de BT y control. Estos orificios están semiperforados, realizándose en obra la apertura de los que sean necesarios para cada aplicación.

1.5.9.2 Placa piso

Sobre la placa base, y a una altura de unos 600 mm, se sitúa la placa piso, permitiendo este espacio el paso de cables de BT y control, a los que se accede a través de unas troneras cubiertas con losetas.

1.5.9.3 Accesos

En la pared frontal se sitúa la puerta de acceso de personas, y en la trasera las rejillas de ventilación. Todos estos materiales están fabricados en chapa de acero.

1.5.9.4 Ventilación

Las rejillas de ventilación están formadas por lamas en forma de "V" invertida, diseñadas para formar un laberinto que evita la entrada de agua de lluvia en el Centro de Control, e interiormente se complementa con una rejilla con malla mosquitera.

1.5.9.5 Acabado

El acabado de las superficies exteriores se efectúa con pintura de color RAL 1001.
Las piezas metálicas expuestas al exterior están tratadas adecuadamente contra la corrosión.

1.5.9.6 Cimentación

Para la ubicación del Centro de Control es necesaria una excavación, sobre cuyo fondo se extiende una capa de arena compactada y nivelada de unos 150 mm de espesor.

1.5.9.7 Características detalladas

Accesos	
Puertas de acceso peatón	1 puerta
Dimensiones exteriores	
Longitud:	4.000 mm
Fondo:	2.500 mm
Altura:	2.600 mm
Altura vista:	2.490 mm
Dimensiones de la excavación	
Longitud:	5.200 mm
Fondo:	3.700 mm
Profundidad:	600 mm

1.5.10 Instalación de Servicios Auxiliares (SS.AA.)

Para llevar a cabo distintas funciones relacionadas con la generación, es necesario un suministro independiente, por lo que se diseñará una red de Baja Tensión que alimente a todos los consumidores de la instalación.

Esta red, partirá de una Caja de Protección y Medida montada sobre poste, en el exterior de la planta, con una potencia máxima de 50 kVA.

Se alimentará en 400 V trifásicos a los distintos puntos de consumo de:

- Centro de Entrega
- Centro de Control
- Centros de Transformación e Inversores
- Cajas de Nivel 1

La topología de la distribución será en estrella, y el esquema de puesta a tierra de masas y neutro seguirá un esquema TT.

1.5.10.1 Línea General de Alimentación

Se trata de una línea que tiene su origen en la CPM y llega hasta el CGBT situado en el Centro de Transformación nº 5.

Los conductores empleados serán de Aluminio, unipolar y aislado, del tipo AL-RV (Energy RV AL de General Cable o equivalente).

1.5.10.2 Cuadros de Baja Tensión

La instalación de SSAA partirá de un CGBT situado en el CT5, del que partirán líneas de alimentación hacia los Cuadros Secundarios:

- Cuadros Secundarios de cada CT
- Cuadro Secundario del Centro de Entrega
- Cuadro Secundario del Centro de Control (cuya alimentación provienen del Cuadro del Centro de Entrega)

En estos cuadros secundarios se instalarán las protecciones de cada circuito de distribución, y en cabecera tendrá un interruptor seccionador de corte en carga, que permitirá aislarlo en caso necesario.

Los cuadros serán del tipo armario o cofret estanco.

1.5.10.3 Distribución a receptores

Los conductores a emplear serán:

- 0,6/1 kV RV-K **en canalización subterránea**, hasta las cajas de nivel 1.
- 0,6/1kV RV-K **en bandeja de PVC**, hasta los receptores situados en el interior de los Centros (alumbrado, tomas de corriente,…)

Las canalizaciones empleadas permitirán ampliaciones futuras de, al menos, un 50% de su capacidad.

En el caso de las subterráneas, las zanjas tendrán siempre un ancho de 50cm, y una profundidad que dependerá del número de tubos a instalar.

1.5.11 Línea Subterránea de MT

Se trata de la línea subterránea que une todos los Centros de Transformación entre sí y además con el Centro de Entrega.

La línea de MT conformará un anillo abierto, distribuyéndose la entrega de energía al centro de Entrega entre las dos ramas del anillo.

El objetivo de realizar un anillo abierto es la posibilidad de que en caso de avería de un tramo, solo se deje de verter la energía proveniente de la instalación fotovoltaica asignada a ese tramo. Para ello, toda la línea que forma el anillo deberá estar dimensionada para evacuar el total de la energía de la instalación fotovoltaica.

1.5.11.1 Intensidad de Cortocircuito, Icc

Para el cálculo de la línea subterránea de MT es necesario conocer la intensidad de cortocircuito, Icc, a la que estaría sometida.

Según los datos proporcionados por ENEL, en la Subestación de Sebis se pueden considerar los siguientes valores:

Tensión nominal:	U	20 kV
Nivel de aislamiento:		24 kV
Tiempo de actuación de las protecciones:		500 ms
Potencia de cortocircuito:	S_{cc}	178 MVA

Por lo tanto, la impedancia de la red será:

$$Z_A = \frac{U^2}{S_{cc}} = \frac{\left(20 \cdot 10^3\right)^2}{178 \cdot 10^6} = 2{,}247\,\Omega$$

En redes de 20 kV, se estima que:

$$\frac{R_A}{X_A} \approx 0{,}2 \quad \Rightarrow \quad X_A \approx 0{,}98 \cdot Z_A = 2{,}20\,\Omega \quad \text{y} \quad R_A = 0{,}2 \cdot X_A = 0{,}44\,\Omega$$

		R	X
		Ω	Ω
Impedancia de la Red	Z_A	0,44	2,20

Por otra parte, la línea que alimenta el parque, partiendo de la subestación, tendrá las siguientes características (según se define en proyecto independiente):

- Longitud: 11.700 m
- Conductor: ARE4H5X (Aluminio, tripolar hélice visible)
- Sección: 185 mm^2

Y dicho conductor, tienen los siguientes datos:

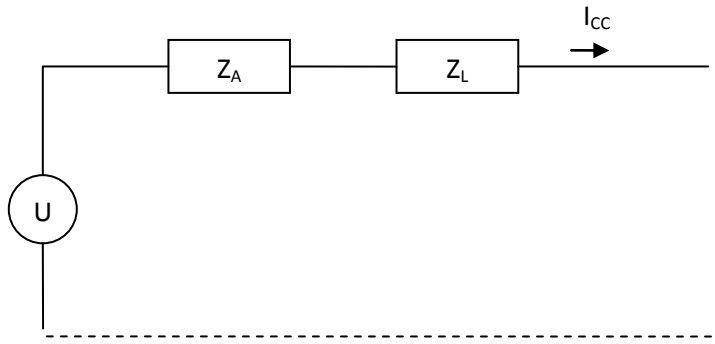
Sección mm²	Resistencia Máx. a 90ºC Ω /km	Reactancia por fase Ω /km	Temperatura máxima en servicio permanente ºC	Temperatura máxima en cortocircuito (t < 5s) ºC
185	0,204	-	90	>250

Por lo tanto, para los 11,7 km de línea:

		R	X
		Ω	Ω
Impedancia de la línea de evac.	Z_L	2,387	-

En caso de producirse un cortocircuito en narras del Centro de Entrega, estaría alimentado únicamente por la red, ya que la instalación fotovoltaica tiene una intensidad de cortocircuito intrínsecamente limitada.

El esquema equivalente para el cálculo de la corriente de cortocircuito sería el siguiente:



La intensidad total permanente de cortocircuito en la falta será, por tanto:

$$I_{CC} = \frac{U}{\sqrt{3}\cdot(Z_A + Z_L)} = \frac{20\cdot10^3}{\sqrt{3}\cdot\sqrt{2{,}83^2 + 2{,}20^2}} = 3.224\ A$$

- **INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO..... I_{cc} = 3.224 A.**

1.5.11.2 Características de la línea subterránea

Conectando todos los CT's, el anillo de MT tendrá que ser calculado para evacuar la totalidad de la potencia de la instalación fotovoltaica, esto es, 7,5 MW.

Las características de dicha línea:

- Longitud: 3.100 m
- Potencia máxima transportada: 7,5 MW
- Clase de corriente: Alterna trifásica
- Frecuencia: 50 Hz
- Tensión nominal de la red: 20 kV
- Tensión más elevada de la red: 24 kV

1.5.11.3 Características del cable utilizado

Se utilizará únicamente cable de aislamiento de dieléctrico seco de las características esenciales siguientes:

- Conductor: Aluminio compacto, sección circular, clase 2 (EN 60.228: Conductores de cables aislados).
- Pantalla sobre el conductor: Capa de mezcla semiconductora aplicada por extrusión.
- Aislamiento: Mezcla a base de etileno propileno de alto módulo (HEPR)
- Pantalla sobre el aislamiento: Una capa de mezcla semiconductora pelable no metálica aplicada por extrusión, asociada a una corona de alambre y contraespira de cobre.
- Cubierta: Compuesto termoplástico a base de poliolefina y sin contenido de componentes clorados u otros contaminantes.

Tipo constructivo	Tensión Nominal (kV)	Sección Conductor (mm^2)
HEPRZ1	12/20	185

Algunas otras características importantes son:

Sección mm^2	Resistencia Máx. a 90ºC Ω /km	Reactancia por fase Ω /km	Capacidad μ F/km	Temperatura máxima en servicio permanente ºC	Temperatura máxima en cortocircuito (t < 5s) ºC
185	0,204	0,106	0,366	105	>250

1.5.11.4 Canalizaciones

El cableado en MT del interior del parque (anillo de MT que une los CT) y parte de la línea de evacuación, también en MT, se llevarán por conductos enterrados en zanjas.

Las zanjas para la MT serán de 50 cm de ancho y 110 cm de profundidad.

Los tubos alojados en las zanjas destinados a la canalización de MT serán 3 x de diámetro 160mm.

Los tubos podrán ir colocados un solo plano. Por dos de ellos discurrirá la línea de MT y el tercero será de reserva.
En el fondo de la zanja y en toda la extensión se colocará una solera de limpieza de 0,05 m de espesor de arena, sobre la que se depositarán los tubos dispuestos por planos. A continuación se colocará otra capa de arena con un espesor de 0,25 m por encima de los tubos y envolviéndolos completamente.

Sobre esta capa se colocarán los circuitos de comunicaciones y BT, en caso de compartir zanja. Por último, se hace el relleno de la zanja; para este rellenado se utilizará todo-uno, zahorra o arena.

En aquellos tramos en los que la zanja discurra bajo un vial, se sustituirá la capa de arena por hormigón, de manera que los tubos queden protegidos mecánicamente frente al tráfico rodado.

Los tubos utilizados y su distribución se muestran en el plano de Canalizaciones y Secciones de Zanjas.

1.5.12 Centros de Transformación

Los Centros de Transformación CT adecuan la tensión generada por los inversores de la instalación fotovoltaica a la de la red de MT.

La potencia total de inversores de esta la instalación es de 7,5 MW, repartiéndose en 8 Centros de Transformación, repartidos de la siguiente forma:

- CT1 a CT7: 1.250 kVA
- CT8: 630 kVA

En cada uno de ellos habrá un solo transformador, de la misma potencia que el CT.

Cada centro de transformación tendrá los siguientes elementos:

- **Envolvente de hormigón prefabricado** para alojar la aparamenta eléctrica.
- **Componentes eléctricos**
  - **Conexión al anillo de MT:** constituida por 2 celdas de línea.
  - **Protección del transformador:** Constituida por 1 celda de protección mediante interruptor auntomático de vacío, que protege el transformador.
  - **Transformador de Potencia:** transforma la tensión de salida de los inversores (BT) a la tensión de operación de la línea eléctrica a la que se conectan (MT). El CT dispone de 1 transformador de tensión, de potencia 630 kVA ó 1.250 kVA.
  - **1 inversor (CT8) o 2 inversores (CT1 a CT7) de 500 kW:** Transforman la corriente continua proveniente de los paneles fotovoltaicos en corriente alterna, a la tensión trifásica de 400V.
- **Componentes Auxiliares**
  - Alumbrado
  - Circuitos de control y protección.
  - Sistemas de Seguridad

1.5.12.1 Edificio prefabricado del CT

El Centro de Transformación objeto de este proyecto consta de una única envolvente, en la que se encuentra toda la aparamenta eléctrica, máquinas y demás equipos.

Para el diseño de este Centro de Transformación se han tenido en cuenta todas las normativas de aplicación.

1.5.12.1.1 Características de los materiales

El Centro de Transformación, de superficie y maniobra interior (tipo caseta), consta de una envolvente de hormigón, de estructura monobloque, en cuyo interior se incorporan todos los componentes eléctricos, desde la aparamenta de MT, hasta los cuadros de BT, incluyendo los transformadores, inversores, dispositivos de control e interconexiones entre los diversos elementos.

1.5.12.1.2 Envolvente

La envolvente de estos centros es de hormigón armado vibrado. Se compone de dos partes: una que aglutina el fondo y las paredes, que incorpora las puertas y rejillas de ventilación natural, y otra que constituye el techo.
Las piezas construidas en hormigón ofrecen una resistencia característica de 300 kg/cm². Además, disponen de una armadura metálica, que permite la interconexión entre sí y al colector de tierras. Esta unión se realiza mediante latiguillos de cobre, dando lugar a una superficie equipotencial que envuelve completamente al centro. Las puertas y rejillas están aisladas eléctricamente, presentando una resistencia de 10 kOhm respecto de la tierra de la envolvente.

Las cubiertas están formadas por piezas de hormigón con inserciones en la parte superior para su manipulación.

En la parte inferior de las paredes frontal y posterior se sitúan los orificios de paso para los cables de MT y BT. Estos orificios están semiperforados, realizándose en obra la apertura de los que sean necesarios para cada aplicación. De igual forma, dispone de unos orificios semiperforados practicables para las salidas a las tierras exteriores.

El espacio para el transformador dispone de dos perfiles en forma de "U", que se pueden deslizar en función de la distancia entre las ruedas del transformador.

1.5.12.1.3 Placa piso

Sobre la placa base y a una altura de unos 500 mm se sitúa la placa piso, que se sustenta en una serie de apoyos sobre la placa base y en el interior de las paredes, permitiendo el paso de cables de MT y BT a los que se accede a través de unas troneras cubiertas con losetas.

1.5.12.1.4 Accesos

En la pared frontal se sitúan las puertas de acceso a la zona de celdas, la puerta del transformador y las rejillas de ventilación. En uno de los laterales se encuentra la puerta de

acceso a la zona de inversores (BT). Las puertas tienen abertura de 180º. Todos estos materiales están fabricados en chapa de acero.

Las puertas de acceso de peatón disponen de un sistema de cierre con objeto de garantizar la seguridad de funcionamiento para evitar aperturas intempestivas de las mismas. Para ello se utiliza una cerradura que ancla la puerta en dos puntos, uno en la parte superior y otro en la inferior.

1.5.12.1.5 Ventilación

Las rejillas de ventilación están formadas por lamas en forma de "V" invertida, diseñadas para formar un laberinto que evita la entrada de agua de lluvia en el Centro de Transformación, e interiormente se complementa con una rejilla con malla mosquitera.

1.5.12.1.6 Acabado

El acabado de las superficies exteriores se efectúa con pintura de un color que no desntone con el entorno.
Las piezas metálicas expuestas al exterior están tratadas adecuadamente contra la corrosión.

1.5.12.1.7 Varios

Sobrecargas admisibles y condiciones ambientales de funcionamiento según normativa vigente.

1.5.12.1.8 Características detalladas

Trafos	
Nº de transformadores	1
Tipo de ventilación	Normal
Accesos	
Puertas de acceso celdas	1 puerta
Puertas de acceso trafo	1 puerta
Puertas de acceso inversores	1 puerta
Dimensiones exteriores	
Longitud:	10.000 mm
Fondo:	2.500 mm
Altura:	3.135 mm
Altura vista:	2.490 mm
Dimensiones interiores	
Longitud:	9.800 mm
Fondo:	2.300 mm
Altura:	2.400 mm

1.5.12.2 Componentes Eléctricos

La red a la cual se conecta el Centro de Transformación es del tipo subterráneo, con una tensión de 20 kV, , y una frecuencia de 50 Hz.

La intensidad de cortocircuito en MT es la misma que la calculada para la línea, es decir, 3.224 A.

1.5.12.2.1 Celdas

Las celdas empleadas serán prefabricadas, con envolvente metálica, con aislamiento y corte en gas.

Las celdas empleadas habrán de permitir la extensibilidad "in situ" del centro, de forma que sea posible añadir más líneas o cualquier otro tipo de función, sin necesidad de cambiar la aparamenta previamente existente en el centro.

Las celdas podrán incorporar protecciones del tipo autoalimentado, es decir, que no necesitan imperativamente alimentación externa. Igualmente, estas protecciones serán electrónicas, dotadas de curvas CEI normalizadas (bien sean normalmente inversas, muy inversas o extremadamente inversas), y entrada para disparo por termostato sin necesidad de alimentación auxiliar.

Las características generales de las celdas serán las siguientes:

DATOS CELDAS		
Magnitud	**Valor**	**Unidades**
Tensión Asignada	24	kV (ef)
Nivel Aislam a frec ind, 50 Hz, 1 min	50	kV (ef)
Nivel Aislam Onda Choque, 1,2/50us	125	kV (cresta)
I asignada Embarrado	630	A

En la descripción de cada celda se incluyen los valores propios correspondientes a las intensidades nominales, térmica y dinámica, etc.

- **Entrada y salida del anillo + protección del Transformador: Conjunto compacto 2L+V (2 funciones de Línea con Interruptor-seccionador + 1 función de protección mediante interruptor automático de vacío)**

Se trata de un módulo compacto con envolvente metálica, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre.
Las funciones de línea incorporan un interruptor-seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida.

La función de protección de transformador incorpora también un interruptor-seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida, y en serie con él, un interruptor automático de corte en vacío, combinado a ese interruptor.
Presenta también captadores capacitivos para la detección de tensión en los cables de acometida y 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.

Características eléctricas:	
Tensión asignada:	24 kV
Intensidad asignada en el embarrado:	630 A
Intensidad de cortocircuito (3 s):	16 kA
Poder de cierre:	40 kA
Nivel de aislamiento: frecuencia industrial (1 min)	50 kV
Tensión ensayo de impulso:	125 kV
Capacidad de corte:	40 kA
Características físicas:	
Ancho:	1021 mm
Fondo:	765 mm
Alto:	1336 mm
Otras características constructivas:	
Mando interruptor:	manual

1.5.12.2.2 Transformador de CT1 a CT7: Transformador resina 24 kV, 1.250 kVA.

Transformador trifásico, que eleva la tensión de salida de los inversores hasta la tensión de la red de MT, construido según las normas citadas anteriormente, de potencia **1.250 kVA,** de pérdidas reducidas y refrigeración natural, de tensión primaria 20 kV y tensión secundaria 400 V en vacío.

Este transformador será de doble devanado en el secundario (baja tensión), de manera que los dos inversores que a él se conectan queden aislados galvánicamente.

El transformador ha de estar preparado para trabajar con inversores pulsados. Esto significa que ha de soportar tensiones de hasta ±1.450 V respecto a tierra. El valor eficaz de dicha tensión es de 800 V como máximo.

Asimismo debe estar diseñado para soportar gradientes de tensión respecto a tierra de hasta 500 V/µs en sus devanados de BT. Deberá incorporar un devanado de pantalla entre los correspondientes de BT, conectado a tierra, que actuará como filtro adicional dU/dt.

No se requiere neutro accesible en el secundario de BT. En todo caso, si fuera accesible, no debe ser conectado o puesto a tierra.

La impedancia de cortocircuito respecto a cada inversor ha de tener un valor de un 6%; de la misma forma, entre los devanados de BT ha de ser de un 10%.

Características eléctricas:	
Potencia nominal:	1.250 kVA
Tensión nominal primario:	20.000 V
Tensión nominal secundario:	400 V
Frecuencia:	50 Hz
Pérdidas en vacío:	3.400 W
Pérdidas en CC:	11.500 W

Otras características constructivas	
Regulación en el primario	- 2,5%, + 2,5%, + 5%, + 7,5%
Tensión de cortocircuito:	6% a 75ºC
Servicio	Inversor pulsado
Secundario	Doble devanado
Grupo de conexión	Dy11y11
Protección incorporada al transformador	Termómetro
Peso:	2.600 kg

1.5.12.2.3 Transformador de CT8: Transformador resina 24 kV, 630 kVA.

Transformador trifásico, que eleva la tensión de salida de los inversores hasta la tensión de la red de MT, construido según las normas citadas anteriormente, con neutro accesible en el secundario, de potencia **630 kVA** y refrigeración natural, de tensión primaria 20 kV y tensión secundaria 400 V en vacío.

Características eléctricas:	
Potencia nominal:	630 kVA
Tensión nominal primario:	20.000 V
Tensión nominal secundario:	400 V
Frecuencia:	50 Hz
Pérdidas en vacío:	1.250 W
Pérdidas en CC:	7.800 W

Otras características constructivas	
Regulación en el primario	- 2,5%, - 5%, + 2,5%, + 5%
Tensión de cortocircuito:	6% a 75ºC
Servicio	Inversor pulsado
Grupo de conexión	Dy11
Protección incorporada al transformador	Termómetro
Peso:	1.950 kg

1.5.12.2.4 Aparamenta de Baja Tensión

El Cuadro General de Baja Tensión protegerá las entradas desde los inversores.

- **Cuadro General de Baja Tensión: Interruptores magnetotérmicos**

El Cuadro General de Baja Tensión (CGBT) tiene la función de recibir los circuitos provenientes de los inversores y entregarlos al circuito principal de BT del transformador MT/BT.

Se instalará 1 cuadro, con un total de entradas que dependerá del CT:

- CT1 a CT7: 2 entradas
- CT8: 1 entrada

El cuadro tiene las siguientes características:

Características generales

- Interruptores magnetotérmicos de calibre 800A y poder de corte 36kA.
- Contador de la energía producida porcada inversor conectado al CT
- Cuadro de servicios auxiliares, con interruptores automáticos y diferenciales
- Control de temperatura ambiental, con mando a extractores de inversores
- Controlador Permanente de Aislamiento para la red IT de la BT de Generación
- Controlador de sobretemperatura del transformador BT/MT

Características eléctricas	
Tensión asignada:	400 V
Intensidad embarrado	1.200 / 2.400 A
Intensidad CC	50 kA
Nivel de aislamiento: frecuencia industrial (1 min)	
a tierra y entre fases:	10 kV
entre fases:	2,5 kV
Tensión de ensayo de impulso:	20 kV

Características físicas	
Grado de protección	IP31
Anchura:	1.910 mm
Fondo:	860 mm
Altura:	2.200 mm

1.5.12.2.5 Interconexiones de Media Tensión y Baja Tensión

- **Interconexiones de MT (Puentes MT Transformadores)**

Cables MT 12/20 kV del tipo DHZ1, unipolares, con conductores de sección y material 1x50 Al.

- **Interconexiones de BT (Puentes BT - B2 Transformadores)**

Juego de puentes de cables de BT, de sección y material 1x240 Cu (Etileno-Propileno) sin armadura, y todos los accesorios para la conexión, formados por un grupo de cables en la cantidad 4 x fase (CT1 a CT7) o 2 x fase (CT08).

1.5.12.3 Equipos y Componentes auxiliares

1.5.12.3.1 Puesta a tierra

- **Tierra de protección**

Todas las partes metálicas no unidas a los circuitos principales de todos los aparatos y equipos de MT instalados en el Centro de Transformación se unen a la tierra de protección: envolventes de las celdas, rejillas de protección, carcasa de los transformadores, etc., así como la armadura del edificio. No se unirán, por contra, las rejillas y puertas metálicas del centro, si son accesibles desde el exterior.

Los diseños preliminares de las instalaciones de PaT se realizan basándose en las configuraciones tipo presentadas en el Anexo 2 del método de cálculo de instalaciones de PaT de UNESA. La configuración propuesta es asimilable a la **80-40/8/82**. Estará formado por un rectángulo de 11x3,5m, rodeando al edificio del CT, con 8 picas de 2m de longitud, enterradas a una profundidad de 0,8m.

- **Tierra de servicio**

En la parte de generación, la configuración de puesta a tierra corresponde con un sistema de conexión del neutro según un esquema IT. En este tipo de esquema el neutro no se conecta a tierra.
No obstante, se diseñará una puesta a tierra de protección de BT, y que responde a una configuración **5/62**, compuesta por 6 picas en hilera, a una separación de 3m entre ellas, de longitud 2m, enterradas a una profundidad de 0,5m.

1.5.12.3.2 Equipos de iluminación

Equipo de alumbrado que permita la suficiente visibilidad para ejecutar las maniobras y revisiones necesarias en los centros.
Equipo autónomo de alumbrado de emergencia y señalización de la salida del local.

1.5.12.3.3 Armario de primeros auxilios

El Centro de Transformación cuenta con un armario de primeros auxilios.

1.5.12.3.4 Defensa de transformadores: Protección física transformador

Protección metálica para defensa del transformador.

1.5.12.3.5 Medidas de seguridad

Para la protección del personal y equipos, se debe garantizar que:

- No será posible acceder a las zonas normalmente en tensión, si éstas no han sido puestas a tierra. Por ello, el sistema de enclavamientos interno de las celdas debe afectar al mando del aparato principal, del seccionador de puesta a tierra y a las tapas de acceso a los cables.

- Las celdas de entrada y salida serán con aislamiento integral y corte en gas, y las conexiones entre sus embarrados deberán ser apantalladas, consiguiendo con ello la insensibilidad a los agentes externos, y evitando de esta forma la pérdida del suministro en los Centros de Transformación interconectados con éste, incluso en el eventual caso de inundación del Centro de Transformación.

- Las bornas de conexión de cables y fusibles serán fácilmente accesibles a los operarios de forma que, en las operaciones de mantenimiento, la posición de trabajo normal no carezca de visibilidad sobre estas zonas.

- Los mandos de la aparamenta estarán situados frente al operario en el momento de realizar la operación, y el diseño de la aparamenta protegerá al operario de la salida de gases en caso de un eventual arco interno.

- El diseño de las celdas impedirá la incidencia de los gases de escape, producidos en el caso de un arco interno, sobre los cables de MT y BT. Por ello, esta salida de gases no debe estar enfocada en ningún caso hacia el foso de cables.

1.5.13 Centro de Entrega

En el Centro de Entrega se realiza la protección general de la planta, así como la medida global de la energía generada.

El centro de entrega y transformación tendrá los siguientes elementos:

- **Edificio prefabricado:** para alojar la aparamenta eléctrica.
- **Componentes Eléctricos:**
    - **Salida hacia la línea de evacuación**: por medio de una celda de línea.
    - **Medida de la energía global generada:** constituida por una celda con medida de tensión e intensidad.
    - **Interruptor de desconexión nocturna de la instalación FV**: constituida por 1 celda de protección mediante interruptor, motorizado, comandado por un reloj astronómico, para la desconexión por la noche, evitando así el consumo de los transformadores. También está dotada de seccionador y puesta a tierra.
    - **Protección general de la cabecera del anillo**: constituida por 2 celdas de protección mediante interruptor, que protegen de sobreintensidad. También está dotada de seccionador y puesta a tierra.
- **Componentes auxiliares:**
    - Sistema de Puesta a Tierra
    - Alumbrado
    - Circuitos de control y protección.
    - Sistemas de Seguridad

1.5.13.1 Edificio Prefabricado del CE

El Centro de Entrega consta de una única envolvente, en la que se encuentra toda la aparamenta eléctrica, máquinas y demás equipos.

1.5.13.1.1 Características de los materiales

El centro de entrega y transformación, de superficie y maniobra interior (tipo caseta), consta de una envolvente de hormigón, de estructura monobloque, en cuyo interior se incorporan todos los componentes eléctricos, desde la aparamenta de MT, hasta los cuadros de BT, incluyendo los transformadores, dispositivos de control e interconexiones entre los diversos elementos.

1.5.13.1.2 Envolvente

Los paneles que forman la envolvente están compuestos por hormigón armado vibrado y tienen las inserciones necesarias para su manipulación.

Las piezas construidas en hormigón ofrecen una resistencia característica de 300 kg/cm². Además, disponen de una armadura metálica, que permite la interconexión entre sí y al colector de tierras. Esta unión se realiza mediante latiguillos de cobre, dando lugar a una superficie equipotencial que envuelve completamente al centro. Las puertas y rejillas están aisladas eléctricamente, presentando una resistencia de 10 kΩ respecto de la tierra de la envolvente.

El transformador va ubicado sobre una "Meseta de Transformador" diseñada específicamente para distribuir el peso del mismo uniformemente sobre la placa base y recoger el volumen de líquido refrigerante del transformador ante un eventual derrame.

La placa base está formada por una losa de forma rectangular con una serie de bordes elevados, que se une en sus extremos con las paredes. En su perímetro se sitúan los orificios de paso de los cables de MT y BT. Estos orificios están semiperforados, realizándose en obra la apertura de los que sean necesarios para cada aplicación. De igual forma, dispone de unos orificios semiperforados practicables para las salidas a las tierras exteriores.

1.5.13.1.3 Placa piso

Sobre la placa base, y a una altura de unos 500 mm, se sitúa la placa piso, que se apoya en un resalte interior de las paredes, permitiendo este espacio el paso de cables de MT y BT, a los que se accede a través de unas troneras cubiertas con losetas.

1.5.13.1.4 Accesos

En la pared frontal se sitúa la puerta de acceso de peatones, (con apertura de 180º) y rejillas de ventilación. Todos estos materiales están fabricados en chapa de acero.

La puerta de acceso de peatón dispone de un sistema de cierre con objeto de garantizar la seguridad de funcionamiento para evitar aperturas intempestivas de la misma. Para ello se utiliza una cerradura que ancla la puerta en dos puntos, uno en la parte superior y otro en la inferior.

1.5.13.1.5 Ventilación

Las rejillas de ventilación están formadas por lamas en forma de "V" invertida, diseñadas para formar un laberinto que evita la entrada de agua de lluvia en el Centro de Entrega, e interiormente se complementa con una rejilla con malla mosquitera.

1.5.13.1.6 Acabado

El acabado de las superficies exteriores se efectúa con pintura de color que no esentone con el entorno.

Las piezas metálicas expuestas al exterior están tratadas adecuadamente contra la corrosión.

1.5.13.1.7 Varios

Sobrecargas admisibles y condiciones ambientales de funcionamiento según normativa vigente.

1.5.13.1.8 Características detalladas

Accesos	
Puertas de acceso peatón	1 puerta
Dimensiones exteriores	
Longitud:	4.460 mm
Fondo:	2.380 mm
Altura:	3.050 mm
Altura vista:	2.590 mm
Dimensiones interiores	
Longitud:	4.280 mm
Fondo:	2.200 mm
Altura:	2.360 mm

1.5.13.2 Componentes Eléctricos del CE

La red a la cual se conecta el Centro de Transformación es del tipo subterráneo, con una tensión de 20 kV, y una frecuencia de 50 Hz.

La intensidad de cortocircuito en MT es la misma que la calculada para la línea, es decir, 3.224 A.

1.5.13.2.1 Celdas

Las características generales de las celdas serán las siguientes:

DATOS CELDAS		
Magnitud	**Valor**	**Unidades**
Tensión Asignada	24	kV (ef)
Nivel Aislam a frec ind, 50 Hz, 1 min	50	kV (ef)
Nivel Aislam Onda Choque, 1,2/50us	125	kV (cresta)
I asignada Embarrado	630	A

En la descripción de cada celda se incluyen los valores propios correspondientes a las intensidades nominales, térmica y dinámica, etc.

➢ **Salida a línea de evacuación: Celda de línea**

La celda de línea, 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. Presenta también captadores capacitivos para la detección de tensión en los cables de acometida y 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.

Características eléctricas:	
Tensión asignada:	24 kV
Intensidad asignada en el embarrado:	630 A
Intensidad de cortocircuito (3 s):	16 kA
Poder de cierre:	40 kA
Nivel de aislamiento: frecuencia industrial (1 min)	50 kV
Tensión ensayo de impulso:	125 kV
Capacidad de corte:	40 kA
Capacidad de ruptura en bucle:	630 A
Otras características constructivas:	
Mando interruptor:	manual

➢ **Medida de la energía generada: Celda de medida**

La celda de medida es un módulo metálico, construido en chapa galvanizada, que permite la incorporación en su interior de los transformadores de tensión e intensidad que se utilizan para dar los valores correspondientes a los aparatos de medida, control y contadores de medida de energía.

Por su constitución, esta celda puede incorporar los transformadores de cada tipo (tensión e intensidad), normalizados en las distintas compañías suministradoras de electricidad.

La tapa de la celda cuenta con los dispositivos que evitan la posibilidad de contactos indirectos y permiten el sellado de la misma, para garantizar la no manipulación de las conexiones.

Características eléctricas	
Tensión asignada	24 kV
Transformadores de medida	
Nº y tipo de Trafo:	3 TI – 3TT
Características de los trafos de medida:	aislamiento seco
Transformadores de intensidad	
Función secundario:	facturación
Relación de transformación:	300 -600/5 A
Potencia:	10 VA

Clase de precisión :	0,2 S
Observaciones :	
Transformadores de tensión	
Nº de Secundarios	2
Función secundario 1:	facturación
Relación de transformación 1:	22000/√3-110/√3 V
Potencia 1:	25 VA
Clase de precisión 1:	0,2
Observaciones 1:	
Función secundario 2:	protección
Relación de transformación 2:	22000/√3-110/3 V
Potencia 2:	50 VA
Clase de precisión 2:	3P
Observaciones 2:	Con resistencia antirresonancia

- **Protección de la cabecera del anillo y desconexión nocturna: Celda con Interruptor automático de vacío**

La celda de interruptor automático de vacío está constituida por un módulo metálico con aislamiento en gas, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un seccionador rotativo de tres posiciones, y en serie con él, un interruptor automático de corte en vacío, enclavado con el seccionador.

La puesta a tierra de los cables de acometida se realiza a través del interruptor automático. La conexión de cables es inferior-frontal mediante bornas enchufables. 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.

Características eléctricas:	
Tensión asignada:	24 kV
Intensidad de cortocircuito (3 s):	16 kA
Poder de cierre:	40 kA
Nivel de aislamiento : frecuencia industrial (1 min)	50 kV
Tensión ensayo de impulso:	125 kV
Capacidad de corte:	40 kA

Otras características constructivas:	
Mando interruptor automático:	motorizado
Relé de protección:	50-51, 50N-51N, reloj astronómico[1]

[1] Para el interruptor de corte nocturno

1.5.13.3 Equipos y Componentes auxiliares

1.5.13.3.1 Puesta a tierra

- **Tierra de protección**

Todas las partes metálicas no unidas a los circuitos principales de todos los aparatos y equipos instalados en el Centro de Transformación se unen a la tierra de protección: envolventes de las celdas y cuadros de BT, rejillas de protección, carcasa de los transformadores, etc., así como la armadura del edificio. No se unirán, por contra, las rejillas y puertas metálicas del centro, si son accesibles desde el exterior.

Los diseños preliminares de las instalaciones de PaT se realizan basándose en las configuraciones tipo presentadas en el Anexo 2 del método de cálculo de instalaciones de PaT de UNESA. La configuración propuesta es asimilable a la **80-40/8/82**. Estará formado por un rectángulo de 11x3,5m, rodeando al edificio del CT, con 8 picas de 2m de longitud, enterradas a una profundidad de 0,8m.

1.5.13.3.2 Equipos de iluminación

Equipo de alumbrado que permita la suficiente visibilidad para ejecutar las maniobras y revisiones necesarias en los centros.

Equipo autónomo de alumbrado de emergencia y señalización de la salida del local.

1.5.13.3.3 Armario de primeros auxilios

El Centro de Transformación cuenta con un armario de primeros auxilios.

1.5.13.3.4 Medidas de seguridad

Para la protección del personal y equipos, se debe garantizar que:

- No será posible acceder a las zonas normalmente en tensión, si éstas no han sido puestas a tierra. Por ello, el sistema de enclavamientos interno de las celdas debe afectar al mando del aparato principal, del seccionador de puesta a tierra y a las tapas de acceso a los cables.

- Las celdas de entrada y salida serán con aislamiento integral y corte en gas, y las conexiones entre sus embarrados deberán ser apantalladas, consiguiendo con ello la insensibilidad a los agentes externos, y evitando de esta forma la pérdida del suministro en los Centros de Transformación interconectados con éste, incluso en el eventual caso de inundación del Centro de Transformación.

- Las bornas de conexión de cables y fusibles serán fácilmente accesibles a los operarios de forma que, en las operaciones de mantenimiento, la posición de trabajo normal no carezca de visibilidad sobre estas zonas.

- Los mandos de la aparamenta estarán situados frente al operario en el momento de realizar la operación, y el diseño de la aparamenta protegerá al operario de la salida de gases en caso de un eventual arco interno.

- El diseño de las celdas impedirá la incidencia de los gases de escape, producidos en el caso de un arco interno, sobre los cables de MT y BT. Por ello, esta salida de gases no debe estar enfocada en ningún caso hacia el foso de cables.

1.5.14 Obra Civil

En este apartado se describirá la obra civil de la presente instalación, que consta de:

- Vallado del perímetro de la zona ocupada por la instalación
- Centro de Transformación e Inversores
- Centro de Entrega
- Centro de Control
- Zanjas para conducciones de cableado y sistema de Puesta a Tierra (PaT)
- Construcción de viales para el acceso con maquinaria a los distintos puntos de la instalación

1.5.14.1 Vallado perimetral

Alrededor de las líneas de paneles se levantará una valla de seguridad, según se señala en el plano correspondiente.

La valla estrá formada por una malla metálica electrosoldada galvanizada y plastificada de 2 m de altura, de trama 5x5cm.

Los postes sobre los que se soporta la malla serán de tubo de acero galvanizado por inmersión, de diámetro 70mm. Estarán dotados de una bayoneta en su parte superior, para la instalación de alambre de espino. Se hincarán directamente sobre el terreno.

La malla estará levantada sobre el terreno 20cm, para no entorpecer el paso de pequeña fauna.

Sobre la valla se dispondrá una enredadera, que disminuirá el impacto visual de la misma.

1.5.14.2 Centro de transformación e inversores

1.5.14.2.1 Cimentación

Para la ubicación de los Centros de Transformación es necesaria una excavación, cuyas dimensiones serán las siguientes:

Dimensiones de la excavación	
Longitud:	10.500 mm
Fondo:	3.000 mm
Profundidad:	700 mm

El terreno sobre el cual deba ir situado el EP deberá haberse compactado previamente con un grado de compactación no menor al 90% de la densidad correspondiente para los materiales de relleno en el ensayo Proctor modificado.
La presión que el edificio prefabricado ejerza sobre el terreno no excederá de 1 kg/cm2.

Si el terreno encontrado a la profundidad de excavación no tuviera capacidad portante suficiente, se realizará una solera de hormigón que sea capaz de soportar los esfuerzos verticales producidos por su propio peso, los del piso, paredes, cubiertas y sobrecargas.

Previamente a su construcción, se habrá realizado el electrodo de puesta a tierra.

En caso de ser necesaria, la solera deberá cumplir los siguientes requisitos:

- será de hormigón armado, de varillas de 4 mm de diámetro y cuadro de 20 x 20 cm
- tendrá un grosor de 15 cm como mínimo
- sus dimensiones en longitud y anchura serán tales que abarquen la totalidad de la superficie del edificio, sobresaliendo como mínimo 25 cm por cada lado
- deberán establecerse tubos de paso para la conexión de PaT

Sobre el fondo de la excavación (o de la solera de hormigón, en su caso) se extenderá una capa de arena compactada y nivelada de unos 150 mm de espesor. En caso de extenderse sobre solera de hormigón, el espesor de la capa de arena se puede rebajar hasta 50 mm.

La cota de profundidad de la excavación, una vez hecho el lecho de arena será de 520 mm.

1.5.14.2.2 Acera perimetral

Alrededor del Centro de Transformación se dispondrá una acera de hormigón con las siguientes funciones:

- Mejorar el acceso al centro
- Mejorar el comportamiento del centro frente a las aguas de escorrentía superficial
- Mejorar el comportamiento del entorno del CT frente a tensiones de paso y contacto

La acera consistirá en una losa de espesor 15 cm de hormigón seco (ρs = 3000Ω.m), con una anchura, a partir de la fachada, de 1,5 m.

Dentro de la losa, y hasta 1 m de separación respecto a la fachada del centro, se colocará un mallazo electrosoldado con redondos de diámetro no inferior a 4 mm, formando una retícula de lado no inferior a 30 cm. Este mallazo se conectará a la puesta a tierra de protección del centro, al menos en dos puntos, preferiblemente opuestos. Quedará recubierto por un espesor de hormigón no inferior a 10 cm.

1.5.14.2.3 Características detalladas

Trafos	
Nº de transformadores	1
Tipo de ventilación	Normal
Accesos	
Puertas de acceso celdas	1 puerta
Puertas de acceso trafo	1 puerta
Puertas de acceso inversores	1 puerta
Dimensiones exteriores	
Longitud:	10.000 mm
Fondo:	2.500 mm
Altura:	3.135 mm
Altura vista:	2.490 mm
Dimensiones interiores	
Longitud:	9.800 mm
Fondo:	2.300 mm
Altura:	2.400 mm

1.5.14.3 Centro de entrega

1.5.14.3.1 Cimentación

La excavación necesaria para el Centro de Entrega tendrá las siguientes dimensiones:

Dimensiones de la excavación	
Longitud:	5.260 mm
Fondo:	3.180 mm
Profundidad:	560 mm

Las características de la cimentación serán análogas a las descritas para los Centros de Transformación e Inversores.

La cota de profundidad de la excavación, una vez hecho el lecho de arena será de 520 mm.

1.5.14.3.2 Acera perimetral

Se construirá una acera alrededor del Centro de Entrega con las mismas características que las de los Centros de Transformación

1.5.14.3.3 Características detalladas

Accesos	
Puertas de acceso peatón	1 puerta

Dimensiones exteriores	
Longitud:	4.460 mm
Fondo:	2.380 mm
Altura:	3.050 mm
Altura vista:	2.590 mm

Dimensiones interiores	
Longitud:	4.280 mm
Fondo:	2.200 mm
Altura:	2.360 mm

1.5.14.4 Caseta de control

1.5.14.4.1 Cimentación

La excavación necesaria para el Centro de Control tendrá las siguientes dimensiones:

Dimensiones de la excavación	
Longitud:	5.200 mm
Fondo:	3.700 mm
Profundidad:	700 mm

Las características de la cimentación serán análogas a las descritas para los Centros de Transformación e Inversores.

La cota de profundidad de la excavación, una vez hecho el lecho de arena será de 520 mm.

1.5.14.4.2 Características detalladas

Accesos	
Puertas de acceso peatón	1 puerta

Dimensiones exteriores	
Longitud:	4.000 mm
Fondo:	2.500 mm
Altura:	2.600 mm
Altura vista:	2.490 mm

1.5.14.5 Zanjas para canalizaciones eléctricas y sistema de puesta a tierra

Los siguientes circuitos se llevarán por conductos enterrados en zanjas:

- El cableado de CC desde las Cajas de nivel 1 hasta los Centros de Transformación e Inversores
- El cableado en MT del interior del parque (anillo de MT que une los CT) y parte de la línea de evacuación, también en MT

Todas las zanjas tendrán un ancho de 50 cm.

La profundidad de las zanjas de BT se muestra en el plano correspondiente.

Las zanjas para la MT serán de 110 cm de profundidad.

Los tubos alojados en las zanjas tendrán los siguientes diámetros:

- 63 mm para los conductores desde las series hasta las CN1
- 110 mm para los conductores empleados en continua en el campo fotovoltaico y reserva
- 63 mm para Servicios Auxiliares en alterna
- 63 mm para control
- 160 mm para circuitos de MT

Los tubos de MT se colocarán en un solo plano. Por dos de ellos discurrirá la línea de MT y el tercero será de reserva.

En el fondo de la zanja y en toda la extensión se colocará una solera de limpieza de 0,05 m de espesor de arena, sobre la que se depositarán los tubos dispuestos por planos. A continuación se colocará otra capa de arena con un espesor de 0,10 m por encima de los tubos y envolviéndolos completamente.

En aquellos tramos en los que la zanja discurra bajo un vial, se sustituirá la capa de arena por hormigón, de manera que los tubos queden protegidos mecánicamente frente al tráfico rodado.

Los tubos utilizados y su distribución se muestran en el plano de Canalizaciones y Secciones de Zanjas.

Antes de realizar las Puestas a Tierra es necesario acondicionar el terreno donde van a colocarse los bucles y las picas.
La profundidad mínima para enterrar las picas será de 0,5 m.
Para la PaT se realizarán zanjas de 0,7 m de profundidad, donde se clavarán las picas y se dispondrá el cable de cobre desnudo formando un bucle, interconectando dichas picas.

1.5.14.6 Viales

La instalación poseerá un camino perimetral para facilitar el acceso a cualquier parte de la instalación, de 5 m de ancho, con la siguiente composición:

- una capa de zahorra artificial de 25 cm
- una lámina de geotextil
- una capa de 30 cm de zahorra natural

El camino, poseerá una ligera inclinación del 2% hacia el lado conveniente para facilitar la evacuación de agua. En dicho lateral se abrirá una cuneta, que formará parte del sistema global de drenaje del parque.

Para completar la accesibilidad se habilitarán otros caminos de las mismas características a lo largo de la instalación.

La pendiente máxima de los caminos será del 5%.

2. FICHAS TÉCNICAS

HOJA DE DATOS DEL MÓDULO FOTOVOLTAICO CHSM6610 240

HOJA DE DATOS DEL INVERSOR SEPSA SOLAR 500 mod-ID (EU)

3. SIMULACIONES DE PVSYST