



Executing your **renewable** vision

PARQUE FOTOVOLTAICO EL PORTILLO SOLAR

SP.0150.2.M.GN.102-0A

**ANEXO EN RESPUESTA DEL
REQUERIMIENTO DEL 23 JUNIO 2026**

**VALDEMORO
MADRID (ESPAÑA)**



Tabla 1.- Control de versiones del documento

Versión	Fecha	Motivo de la actualización	Elaborado	Verificado	Aprobado
00	29/06/2026	Emisión Inicial			

Sevilla, junio de 2026

Firmado por
***4967** JOAQUÍN
MARTÍN-OAR
(C:****0003*) el
día 06/07/2026 con
un certificado
emitido por AC

el Ingeniero Industrial

*Joaquín Martín-Oar María-Tomé
Nº de colegiado 07149 - COIIAOC Sevilla*



Contenido

1 INTRODUCCIÓN.....	3
2 INSTALACIÓN DE GENERACIÓN.....	4
2.1 Sistema de puesta a tierra	5
2.2 Plano de PaT	6
2.3 Modificaciones cumplimiento del informe de impacto ambiental (sea 151/24)	7
3 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN Y CENTRO DE PROTECCIÓN Y MEDIDA	9
3.1 Justificación contra incendios según real decreto 337/2014	9
3.2 Estudio de campos magnéticos	10
3.3 Cálculos de puesta a tierra y tensiones de paso y contacto	13
3.4 Plano de planta del sistema de tierras	17
3.5 Justificación del cumplimiento de límites de ruido	18
3.6 Plano general de planta general y secciones	19
3.7 Justificación de ventilación según ITC RAT-14	22
4 LÍNEA DE MEDIA TENSIÓN ENTRE CTs Y CPM.....	22
4.1 Especificaciones	23
4.2 Cálculos.....	29
4.3 Planos	33
ANEJO - PLANOS.....	36



1 INTRODUCCIÓN.

Tras la revisión de la documentación aportada para la tramitación del expediente 14-0141-00712.6/2024, la Consejería de Medio Ambiente, Agricultura e Interior solicita la subsanación de algunos puntos para poder continuar con la tramitación del proyecto Parque Fotovoltaico El Portillo Solar.

Para ello solicitan la redacción de un anexo al proyecto que detalle los siguientes aspectos por aclarar:

- **En relación a la instalación de generación:**
 - 1.1. Aclaración del sistema de puesta a tierra de la instalación fotovoltaica, en conformidad con la ITC-BT-18 según Real Decreto 842/2002. Aportando plano correspondiente a la puesta a tierra.
 - 1.2. Justificación del cumplimiento sobre el informe de impacto ambiental (SEA 151/24), particularmente las condiciones 2.8 y 2.13.
- **En relación al centro de transformación y al centro de protección y medida:**
 - 1.3. Justificación contra incendios según Real Decreto 337/2014.
 - 1.4. Estudio de campos magnéticos en las proximidades de la instalación.
 - 1.5. Cálculos de puesta a tierra y tensiones de paso y contacto
 - 1.6. Plano de planta general del sistema de tierras.
 - 1.7. Justificación del cumplimiento de límites de ruido.
 - 1.8. Plano de las instalaciones en planta y secciones.
 - 1.9. Justificación de ventilación según ITC RAT-14.
- 2. **En relación con la línea de alta tensión que conectan los Centros de Transformación:**
 - 2.1. Aportar memoria, cálculos, planos conforme a lo establecido en el reglamento de líneas de alta tensión aprobado por RD 223/2008.



2 INSTALACIÓN DE GENERACIÓN

2.1 SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

La tabla 2 de la ITC-BT-18 INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA establece la sección mínima que deben tener los conductores de protección según la sección de los conductores de fase.

Tabla 2. Relación entre las secciones de los conductores de protección y los de fase

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

Siendo la mayor sección de fase 300 mm² en la instalación proyectada, la sección de la puesta a tierra debería ser la mitad, 150 mm².

Sin embargo, la norma especifica lo siguiente "Los valores de la tabla 2 solo son válidos en el caso de que los conductores de protección hayan sido fabricados del mismo material que los conductores activos; de no ser así, las secciones de los conductores de protección se determinarán de forma que presenten una conductividad equivalente a la que resulta aplicando la tabla 2".

La instalación presentada se ha diseñado con circuitos de potencia en aluminio y la puesta a tierra con cable de cobre, por tanto, la conductividad de ambos debe ser equivalente según la tabla 2 de la ITC-BT-18.

Para realizar el cálculo de la equivalencia de estos cableados se utiliza la tabla B.52.3 de la norma UNE-HD 60364-5-52:2022 donde se establecen las intensidades de los conductores según su instalación.

Como puede comprobarse de esta tabla, la intensidad para un conductor en aluminio de 150 mm² es 261 A, por tanto, tiene que instalarse un conductor en cobre que iguale o supere esta corriente.

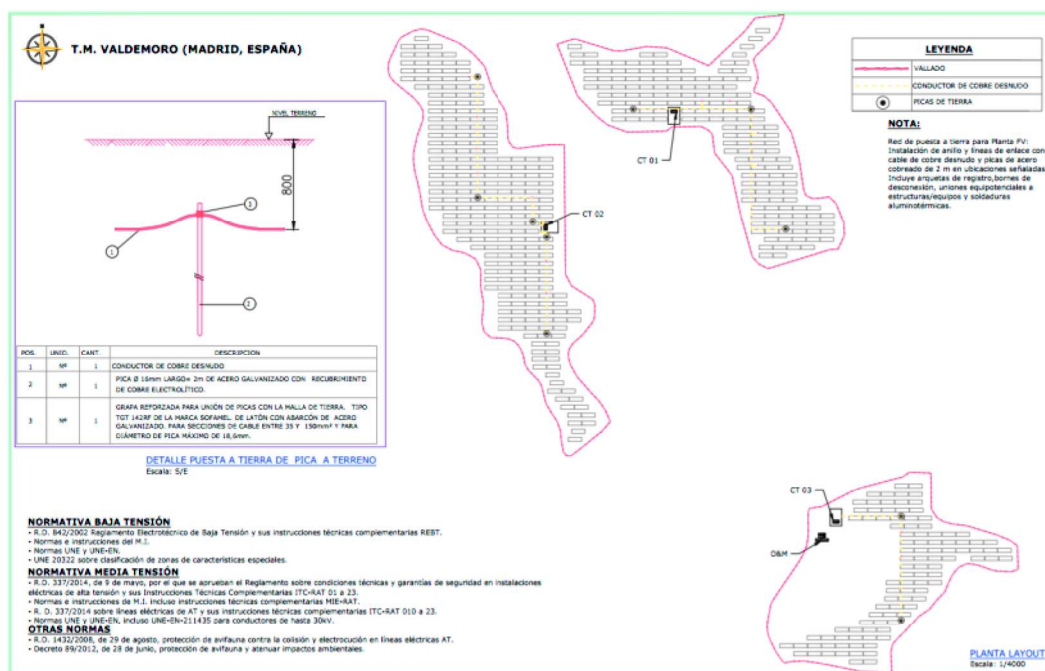
Por ello se ha seleccionado un conductor de cobre con una sección de 95 mm², el cual es capaz de transportar hasta 270 A, superando la corriente admisible del conductor en aluminio, siendo por tanto válido para la instalación planteada.

Tabla B.52.3 – Corrientes admisibles, en amperios, para los métodos de instalación de la tabla B.52.1 – Cables aislados con XLPE/EPR, dos conductores cargados, cobre o aluminio – Temperatura del conductor: 90 °C, temperatura ambiente: 30 °C en el aire, 20 °C en el terreno

Sección nominal del conductor mm ²	Método de instalación de la tabla B.52.1						
	A1	A2	B1	B2	C	D	D1
Cobre	2	3	4	5	6	7	8
1,5	19	18,5	23	22	24	25	27
2,5	26	25	31	30	33	33	35
4	35	33	42	40	45	43	46
6	45	42	54	51	58	53	58
10	61	57	75	69	80	71	77
16	81	76	100	91	107	91	100
25	106	99	133	119	138	116	129
35	131	121	164	146	171	139	155
50	158	145	198	175	209	164	183
70	200	183	253	223	260	203	235
95	241	220	306	265	328	239	270
120	278	253	334	303	362	271	300
150	318	290	393	334	441	306	343
185	362	329	449	384	506	343	387
240	424	386	528	459	599	395	448
300	486	442	603	532	693	446	502
Aluminio	20	19,5	25	23	26	26	
25	27	26	33	31	35	33	
35	35	33	43	40	45	42	
50	48	45	59	54	62	55	
70	64	60	79	72	84	71	76
95	84	78	105	94	101	90	98
120	103	96	130	115	126	108	117
150	125	115	157	138	154	128	139
185	158	145	200	175	198	158	170
240	191	175	242	210	241	186	204
300	253	230	307	261	324	238	261
350	288	262	351	300	371	267	290
400	338	307	412	358	439	307	343
450	387	352	471	415	508	346	386

NOTA: En las columnas 3, 5, 6, 7 y 8, se supone que los conductores son circulares para un tamaño de hasta 16 mm² inclusive. Los valores indicados para mayores tamaños se refieren a conductores perfilados y pueden ser aplicados con seguridad a los conductores circulares.

2.2 PLANO DE PAT





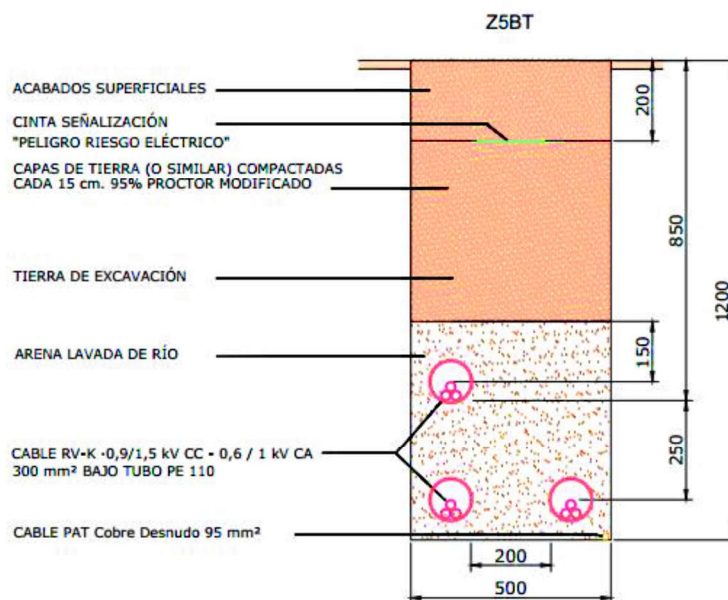
2.3 MODIFICACIONES CUMPLIMIENTO DEL INFORME DE IMPACTO AMBIENTAL (SEA 151/24)

2.3.1 Condición 2.8.

“Todo el cableado que se disponga subterráneamente se encontrará entubado para facilitar su retirada en las labores de desmontaje de la instalación, pudiéndose quedar el entubado perdido y evitar así alterar la estructura edáfica regenerada por la ejecución de las zanjas correspondientes.”

Todo el cableado de baja tensión, media tensión y comunicaciones se instarán entubado conforme a las normativas y cálculos correspondientes como se especifican en sus respectivos apartados. Quedando así reflejado en los planos de las secciones de zanja.

Figura 1.- Secciones de Zanja



2.3.2 Condición 2.13.

“Tal y como establece la Dirección General de Biodiversidad y Gestión Forestal en su informe:

- *No se afectará al Monte de Utilidad Pública colindante con las instalaciones.*
- *Sería muy favorable eliminar el vallado perimetral allí donde sea posible. No obstante, en caso de no poder prescindir de dicha estructura por motivos de seguridad de la instalación, el cercado que propone el promotor deberá ser modificado según las condiciones establecidas en el Anexo II de esta Resolución, con el fin de no impedir la circulación de la fauna silvestre no cinegética.”*

ANEXO II: CONDICIONES MÍNIMAS PARA EL CERRAMIENTO

“El cercado deberá ser construido de manera que NO impida la circulación de la fauna silvestre no cinegética con arreglo a lo dispuesto en el Artículo 65.3. f. de la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, de Patrimonio Natural y de la Biodiversidad. A tal fin, deberán instalarse pasos tipo gatera como mínimo cada 50 metros, existiendo



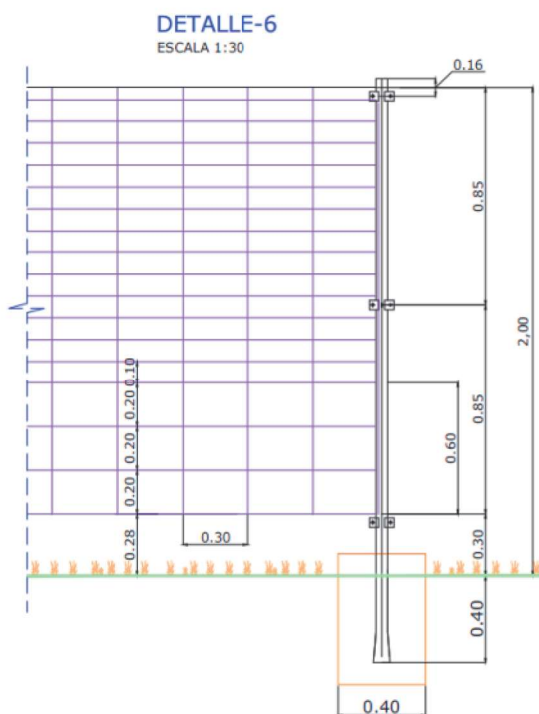
obligatoriamente en todas las esquinas y en las intersecciones del vallado con grandes piedras o roquedos. Las dimensiones mínimas de estos pasos serán de 628 cm² equivalente a un semicírculo de 20 cm de radio. Si la gatera se habilitara en malla tendrá 30x20 cm² y estará a ras del suelo.

No será necesaria la instalación de gateras, cuando el cerramiento o valla a instalar responda a las características siguientes: el área mínima de las retículas será de, al menos, 300 cm² con una dimensión mínima de sus lados de 10 cm; y en las hileras situadas en los primeros 60 cm desde el suelo (borde inferior de la malla) las retículas deberán tener por lo menos un área de 600 cm², con una dimensión mínima en sus lados de 20 cm.

El cerramiento de tela metálica tendrá una altura máxima de 2 metros y una distancia mínima entre postes de entre 5 o 6 metros, salvo que puntualmente no lo permita la topografía del terreno”.

Se modifica el vallado cinagético para cumplir con la disposición establecida en el Anexo I del Informe de Impacto Ambiental (SEA 151/24).

Figura 2.- Detalle del vallado cinagético





3 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN Y CENTRO DE PROTECCIÓN Y MEDIDA

3.1 JUSTIFICACIÓN CONTRA INCENDIOS SEGÚN REAL DECRETO 337/2014

Cumpliendo el Real Decreto 337/2014 RAT 14, en el interior de los edificios, tanto del CT como del CPM, no será necesaria la instalación de sistemas de protección contra incendios fijos debido a que los transformadores son de 3.300 kVA de potencia, no superando la potencia límite establecida de 4.000 kVA por recinto, por la que debe instarse sistemas de extinción fijos.

Sin embargo, si se colocarán extintores móviles en el interior de los mismos para su uso en caso de incidente, cuya eficiencia mínima será 89B.

3.2 ESTUDIO DE CAMPOS MAGNÉTICOS

Los campos eléctricos tienen su origen en diferencias de voltaje: cuanto más elevado sea el voltaje, más fuerte será el campo resultante. Un campo eléctrico existe, aunque no haya corriente. El campo eléctrico (E) se expresa en voltios por metro (V/m) o su múltiplo en kV/m.

Los campos magnéticos tienen su origen en las corrientes eléctricas: una corriente más fuerte da como resultado un campo magnético más fuerte. También se pueden producir campos magnéticos con imanes permanentes. El campo magnético (H) en un punto dado del espacio se define como la fuerza que se ejerce sobre un elemento de corriente situado en dicho punto, y se expresa en amperios por metro (A/m).

Por tanto, el campo eléctrico existirá siempre que haya cargas eléctricas, mientras que sólo habrá campo magnético cuando esas cargas estén en movimiento; es decir, cuando haya un flujo de corriente eléctrica. Es más habitual representar el campo magnético mediante la inducción magnética o densidad de flujo magnético (B). Ambos están relacionados mediante la permeabilidad magnética (μ):

$$B = \mu * H.$$

La unidad de medida del campo magnético en el Sistema Internacional de unidades es el Tesla (T) o sus fracciones; en particular, el microtesla (μ T).

El campo magnético generado por las diferentes corrientes eléctricas, depende de la intensidad que discurre por los diferentes tipos de cableados.

En el caso de los centros de transformación, se encuentra los siguientes tipos de cableado susceptibles a generar campo electromagnético:

- Cableado de baja tensión en las zanjas de salida del centro de transformación.
- Cableado de media tensión en las zanjas de entrada / salida del centro de transformación.
- Cableado de media tensión entre las celdas y el transformador.
- Cableado de baja tensión entre el transformador y el cuadro de baja tensión.



Para evitar que no se generen campos electromagnéticos en el entorno del cableado situado en las zanjas y en la transición hasta el transformador, todo el cableado, a excepción del cableado de salida del transformador, discurrirá trenzado de manera que los campos eléctricos generados por cada una de las líneas se anulen entre sí.

La planta fotovoltaica está constituida por tres centros de transformación de media tensión, además de otros equipos de control, protección y comunicaciones. Estos equipos son los responsables de la presencia de campos electromagnéticos en la planta fotovoltaica.

Cada centro de transformación tiene los puentes de media tensión que conectan a celdas con el transformador que provocara un campo magnético generado por los mismos. El caso más desfavorable, es aquel en que la producción de campos magnéticos será en los puentes de media tensión del transformador hacia las celdas.

Para el cálculo y análisis del campo magnético, se tendrá en cuenta la una intensidad máxima admisible que pasa por el cableado:

$$I_s = \frac{S}{U_s * \sqrt{3}} = \frac{3.300}{15 * \sqrt{3}} = 127,02 \text{ A}$$

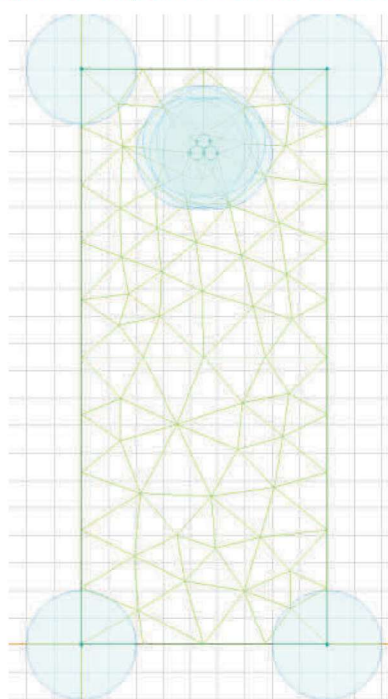
Donde:

I : Intensidad en el primario en A

S : Potencia del transformador en kVA

U : Tensión en el primario en kV

Figura 3- Disposición ternas de cables





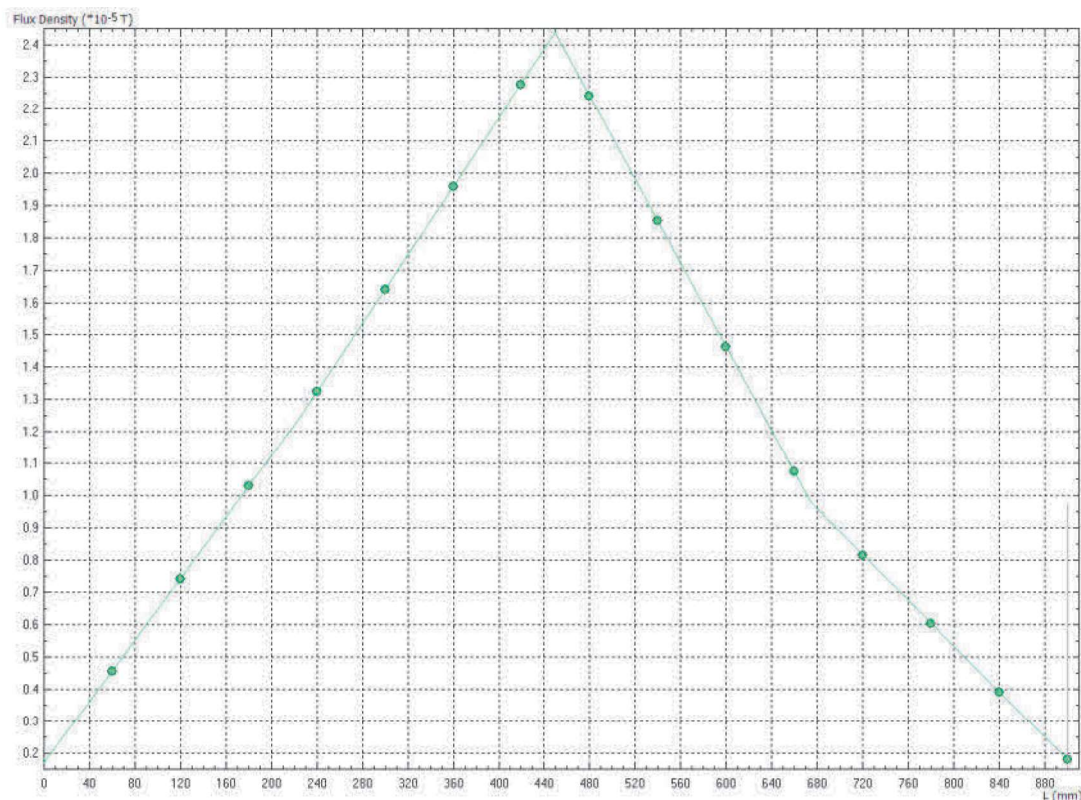
A través de isolíneas y diagrama de colores se presentan los niveles de campo eléctrico del conductor.

Figura 4.- Inducción magnética



En la gráfica siguiente se representa la curva con los valores del campo B en la zona de mayor inducción en el lado de media tensión.

Figura 5.- Valor Densidad de Flujo magnético





Teniendo en cuenta que en la densidad de flujo magnéticos en los transformadores decrecer rápidamente al alejarse del mismo, los cálculos y análisis realizados se concluye que el valor máximo de la densidad de flujo, estudiado en las condiciones más exigentes de carga y configuración propia de los conductores, se sitúa aproximadamente sobre los 24 μT .

Según lo indicado en el Real Decreto 1066/2001, en el que se establece las condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitarias frente a emisiones radioeléctricas, decreta que el límite de campo magnético.

Donde se calculará como $5f$, siendo f la frecuencia es kHz. Por tanto, de esta manera el límite del campo electromagnético es 100 μT .

Tabla 2.- Niveles de referencia campo magnético (RD 1066/2011, cuadro 2)

CUADRO 2

Niveles de referencia para campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (0 Hz-300 GHz, valores rms imperturbados)

Gama de frecuencia	Intensidad de campo E (V/m)	Intensidad de campo H (A/m)	Campo B (μT)	Densidad de potencia equivalente de onda plana (W/m^2)
0-1 Hz	—	$3,2 \times 10^4$	4×10^4	—
1-8 Hz	10.000	$3,2 \times 10^4/f^2$	$4 \times 10^4/f^2$	—
8-25 Hz	10.000	$4.000/f$	$5.000/f$	—
0,025-0,8 kHz	$250/f$	$4/f$	$5/f$	—
0,8-3 kHz	$250/f$	5	6,25	—
3-150 kHz	87	5	6,25	—
0,15-1 MHz	87	$0,73/f$	$0,92/f$	—
1-10 MHz	$87/f^{1/2}$	$0,73/f$	$0,92/f$	—
10-400 MHz	28	$0,73/f$	0,092	2
400-2.000 MHz	$1,375 f^{1/2}$	$0,0037 f^{1/2}$	$0,0046 f^{1/2}$	$f/200$
2-300 GHz	61	0,16	0,20	10

Respecto a los cálculos y la simulación realizados en el centro de transformación, se aprecia que la exposición a campos electromagnéticos de muy baja intensidad, en concreto, 24 μT . Por tanto, en relación con las máquinas herramientas, se puede decir igualmente que los valores de campos magnéticos son muy bajos en relación con sus respectivos valores de referencia.

Por tanto, considerando que los efectos sobre el cuerpo humano derivados de la exposición a campos electromagnéticos son inmediatos y se descartan actualmente efectos a largo plazo, de forma general, las exposiciones a campos magnéticos son muy inferiores a los valores límites establecidos en el Real Decreto 1066/2001, ya referenciado.

Asimismo, la planta fotovoltaica se encuentra alejada de núcleos de población, por lo que la afección a estos es nula, estando además las estaciones de potencia repartidas por el campo solar y, en cualquier caso, alejadas del vallado perimetral por lo que la afectación a personas en tránsito por el exterior de la planta también se considera despreciable.



3.3 CÁLCULOS DE PUESTA A TIERRA Y TENSIONES DE PASO Y CONTACTO

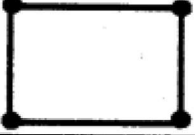
Para el cálculo de los potenciales aplicados (tanto de contacto como de paso), se utiliza el método UNESA al tratarse de un centro de transformación de tercera categoría.

Se propone realizar un anillo perimetral con conductor de 50 mm² de sección, con 4 picas de 2 m. de largo y 14 mm de diámetro distribuidas uniformemente a lo largo del perímetro a una profundidad de 0,8 m.

El CT contará con un acerado perimetral que sobresaldrá 1,2 m del centro de transformación con un espesor de 20 cm, consiguiendo así evitar las tensiones de contacto, por lo que para el cálculo de las tensiones de contacto aplicadas se utilizará el coeficiente de la tensión de paso en el acceso.

Según el método UNESA, los coeficientes a utilizar son:

PROFUNDIDAD = 0'8 m

CONFIGURACION	L _p (m)	RESISTENCIA K _r	TENSION DE PASO K _p	TENSION DE CONTACTO EXT K _c = K _{p(acc)}	CODIGO DE LA CONFIGURACION
Sin picas	-	0.099	0.0142	0.0581	70-30/8/00
4 picas 	2	0.078	0.0122	0.0381	70-30/8/42
	4	0.066	0.0099	0.0283	70-30/8/44
	6	0.057	0.0083	0.0223	70-30/8/46
	8	0.050	0.0071	0.0184	70-30/8/48
8 picas 	2	0.070	0.0110	0.0314	70-30/8/82
	4	0.056	0.0083	0.0208	70-30/8/84
	6	0.047	0.0066	0.0153	70-30/8/86
	8	0.041	0.0055	0.0120	70-30/8/88

Considerando la resistividad del terreno (ρ) como 100 Ωm .

La resistencia de la puesta a tierra resulta:

$$R_T = K_r \cdot \rho = 0,078 \cdot 100 = 7,8\Omega$$

$$R_p = K_p \cdot \rho = 0,0122 \cdot 100 = 1,22\Omega$$

$$R_{p(acc)} = K_{p(acc)} \cdot \rho = 0,0381 \cdot 100 = 3,81\Omega$$

Según las especificaciones MT 2.00.03 de Iberdrola la intensidad máxima de corriente de defecto a tierra para tensiones de 15kV se corresponde con 400 A.s. Esto nos permite conocer la intensidad de defecto, sabiendo que el tiempo de reacción son 0,5 segundos, resultando una intensidad de defecto de 200A.



Característica de actuación de las protecciones *	Tensión nominal de la red U_n (kV)	Máximo valor de resistencia de puesta a tierra (Ω) (*)
$I_{1F} \cdot t = 400$	≤ 20 kV	50
$I_{1F} \cdot t = 2200$	30 kV	30
$I_{1F} \cdot t = 2500$	45 kV	50
$I_{1F} \cdot t = 2500$	66 kV	70
$t = 0,5$	132 kV	-

* Las protecciones actúan en tiempos iguales o inferiores a los resultantes de las formulas, para cada intensidad, siempre que las resistencias de puesta a tierra sean inferiores a los valores indicados para cada nivel de tensión. En algunas circunstancias que se especifican en cada proyecto tipo de instalación, tales como apoyos no frecuentados en líneas aéreas, estos valores pueden ser superiores.
Siendo I_{1F} , la intensidad de la corriente de defecto en amperios y t el tiempo de actuación de las protecciones en segundos.

I-DE (MT 2.00.03)

La sección mínima del conductor de puesta a tierra vendrá definida según la ecuación siguiente:

$$S \geq \frac{\sqrt{I^2 \cdot t}}{k}$$

Donde:

S : sección del conductor en mm²;

I : intensidad de defecto prevista que circula en el conductor en amperios;

t : tiempo de actuación de la protección, en este caso se estima 0,5 segundo;

k : coeficiente que depende de la naturaleza del conductor y de las temperaturas iniciales y finales en el cortocircuito, obtenido de la norma UNE-HD 60364-5- 54 para un conductor desnudo en condiciones normales, con un valor de 159.

$$S \geq \frac{\sqrt{200^2 \cdot 0,5}}{159} = 0,89 \text{ mm}^2$$

Puesto que el electrodo de puesta a tierra se ha proyectado con una sección transversal mínima de 50 mm² se garantiza la integridad de este en caso de producirse el defecto a tierra más desfavorable.

También debe garantizarse el cálculo de las tensiones de contacto, de paso y de paso en el acceso.

$$U_c = R_c \cdot I_d = 7,8 \cdot 200 = 1.560 \text{ V}$$

$$U_p = R_p \cdot I_d = 1,22 \cdot 200 = 244 \text{ V}$$

$$U_{p(acc)} = R_{p(acc)} \cdot I_d = 3,81 \cdot 200 = 762 \text{ V}$$

Los valores admisibles de la tensión de contacto aplicada U_{ca} , a la que puede estar sometido el cuerpo humano entre la mano y los pies, en función de la duración de la corriente de falta, se recogen en la siguiente tabla:



Duración de la corriente de falta, t_F (s)	Tensión de contacto aplicada admisible, U_{ca} (V)
0.05	735
0.10	633
0.20	528
0.30	420
0.40	310
0.50	204
1.00	107
2.00	90
5.00	81
10.00	80
> 10.00	50

Los valores admisibles de la tensión de paso aplicada entre los dos pies de una persona, considerando únicamente la propia impedancia del cuerpo humano sin resistencias adicionales como las de contacto con el terreno o las del calzado, se define como diez veces el valor de la tensión de contacto aplicada, ($U_p = 10 U_{ca}$).

A partir de los valores admisibles de la tensión de contacto o paso aplicada, se pueden determinar las máximas tensiones de contacto o paso admisibles en la instalación (U_c y U_p). A efectos de cálculo para el proyecto se emplearán las siguientes fórmulas:

$$U_c = U_{ca} \left[1 + \frac{\frac{R_{a1}}{2} + 1,5 \cdot \rho_s}{1000} \right]$$

$$U_p = 10 \cdot U_{ca} \left[1 + \frac{2 \cdot R_{a1} + 6 \cdot \rho_s}{1000} \right]$$

$$U_{p(acc)} = 10 \cdot U_{ca} \left[1 + \frac{2 \cdot R_{a1} + 3 \cdot \rho_s + 3 \cdot \rho}{1000} \right]$$

Donde:

U_c : tensión de contacto máxima admisible en la instalación, en voltios;

U_p : tensión de paso máxima admisible en la instalación, en voltios;

U_{ca} : tensión de contacto aplicada admisible, en voltios;

R_{a1} : resistencia equivalente del calzado de un pie cuya suela sea aislante. Se empleará un valor de 2.000 Ω ;

ρ_s : resistividad superficial del suelo cerca de la superficie, en Ohmios. Dado que, en la superficie del centro de transformación, centro de seccionamiento y centro de protección y medida se cuenta con una capa adicional de elevada resistividad (hormigón) y de acuerdo con la ITC-RAT 13, el valor de la resistividad ρ_s se multiplicará por un coeficiente reductor C_s de acuerdo con la siguiente expresión:

$$C_s = 1 - 0,106 \cdot \left(\frac{1 - \frac{\rho}{\rho^*}}{2h_s + 0,106} \right) = 0,795$$



Siendo:

C_s : coeficiente reductor de la resistividad de la capa superficial.

h_s : espesor de la capa superficial, en metros (0,2 m).

ρ : resistividad del terreno natural, 100 Ωm .

ρ^* : resistividad de la capa superficial, en este caso la resistividad del hormigón es de 5.000 Ωm .

$$\rho_s = C_s \cdot \rho^* = 3.973,52 \Omega m$$

Sustituyendo los valores obtenidos en las ecuaciones de tensiones máximas admisibles obtenemos los siguientes resultados:

$$U_c = U_{ca} \left[1 + \frac{\frac{R_{a1}}{2} + 1,5 \cdot \rho_s}{1000} \right] = 1.623,9 V$$

$$U_p = 10 \cdot U_{ca} \left[1 + \frac{2 \cdot R_{a1} + 6 \cdot \rho_s}{1000} \right] = 58.835,86 V$$

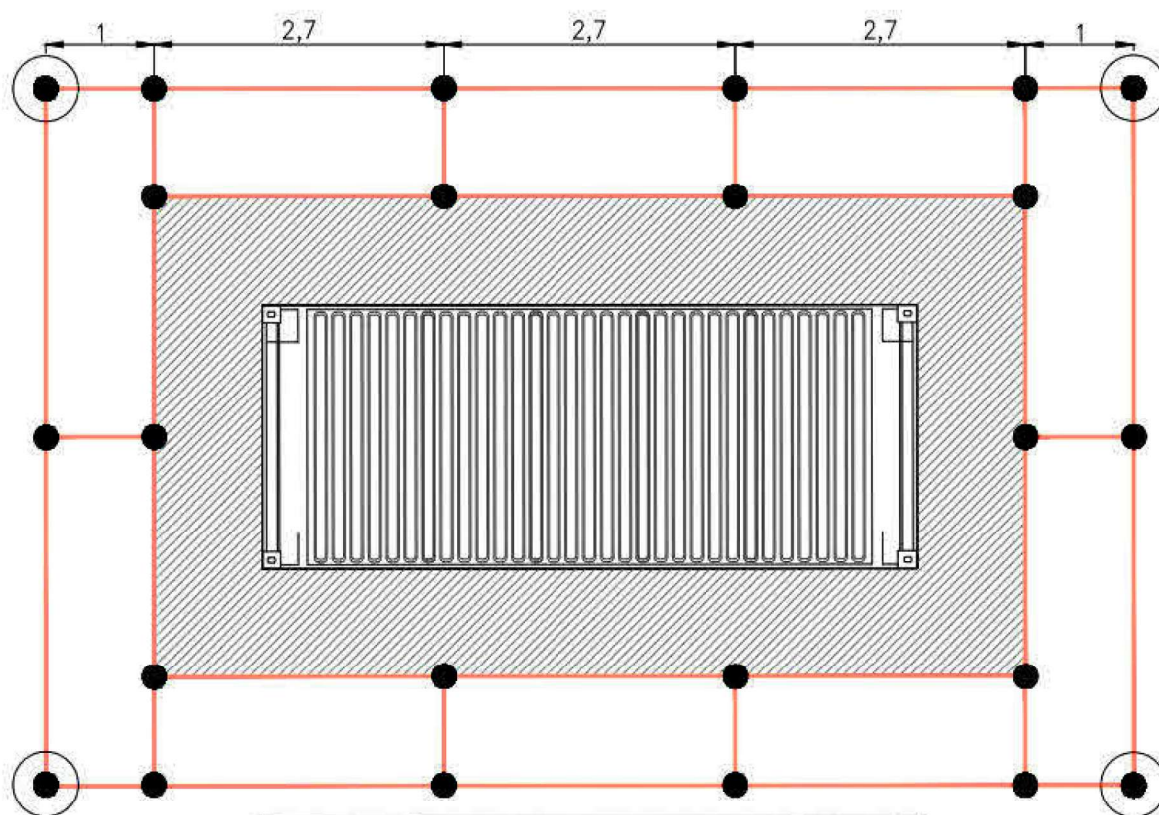
$$U_{p(acc)} = 10 \cdot U_{ca} \left[1 + \frac{2 \cdot R_{a1} + 3 \cdot \rho_s + 3 \cdot \rho}{1000} \right] = 35.129,93 V$$

	Tensiones obtenidas	Máxima admisible
Tensión de contacto	1.560 V	1.623,9 V
Tensión de paso	244 V	58.835,86 V
Tensión de paso en el acceso	762 V	35.129,93 V

Estos valores admisibles calculados son superiores a los calculados anteriormente, por tanto, se considera una solución apta.



3.4 PLANO DE PLANTA DEL SISTEMA DE TIERRAS



3.5 JUSTIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LÍMITES DE RUIDO

El marco regulatorio aplicable en relación con el ruido ambiental en el entorno de estudio está constituido por la normativa estatal, autonómica y regional.

Las normas vigentes en la materia son las siguientes:

- Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido.
- Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental.
- Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.
- Orden PCI/1319/2018, de 7 de diciembre, por la que se modifica el Anexo II del Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del ruido, en lo referente a la evaluación del ruido ambiental.
- Decreto 55/2012, de 15 de marzo, por el que se regula el régimen de protección contra la contaminación acústica de la Comunidad de Madrid.



Los transformadores vibran durante el funcionamiento, lo que produce un zumbido característico que se clasifica como "ruido". Este se caracteriza por tonos puros, cuyas frecuencias se encuentran dentro del espectro del habla humana, causando molestias e irritación.

En los transformadores de potencia hay tres fuentes de sonido/ruido:

- Ruido del núcleo, producido por los efectos de la magnetostricción.
- Ruido de carga, producido por las fuerzas electromagnéticas en los devanados y en los componentes estructurales a causa de las fugas de flujo asociadas a la corriente.
- Sonido producido por el funcionamiento de los equipos de refrigeración, ventiladores y bombas.

De acuerdo con la norma UNE-EN 60076-10, aplicable específicamente a los transformadores de potencia, el nivel de potencia acústica debida a la corriente de carga viene dado por la siguiente expresión (epígrafe 4.4, ecuación 5):

$$L_{WA} \approx 39 + 18 * \lg \frac{S_r}{S_p}$$

Donde:

- S_r es la potencia asignada en MVA
- S_p es la potencia de referencia (1 MVA)

Este punto viene acompañado de la *Nota 1*, que indica *Las predicciones realizadas con las ecuaciones (5) y (6) están habitualmente dentro de ± 6 dB del nivel de potencia acústica medido debido a la corriente de carga asignada*. Por ello se considera el caso más desfavorable en el que se suman 6 dB a la ecuación 5, la cual resulta:

$$L_{WA} \approx 39 + 18 * \lg \frac{3,3}{1} + 6 = 54,33 \text{ dB}$$

Según la tabla A1 del Anexo III del Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas, los valores límite de inmisión de ruido aplicables al proyecto son los siguientes:

Tabla 3.-Tabla A1 -Anexo III del Real Decreto 1367/2007

	Tipo de área acústica	Índices de ruido		
		L_d	L_n	L_{n1}
e	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso sanitario, docente y cultural que requiera una especial protección contra la contaminación acústica.	55	55	45
a	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso residencial.	60	60	50
d	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso terciario distinto del contemplado en c.	65	65	55
c	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso recreativo y de espectáculos.	68	68	58
b	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso industrial.	70	70	60

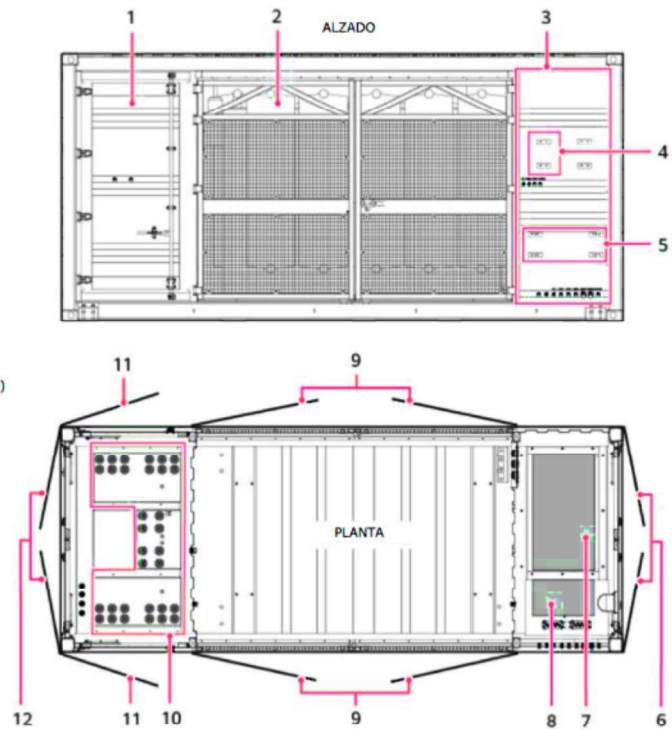
Con estos cálculos queda justificado el cumplimiento de límites de ruido para los centros de transformación.



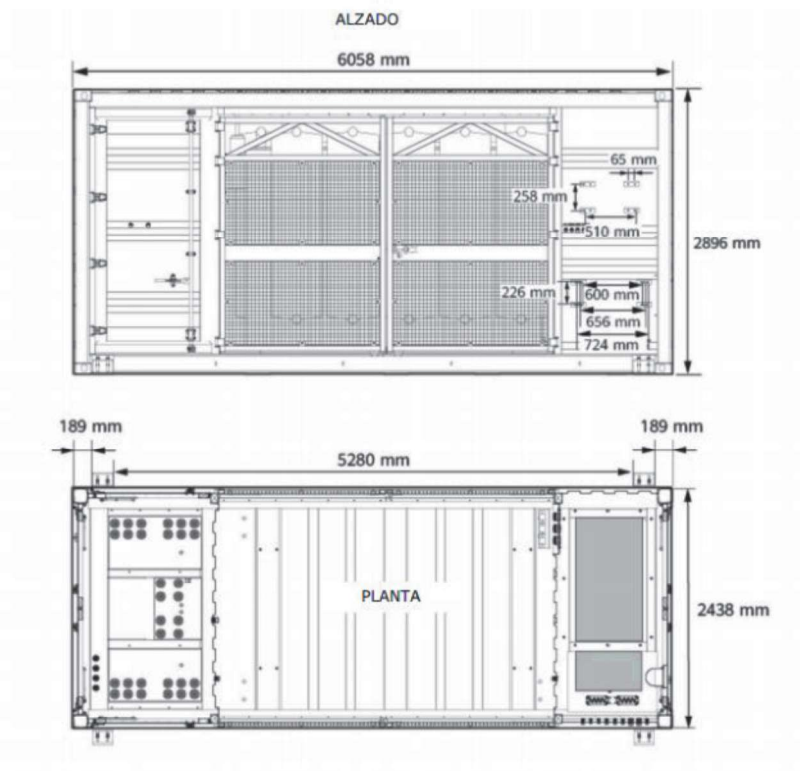
3.6 PLANO GENERAL DE PLANTA GENERAL Y SECCIONES

3.6.1 Plano centros de transformación

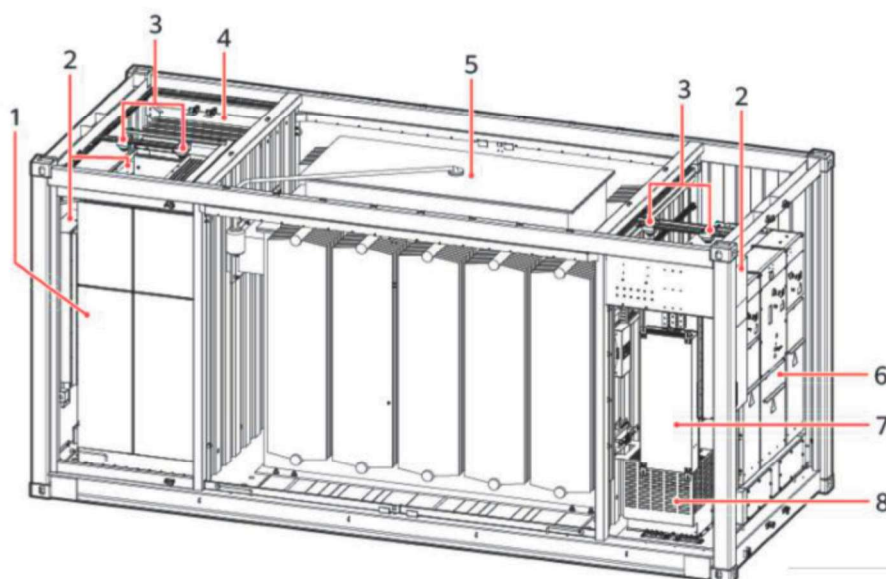
- (1) Sala de baja tensión (BT)
- (2) Sala de transformadores (TR)
- (3) Sala MT (MT)
- (4) Posición de instalación para la UPS
- (5) Posición de instalación del Controlador de Matriz Inteligente (SACU)
- (6) Puerta de doble abatible para la sala MT
- (7) Unidad principal de Anillo
- (8) Transformador SSAA
- (9) Puerta de doble abatible para la sala TR
- (10) Orificios para cables de salida de CA
- (11) Puerta abatible simple para la sala BT
- (12) Puerta doble abatible para la sala BT



VISTA ALZADO Y PLANTA
Escala: 5/E



ALZADO Y PLANTA, DIMENSIONES
Escala: 5/E

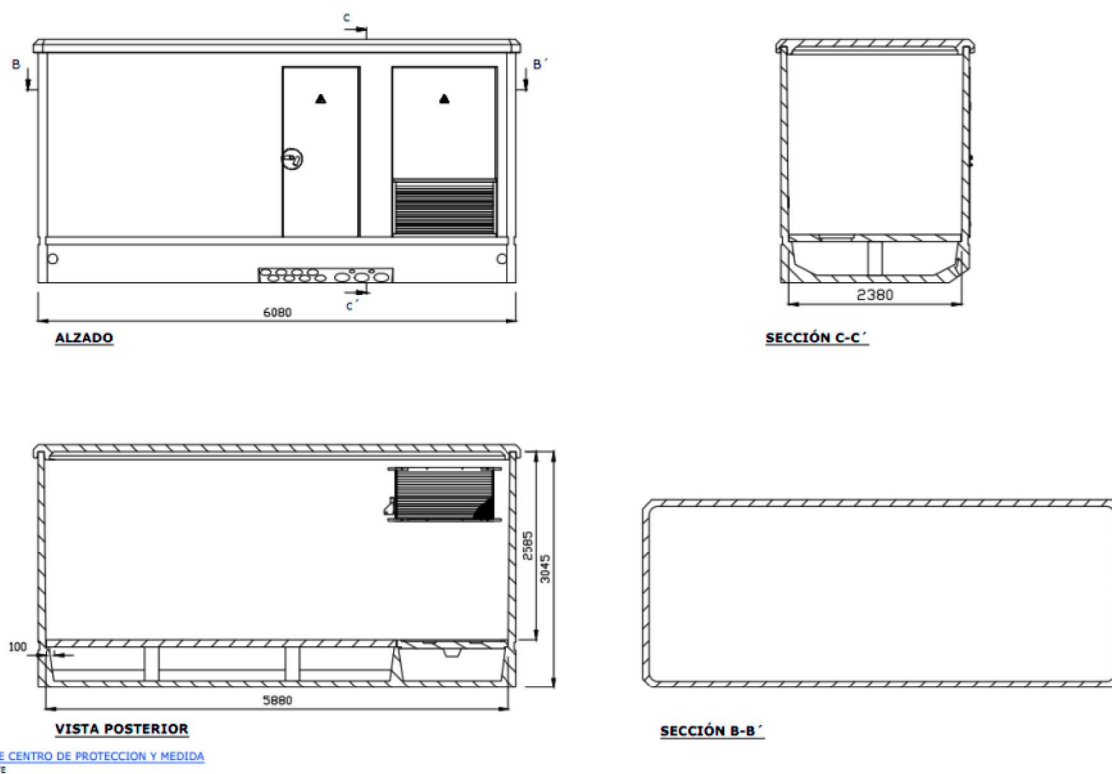


- (1) Cuadro BT-A
- (2) Intercambiador de calor
- (3) Detectores de humo
- (4) Cuadro BT-B
- (5) Transformador de potencia
- (6) Unidad principal de anillo
- (7) Caja de distribución
- (8) Transformador SSAA

COMPONENTES
Escala: 5/E



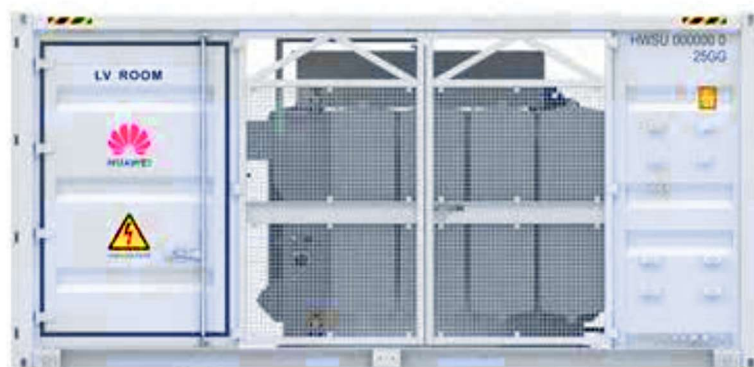
3.6.2 Plano centro de protección y medida



3.7 JUSTIFICACIÓN DE VENTILACIÓN SEGÚN ITC RAT-14

Los bloques de celdas de media y baja tensión de los centros de transformación contarán con rejillas de ventilación natural, las cuales están formadas por lamas en forma de "V" invertida, diseñadas para formar un laberinto que evita la entrada de agua de lluvia y se complementa cada rejilla interiormente con una malla mosquitera que impida el paso de pequeños animales y los contactos accidentales con partes en tensión si se introdujeran elementos metálicos por las mismas.

Como puede comprobarse en la siguiente imagen, los centros de transformación a instalar se encuentran en intemperie, protegido con un vallado para evitar contactos indeseados y entrada de pequeños animales, por lo que no requerirán mayor ventilación.

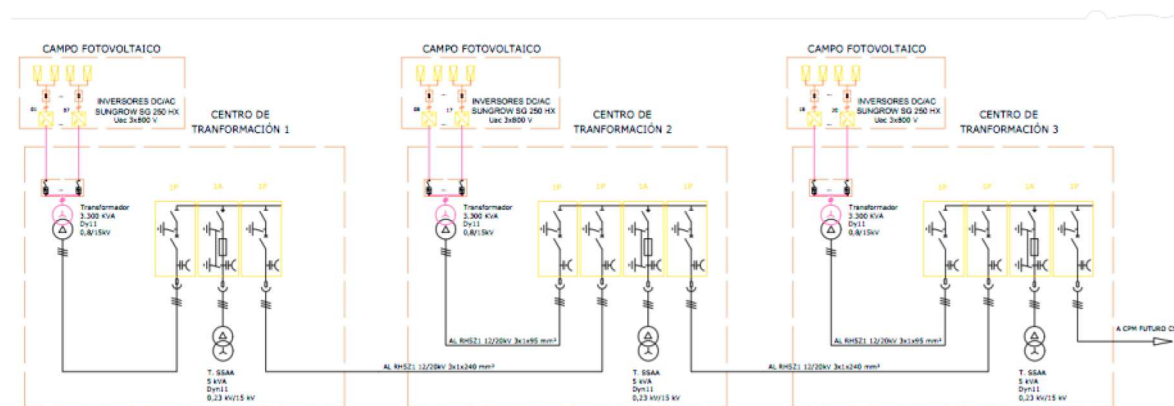




4 LÍNEA DE MEDIA TENSIÓN ENTRE CTs Y CPM

4.1 ESPECIFICACIONES

Definiremos el circuito de interconexión en MT como el circuito eléctrico en Media Tensión desde la salida del centro de transformación 1 hasta el centro de transformación 3, desde el que comienza la línea de evacuación en 15 kV proyectada y presentada.



El circuito de interconexión discurrirá por canalización subterránea entubada, procedente del CT1 hasta el CT3, cuyos tramos son:

- CT1 – CT2: 264,94 metros
- CT2 – CT3: 580,94 metros

Cada transformador tiene una potencia de 3.300 kVA, siendo 2 estaciones de potencia, por lo que la suma total de la instalación son 6,6 MVA. Sin embargo, la planta cuenta con una potencia de módulos fotovoltaicos de 5.948,28 kWp, y un total de 17 inversores de potencia máxima 250 kVA, siendo imposible generar más de la potencia limitante que suponen los inversores. De este modo tomaremos el valor de 4.250,00 kVA como potencia de cálculo.

CT	INVERSOR DE STRING	EL PORTILLO				
		Estructuras	Strings	Módulos	Pot Pico	Potencia instalada
Skid 1	Inversor 1	22	22	572	354,64 kWp	250,00 kW
	Inversor 2	22	22	572	354,64 kWp	250,00 kW
	Inversor 3	21	21	546	338,52 kWp	250,00 kW
	Inversor 4	20	20	520	322,40 kWp	250,00 kW
	Inversor 5	22	22	572	354,64 kWp	250,00 kW
	Inversor 6	22	22	572	354,64 kWp	250,00 kW
	Inversor 7	22	22	572	354,64 kWp	250,00 kW
Skid 2	Inversor 8	22	22	572	354,64 kWp	250,00 kW
	Inversor 9	22	22	572	354,64 kWp	250,00 kW
	Inversor 10	22	22	572	354,64 kWp	250,00 kW
	Inversor 11	22	22	572	354,64 kWp	250,00 kW
	Inversor 12	22	22	572	354,64 kWp	250,00 kW
	Inversor 13	22	22	572	354,64 kWp	250,00 kW
	Inversor 14	22	22	572	354,64 kWp	250,00 kW
	Inversor 15	22	22	572	354,64 kWp	250,00 kW
	Inversor 16	20	20	520	322,40 kWp	250,00 kW
	Inversor 17	22	22	572	354,64 kWp	250,00 kW
Skid 3	Inversor 18	22	22	572	354,64 kWp	250,00 kW
	Inversor 19	22	22	572	354,64 kWp	250,00 kW
	Inversor 20	22	22	572	354,64 kWp	250,00 kW
				11310	7012,20 kWp	5.000,00 kW

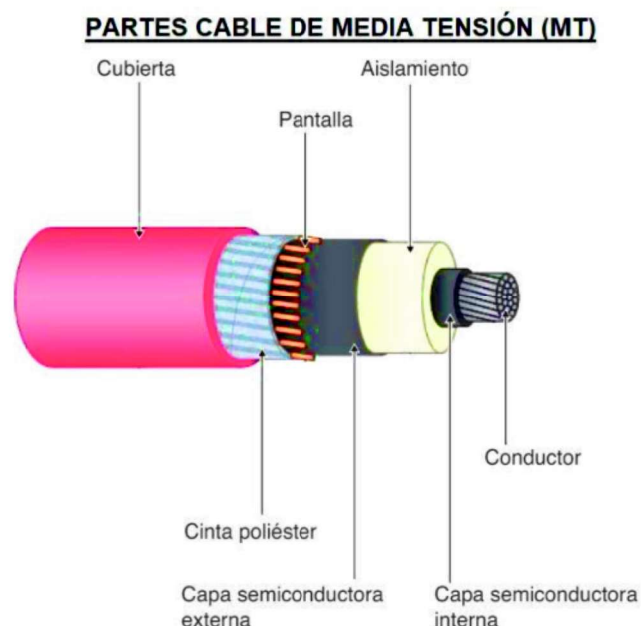


4.1.1 Conductor

Los conductores a utilizar serán cables unipolares de aluminio con aislamiento seco termoestable (polietileno reticulado XLPE), con pantalla semiconductora sobre conductor y sobre aislamiento y con pantalla metálica de cobre.

Cada circuito de la zanja subterránea de media tensión se compondrá de tres conductores unipolares, uno para cada fase.

Figura 6. Configuración del conductor



1. Conductor: Los conductores de los cables están constituidos por cuerdas redondas compactas de aluminio. Los conductores satisfacen las normas de diseño del cable (UNE-HD 620-10E) que figura en la ITC-LAT 02.

2. Capa semiconductora interna: En los cables VOLTALENE H, el conductor va recubierto de una capa semiconductora, cuya función es doble:

- Impedir la ionización del aire que, en otro caso, se encontraría entre el conductor metálico y el material aislante. La capa no se separa del aislamiento ni aun con los dobladuras a que el cable pueda someterse, constituyendo la verdadera superficie equipotencial del conductor. Los eventuales espacios de aire quedan bajo esta superficie y, por lo tanto, fuera de la acción del campo eléctrico.
- Mejorar la distribución del campo eléctrico en la superficie del conductor. Dicha capa, gracias a su conductividad, convierte en cilíndrica y lisa la superficie del conductor, ya que puede concebirse como parte integrante del mismo, eliminando así los posibles focos de gran sollicitación eléctrica en el aislamiento.

3. Aislamiento: El aislamiento de los cables VOLTALENE H con aislamiento de XLPE está constituido por polietileno químicamente reticulado. Dicho aislamiento

es un material termoestable que presenta buena rigidez dieléctrica, bajo factor de pérdidas y una excelente resistencia de aislamiento.

La excelente estabilidad térmica del polietileno reticulado (XLPE) le capacita para admitir en régimen permanente temperaturas de trabajo en el conductor de hasta 90°C, tolerando temperaturas de cortocircuito de 250°C.

La marcada estabilidad al envejecimiento, la elevada resistencia a los agentes químicos y la tenacidad mecánica y eléctrica, son las propiedades más destacadas que hacen del polietileno químicamente reticulado un material apropiado para el aislamiento de cables.

4. Capa semiconductor externa: La capa semiconductor externa está formada por una mezcla extrusionada y reticulada de características químicas semejantes a la del aislamiento, pero de baja resistencia eléctrica, por tanto, conductora y separable en frío.

5. Pantalla: Las pantallas desempeñan distintas misiones, entre las que destacan:

- Confinar el campo eléctrico en el interior del cable.
- Lograr una distribución simétrica y radial del esfuerzo eléctrico en el seno del aislamiento.
- Limitar la influencia mutua entre cables eléctricos.
- Evitar, o al menos reducir, el peligro de electrocuciones.

La pantalla constituida por hilos de cobre aplicada sobre una capa semiconductor externa, la cual, a su vez, se ha colocado previamente sobre el aislamiento con el mismo propósito con que se coloca la capa semiconductor interna sobre el conductor.

6. Protecciones contra la humedad: Los cables con aislamiento XLPE deben ser protegidos frente a la acción del agua para evitar un deterioro prematuro cuando el cable se encuentre en tensión. Barreras hinchantes en forma de cintas que bloqueen la propagación del agua a lo largo del cable por huecos de la pantalla o de la cuerda conductora.

7. Cubierta exterior: Al ser las cubiertas una mezcla termoplástica, tienden a endurecerse a temperaturas inferiores a los 0°C, aun cuando conservan cierta flexibilidad a temperaturas entre -10°C y -15°C las de PVC y Flamex hasta -25°C la VEMEX y las AFUMEX. La única precaución a considerar es que las operaciones de tendido de los cables no deben realizarse a temperaturas inferiores a los 0°C. Si un cable esta fijo y no está sometido a golpes y vibraciones, puede soportar sin daño temperaturas de -50°C.

Tabla 4. Características del conductor

Características del conductor	
Sección del conductor	240 mm ²
Sección de la pantalla	16 mm ²
Conductor	Al RHZ1-2OL (S) 12/20 kV 3x1x240mm ² + 1x16mm ²
Material del conductor	Aluminio



Características del conductor	
Material de la pantalla	Cobre
Material del aislamiento	XLPE
Tensión de aislamiento	12/20
Diámetro conductor	18,7 mm
Diámetro aislamiento	30 mm
Diámetro pantalla	32 mm
Diámetro cable	39,3 mm
DMG	39,3 mm
Peso	1810 kg/km
Radio de curvatura estático	590 mm
Radio de curvatura dinámico	770 mm
Intensidad máxima admisible catálogo	320 A
Intensidad admisible permanente en la instalación	277 A
Icc trifásica admisible	22,6 kA
Icc admisible en la pantalla	2,97 kA
Resistencia a 20°	0,125 Ω /km
Resistencia a 90°C	0,1603 Ω /km
Reactancia inductiva	0,106 Ω /km
Capacidad	0,304 μ F/km

4.1.2 Zanja

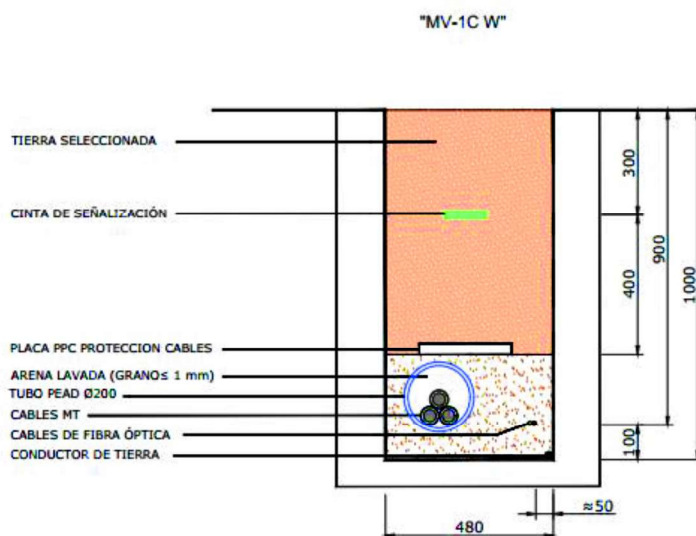
La zanja para la línea eléctrica en media tensión discurre por zonas rurales, en gran parte la zanja discurrirá por parcelas privadas, aunque también un tramo de dominio público por caminos catastrados.

La zanja tendrá unas dimensiones de 600 mm de anchura y una profundidad de 1.200 mm en la parte del camino y de 950 mm en la zona de cultivo. El relleno de la zona de cultivo puede ser de arena, tierra u hormigón.

En el fondo de esta zanja se colocará una capa de hormigón de aproximadamente 50 mm, encima de esta capa se colocarán los tubos de 200 mm, uno para alojar el circuito de evacuación con los conductores en formación al tresbolillo. Se rellenará con la tierra existente de la excavación compactada al 95 % Proctor modificado. En el caso de superficies rurales, la reposición será a las condiciones iguales a las existentes antes del inicio de los trabajos anteriores a realizar la obra.



Figura 7.- Secciones de Zanja



4.1.3 Tubos

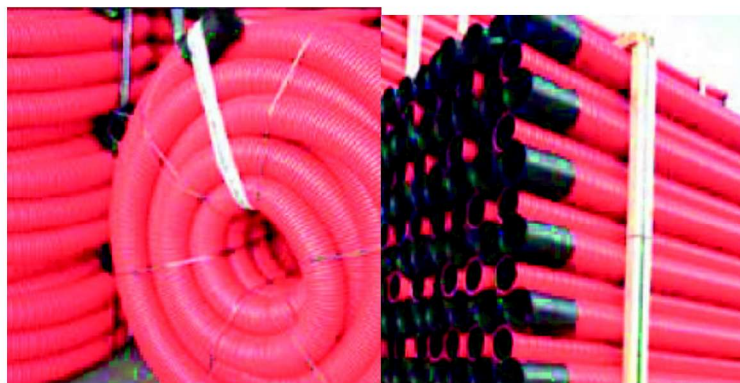
El tubo de polietileno de doble capa (exterior corrugada e interior) que se disponga para los cables de potencia tendrá un diámetro interior como mínimo de 1,5 veces el diámetro del circuito a tender para que el circuito pueda entrar sin dificultad y quepa también la mordaza que ha de sujetar los cables para el arrastre no tomándose tubos de diámetros exteriores inferiores a 160 mm coma (en nuestro caso es de 200 mm). Los tubos serán rígidos corrugados de doble pared fabricados en polietileno de alta densidad.

Tabla 5. Características del tubo

Características del tubo	
Materia prima	Polietileno Alta densidad PEAD
Diámetro exterior	200 mm
Diámetro interior	174 mm
Estructura	Corrugada de doble pared
Colores	Externo rojo oscuro /Interno negro
Norma de fabricación	UNE-EN 61386-2-6 UNE-EN 50086-2-4
Resistencia a la compresión	Serie N 450 Newton
Aplicación	Tubería para canalización eléctrica y protección de cables
Observaciones	Suministro con manguito



Figura 8. Tubo de polietileno de doble capa

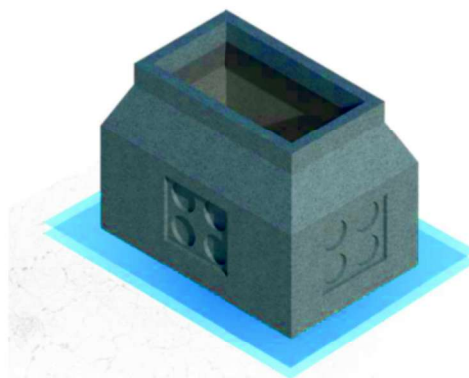


4.1.4 Arquetas

Se disponen de arquetas al inicio y al final para facilitar alojar las cajas de puesta a tierra y para tender los conductores hasta el interior de los edificios. Serán arquetas registrables.

En la arqueta, los tubos quedarán como mínimo a 20 cm por encima del fondo para permitir la colocación de rodillos en las operaciones de tendido. Una vez tendido el cable, los tubos se sellarán con material expansible, yeso o mortero ignífugo de forma que el cable quede situado en la parte superior del tubo. La situación de los tubos en la arqueta será la que permita el máximo radio de curvatura.

Figura 9. Arqueta tipo



El sistema de conexión de las pantallas diseñado para el proyecto objeto de este documento es "Solid Bonding" o sistema de conexión rígida a tierra en el que las pantallas se encuentran conectadas a tierra en ambos extremos, formando un circuito cerrado y ligado electro-magnéticamente con el circuito formado por los conductores (Ver siguiente Figura).

En este tipo de conexión, se inducen corrientes de circulación en las pantallas de los cables, provocando pérdidas por calor y consecuentemente pérdidas en la intensidad admisible del cable.

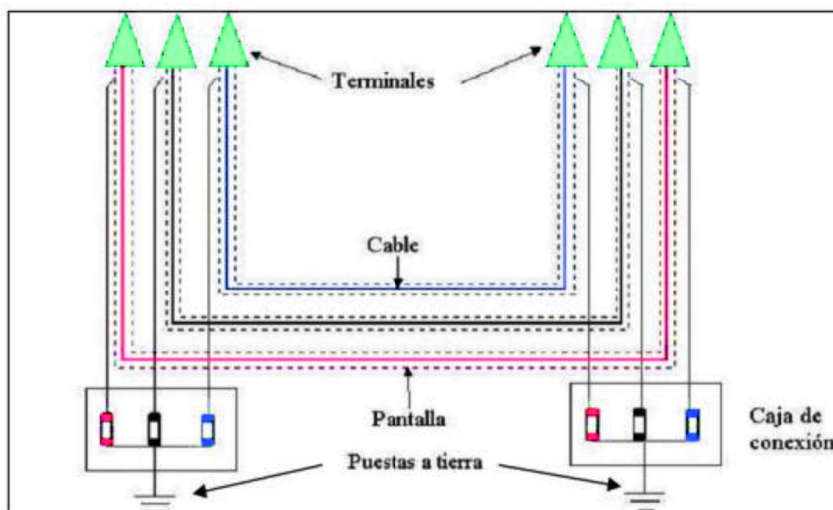
Estas pérdidas, se pueden minimizar cuando los cables están dispuestos en formación tresbolillo, tal como se ha proyectado en la instalación, sin embargo, se incrementarían con la separación de los mismos.



Como principales ventajas de este sistema de puesta a tierra de pantallas destacan:

- En régimen permanente, la tensión entre la pantalla y tierra a lo largo de la línea es próxima a cero, ya que se debe solo a la circulación capacitiva del cable.
- En régimen permanente la tensión de contacto en los extremos de las pantallas es nula para una distribución de cables al tresbolillo, caso de este proyecto

Figura 10. Sistema de puesta a tierra



4.2 CÁLCULOS

4.2.1 Cálculos de intensidad máxima admisible

Según la ITC-LAT-06, para cableados enterrados en zanja en el interior de tubos, las intensidades máximas admisibles en servicio permanente se establecen en la Tabla 12.

Figura 11.- Intensidades máximas admisibles

Sección (mm ²)	EPR		XLPE		HEPR	
	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al
25	115	90	120	90	125	95
35	135	105	145	110	150	115
50	160	125	170	130	180	135
70	200	155	205	160	220	170
95	235	185	245	190	260	200
120	270	210	280	215	295	230
150	305	235	315	245	330	255
185	345	270	355	280	375	290
240	400	310	415	320	440	345
300	450	355	460	365	500	390
400	510	405	520	415	565	450

Valores establecidos para un único circuito a una profundidad de 1 metros, en un terreno con una resistividad térmica de 1,5 K·m/W y a una temperatura de 25°C.



Esta intensidad debe corregirse dado que en ciertos puntos del trazado la profundidad será de 80cm, siendo el coeficiente de corrección 1,02. Pudiendo despreciarse al ser el único factor de corrección, y estando del lado de la seguridad.

La intensidad que circulará por la línea teniendo en cuenta la potencia a evacuar de la planta, viene dada por la siguiente ecuación.

$$I_{calc} = I_{diseño} \cdot 1,1 = \frac{S_{evac}}{U_n \cdot \sqrt{3}} \cdot 1,1$$

Donde:

S_{evac} : Potencia instalada **[4.250 kVA]**

U_n : Tensión de MT. **[15 kV]**

$$I_{diseño} = \frac{4250}{15 \cdot \sqrt{3}} = 163,58 \text{ A}$$

$$I_{calc} = 163,58 \cdot 1,10 = 179,94 \text{ A}$$

La máxima potencia que se puede transportar por esta línea, atendiendo al tipo de conductor usado es:

$$S_{máx} = I_{máx.adm.} \cdot U_n \cdot \sqrt{3}$$

Siendo $I_{máx.adm.}$ la intensidad máxima admisible para el conductor, **320 A**.

$$P_{máx} = 320 \cdot 15 \cdot \sqrt{3} = 8.313,84 \text{ kVA}$$

4.2.2 Cálculos de cortocircuito máximo

Las intensidades máximas de cortocircuito admisibles en los conductores se calculan de acuerdo a la UNE 21192, siendo válido el cálculo aproximado de las densidades de corriente que se indica a continuación.

Estas densidades de corriente se calculan de acuerdo con las temperaturas específicas de la tabla 5, considerando como temperatura inicial θ_i , la máxima asignada al conductor para servicio permanente θ_s , y como temperatura final la asignada al conductor para cortocircuitos de duración inferior a 5 segundos, θ_{cc} . En el cálculo se considera que todo el calor desprendido durante el proceso es absorbido por los conductores, ya que su masa es muy grande en comparación con la superficie de disipación de calor y la duración del proceso es relativamente corta.

$$\frac{I_{cc}}{S} = \frac{K}{\sqrt{t_{cc}}}$$

Donde:

I_{cc} : corriente de cortocircuito.

S: sección del conductor.

K: coeficiente que depende de la naturaleza del conductor y de las temperaturas al inicio y final del cortocircuito.

t_{cc} duración del cortocircuito.

Tipo de aislamiento seco	Condiciones	
	Servicio Permanente θ_s	Cortocircuito θ_{cc} ($t \leq 5$ s)
Policloruro de vinilo (PVC)*		
S ≤ 300 mm ²	70	160
S > 300 mm ²	70	140
Polietileno reticulado (XLPE)	90	250
Etileno - Propileno (EPR)	90	250
Etileno - Propileno de alto módulo (HEPR)	105 para $U_o/U \leq 18/30$ kV 90 para $U_o/U > 18/30$ kV	250

En la Tabla 26 obtenemos el valor K, conociendo que $\Delta\theta$ es 160.

Tipo de aislamiento	$\Delta\theta^*$ (K)	Duración del cortocircuito, t_{cc} , en segundos									
		0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
PVC:											
sección ≤ 300 mm ²	90	240	170	138	107	98	76	62	53	48	43
sección > 300 mm ²	70	215	152	124	96	87	68	55	48	43	39
XLPE, EPR y HEPR	160	298	211	172	133	122	94	77	66	59	54
HEPR $U_o/U \leq 18/30$ kV	145	281	199	162	126	115	89	73	63	56	51

* $\Delta\theta$ es la diferencia entre la temperatura de servicio permanente y la temperatura de cortocircuito.

$$\frac{I_{cc}}{S} = \frac{K}{\sqrt{t_{cc}}}$$

$$I_{cc} = \frac{K \cdot S}{\sqrt{t_{cc}}} = \frac{94 \cdot 240}{\sqrt{1}} = 22.560 \text{ A}$$

Por tanto, es posible calcular la potencia de cortocircuito.

$$S_{cc} = I_{cc} \cdot U_n \cdot \sqrt{3}$$

$$S_{cc} = 22.560 \cdot 15 \cdot \sqrt{3} = 586,13 \text{ MVA}$$

4.2.3 Cálculos de caída de tensión

La caída de tensión que se produce en una línea trifásica viene determinada por la fórmula:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot (R \cdot \cos \phi + X \cdot \sin \phi)$$

Donde,

ΔU : Caída de tensión en V

I: Intensidad en A.

L: Longitud de la línea en km. **[0,846 km, considerando ambos tramos]**

R: Resistencia del conductor en corriente alterna a la temperatura de servicio en Ω/Km

X: Reactancia a frecuencia en Ω/km



Θ : Ángulo de desfase entre la tensión y la corriente.

La resistencia a temperatura de servicio se calcula mediante la siguiente formula

$$R_t = R_{20} [1 + \alpha (\theta - 20)]$$

$$R_{20} = \rho_{20} L / S$$

$$\rho_{\theta} = \rho_{20} [1 + \alpha (\theta - 20)]$$

Donde:

R_t : resistencia del conductor a la temperatura θ .

R_{20} : resistencia del conductor a la temperatura de 20 °C.

α : coeficiente de variación de resistencia específica por temperatura del conductor en $^{\circ}\text{C}^{-1}$.

ρ_{θ} : resistividad del conductor a la temperatura θ .

ρ_{20} : resistividad del conductor a la temperatura 20 °C.

S : sección del conductor en mm^2 .

L : Longitud de la línea en m. **[845,88 m, considerando ambos tramos]**

θ : temperatura permanente del conductor en las condiciones de trabajo.

Para un conductor de aluminio a 20 °C según UNE-EN IEC 62641:2023 tendremos:

- Resistividad (ρ_{20}): 0,02826 ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)
- Coeficiente (α): 0,00407 ($^{\circ}\text{C}^{-1}$)

Para calcular la temperatura del conductor en condiciones de trabajo, respecto a las condiciones de montaje (25 °C para cables enterrados) se utilizará la siguiente ecuación:

$$\theta = T_0 + (T_{\text{máx}} - T_0) \cdot \left(I / I_{\text{máx}} \right)^2$$

Donde:

θ : temperatura permanente del conductor en las condiciones de trabajo.

T_0 : temperatura ambiente del conductor. **[25 °C]**

$T_{\text{máx}}$: temperatura máxima admisible para el conductor según su tipo de aislamiento **[90 °C para aislamiento de XLPE, según tabla 5];**

I : intensidad prevista para el conductor en condición de trabajo nominal **[179,94 A].**

$I_{\text{máx}}$: intensidad máxima admisible para el conductor según el sistema de instalación. **[320 A, según la tabla 12]**

$$\theta = 25 + (90 - 25) \cdot \left(179,94 / 320 \right)^2 = 45,55 \text{ } ^{\circ}\text{C}$$



$$\rho_{\theta} = 0,02826 \cdot [1 + 0,00407 \cdot (45,55 - 20)] = 0,0312 \, \Omega \, mm^2/m$$

$$R_{20} = 0,02826 \cdot \frac{845,88}{240} = 0,0996 \, \Omega$$

$$R_t = R_{20} [1 + \alpha (\theta - 20)] = 0,0996 \cdot [1 + 0,00407 \cdot (45,55 - 20)] = \mathbf{0,11 \, \Omega}$$

El valor de la **reactancia (X)** se determina según la geometría en la que se instala. En nuestro caso la instalación se realiza al tresbolillo, por lo que puede estimarse, de manera conservadora, en **0,1 Ω /km**.

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot (R \cdot \cos \phi + X \cdot \sin \phi)$$

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot 179,94 \cdot 0,846 \cdot (0,11 \cdot 0,9 + 0,1 \cdot 0,436) = 37,6 \, V$$

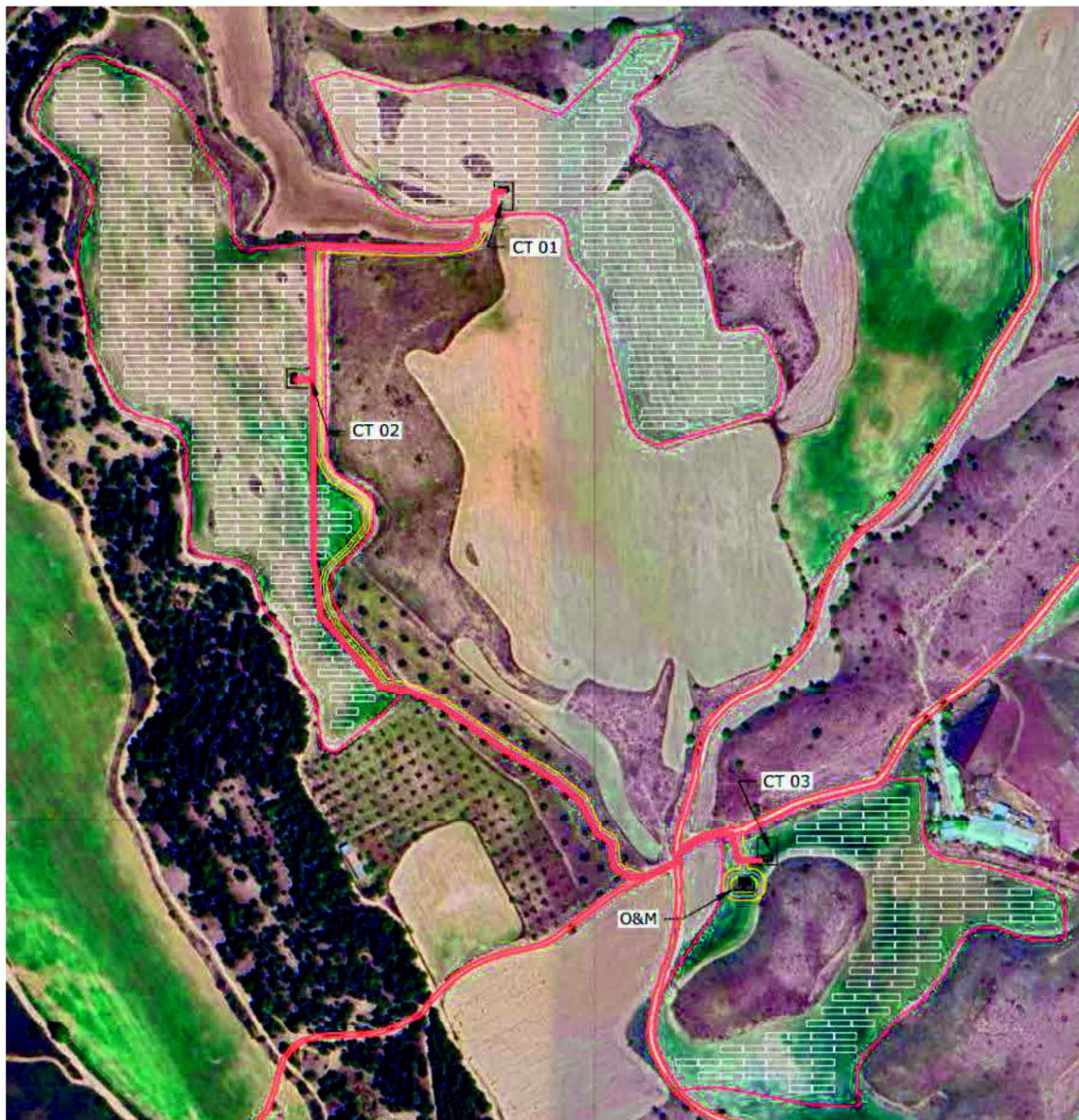
$$\% U = \frac{\Delta U}{U} = \frac{37,6}{15.000} = \mathbf{0,251 \, \%}$$

La caída de tensión máxima de la instalación, calculada de la forma más desfavorable, tiene un valor de 0,251%. En base al resultado se puede afirmar que la sección seleccionada cumple el criterio de caída de tensión máxima admisible.



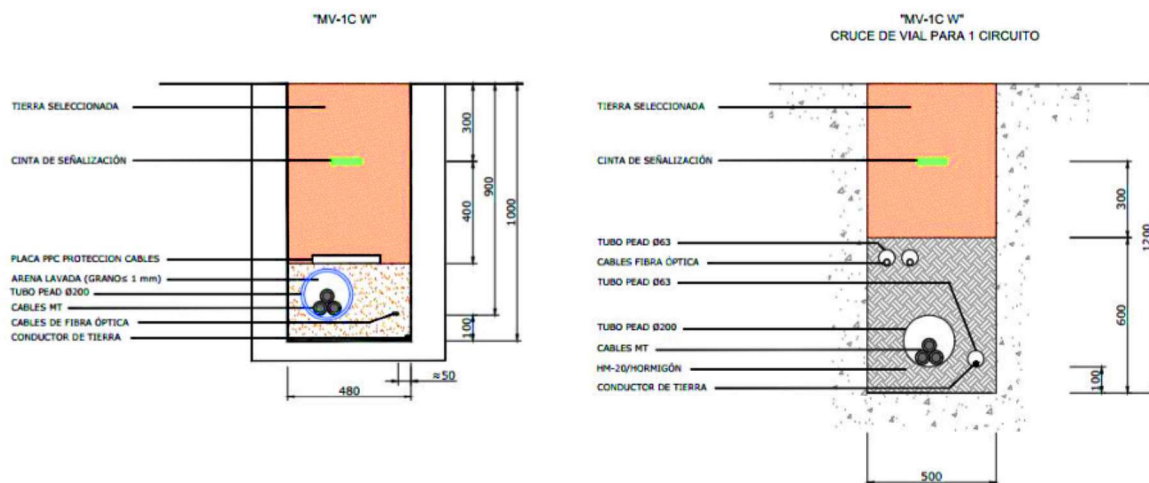
4.3 PLANOS

- Layout interconexión MT

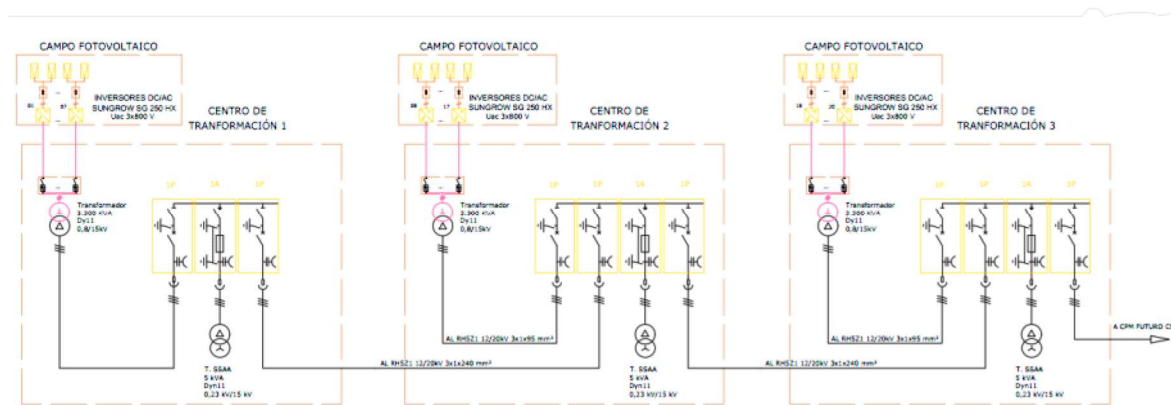




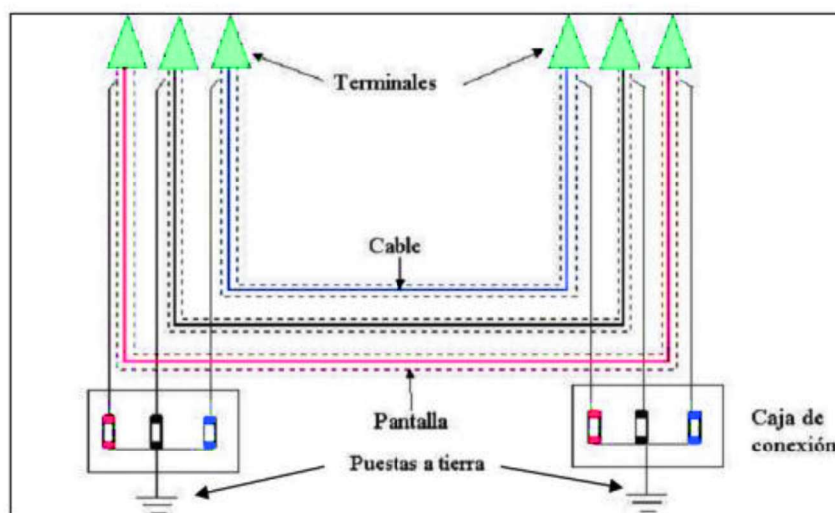
- Zanja interconexión MT



- Unifilar interconexión MT

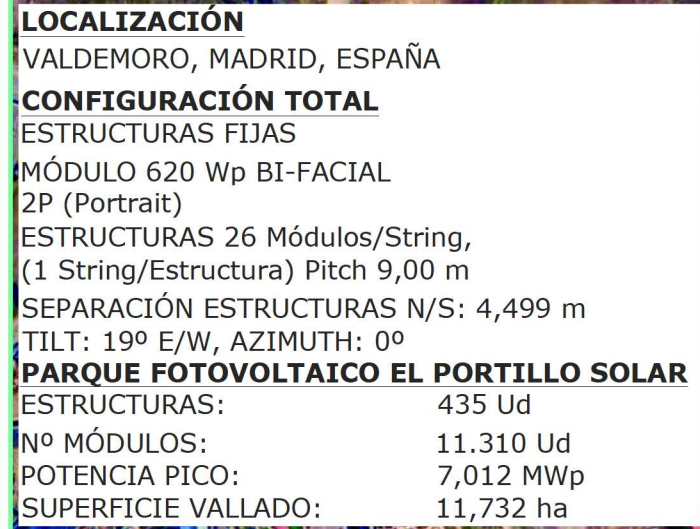


- Puesta a tierra interconexión MT





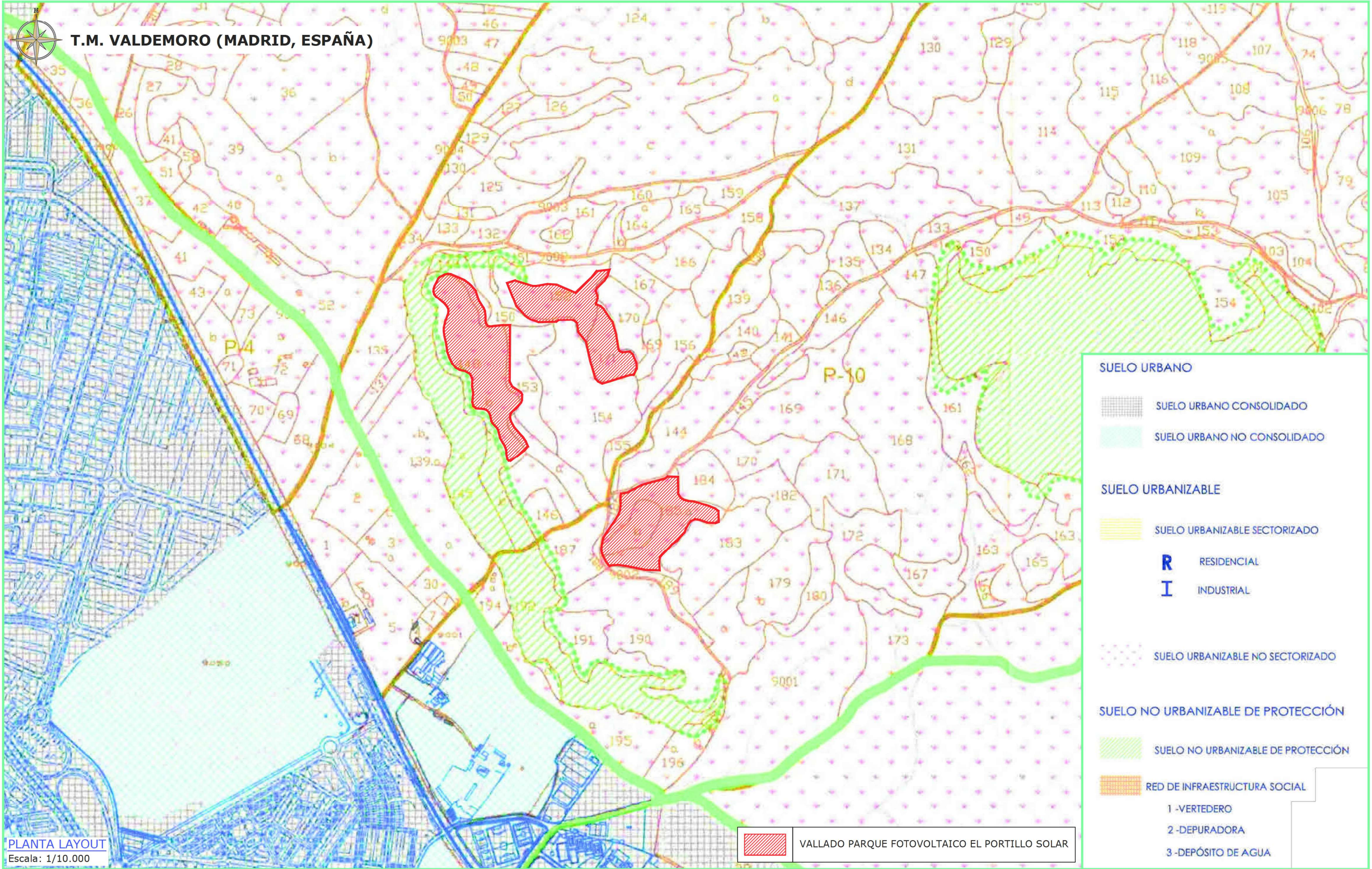
ANEJO - PLANOS

[illegible]

ingenostrum.
Executing your renewable vision

	NOMBRE	FECHA	TIPO A3
PROYECTADO		29/04/2024	ESCALA
DIBUJADO		29/04/2024	1/4000
REVISADO		09/05/2024	Nº DE PLANO
APROBADO		--	GN.102-1A

INGENOSTRUM, S.L. - Avda. de la Constitución, 34-1º, 41001 Sevilla- Registro Mercantil de Sevilla, Tomo 5132, Folio 140, Hoja SE-83852, Inscripción 1ª, C.I.F. B-91832873
ESTE PLANO Y LA INFORMACIÓN QUE SE DESARROLLA EN EL SON PROPIEDAD INTELECTUAL DE INGENOSTRUM S.L. QUEDA TERMINANTEMENTE PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DEL MISMO O LA CESIÓN A TERCEROS SIN LA AUTORIZACIÓN DE INGENOSTRUM S.L.
ARCHIVO: SP.0150.2.DUR.109-04



REV	CONCEPTO	PROYECTADO	DIBUJADO	REVISADO	APROBADO
0A	EMISIÓN INICIAL				

REV	CONCEPTO	PROYECTADO	DIBUJADO	REVISADO	APROBADO

PARQUE FOTOVOLTAICO FV EL PORTILLO SOLAR	
DELIMITACIÓN SOBRE PLANEAMIENTO MUNICIPAL	
SITUACIÓN: VALDEMORO (MADRID, ESPAÑA)	
	CONTACTO:

ingenostrum.

Executing your renewable vision

	NOMBRE	FECHA	TIPO A3
PROYECTADO		03/07/2024	ESCALA 1/10.000
DIBUJADO		03/07/2024	
REVISADO		03/07/2024	
APROBADO		03/07/2024	Nº DE PLANO UR.109-0A

INGENOSTRUM, S.L. - Avda. de la Constitución, 34-1º, 41001 Sevilla- Registro Mercantil de Sevilla, Tomo 5132, Folio 140, Hoja SE-83852, Inscripción 1ª. C.I.F. B-9182873
ESTE PLANO Y LA INFORMACIÓN QUE SE DESARROLLA EN EL SON PROPIEDAD INTELECTUAL DE INGENOSTRUM S.L. QUEDA TERMINANTEMENTE PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DEL MISMO O LA CESIÓN A TERCEROS SIN LA AUTORIZACIÓN DE INGENOSTRUM S.L.
ARCHIVO: SP.0150.2.D.GN.104-0A



T.M. VALDEMORO (MADRID, ESPAÑA)

ZONA VALLADO FV
01

ZONA VALLADO FV
02

ZONA VALLADO FV
03

LAYOUT
Escala: 1/4000

ZONA VALLADO FV 01			
Coordenadas Vallado y Puerta Acceso (UTM 30)			
PTO.01	X=443736.3077	Y=4450710.2749	
PTO.02	X=443756.0235	Y=4450716.3095	
PTO.03	X=443799.4968	Y=4450703.0449	
PTO.04	X=443837.1091	Y=4450707.6789	
PTO.05	X=443860.1855	Y=4450706.0327	
PTO.06	X=443906.7301	Y=4450686.1340	
PTO.07	X=443959.0267	Y=4450739.5590	
PTO.08	X=443991.8328	Y=4450743.1549	
PTO.09	X=443957.0490	Y=4450692.1912	
PTO.10	X=443962.1354	Y=4450670.9490	
PTO.11	X=443958.1089	Y=4450656.3944	
PTO.12	X=443969.3437	Y=4450652.1937	
PTO.13	X=443999.3563	Y=4450612.2312	
PTO.14	X=444016.0676	Y=4450541.0357	
PTO.15	X=444042.1895	Y=4450539.5276	
PTO.16	X=444058.6596	Y=4450510.4933	
PTO.17	X=444059.3216	Y=4450495.8592	
PTO.18	X=444051.7115	Y=4450480.2187	
PTO.19	X=443973.3487	Y=4450458.5883	
PTO.20	X=443956.0718	Y=4450471.4141	
PTO.21	X=443932.9163	Y=4450563.6670	
PTO.22	X=443913.3010	Y=4450588.3821	
PTO.23	X=443910.7676	Y=4450609.8871	
PTO.24	X=443897.8931	Y=4450618.1667	
PTO.25	X=443865.4694	Y=4450617.7499	
PTO.26	X=443859.1081	Y=4450613.0308	
PTO.27	X=443814.8519	Y=4450612.0450	
PTO.28	X=443793.1934	Y=4450619.9372	
PTO.29	X=443759.4848	Y=4450652.1401	

Coordenada Puerta Acceso
(UTM 30)

AC1 X=443853.7078 Y=4450612.9105

ZONA VALLADO FV 03			
Coordenadas Vallado y Puerta Acceso (UTM 30)			

PTO.68	X=444019.8880	Y=4450188.8919
PTO.69	X=444033.9852	Y=4450191.0314
PTO.70	X=444068.6884	Y=4450208.7789
PTO.71	X=444131.9938	Y=4450229.5182
PTO.72	X=444156.4090	Y=4450228.6505
PTO.73	X=444156.9063	Y=4450188.5414
PTO.74	X=444170.5305	Y=4450174.2471
PTO.75	X=444195.2172	Y=4450169.9769
PTO.76	X=444253.6474	Y=4450147.1409
PTO.77	X=444254.3296	Y=4450120.8821
PTO.78	X=444246.6161	Y=4450118.0926
PTO.79	X=444227.0419	Y=4450119.2871
PTO.80	X=444197.4479	Y=4450127.3028
PTO.81	X=444187.6860	Y=4450123.1629
PTO.82	X=444172.0777	Y=4450095.7570
PTO.83	X=444113.6592	Y=4450036.2757
PTO.84	X=444111.3178	Y=4450026.6805
PTO.85	X=444112.6403	Y=4450004.0590
PTO.86	X=444078.0077	Y=4450005.0792
PTO.87	X=444014.8735	Y=4450016.8561
PTO.88	X=443991.8467	Y=4450014.7679
PTO.89	X=443974.0040	Y=4450044.8836
PTO.90	X=443973.0329	Y=4450063.4978
PTO.91	X=443977.3840	Y=4450083.5835
PTO.92	X=444011.4765	Y=4450134.8348
PTO.93	X=444018.3786	Y=4450158.6833

Coordenada Puerta Acceso
(UTM 30)

AC4 X=444030.4150 Y=4450190.4896

ZONA VALLADO FV 02			
Coordenadas Vallado y Puerta Acceso (UTM 30)			
PTO.30	X=443545.2233	Y=4450681.1102	
PTO.31	X=443556.9747	Y=4450713.8062	
PTO.32	X=443581.7619	Y=4450727.0715	
PTO.33	X=443624.5261	Y=4450711.9085	
PTO.34	X=443653.8499	Y=4450685.3614	
PTO.35	X=443662.6680	Y=4450659.7835	
PTO.36	X=443678.9202	Y=4450633.2980	
PTO.37	X=443686.7892	Y=4450594.6772	
PTO.38	X=443744.3585	Y=4450597.6571	
PTO.39	X=443746.0658	Y=4450451.8297	
PTO.40	X=443776.0408	Y=4450424.6606	
PTO.41	X=443776.5625	Y=4450398.9898	
PTO.42	X=443749.2926	Y=4450357.3955	
PTO.43	X=443796.2417	Y=4450286.3147	
PTO.44	X=443752.1524	Y=4450248.0151	
PTO.45	X=443743.5225	Y=4450252.1428	
PTO.46	X=443736.2854	Y=4450286.7242	
PTO.47	X=443723.8691	Y=4450306.7874	
PTO.48	X=443718.8385	Y=4450326.5700	
PTO.49	X=443700.5606	Y=4450349.7543	
PTO.50	X=443695.4982	Y=4450368.7073	
PTO.51	X=443683.1631	Y=4450379.8447	
PTO.52	X=443660.7396	Y=4450381.7162	
PTO.53	X=443653.2462	Y=4450388.0719	
PTO.54	X=443650.7067	Y=4450398.2218	
PTO.55	X=443652.5527	Y=4450419.8054	
PTO.56	X=443649.7114	Y=4450456.9871	
PTO.57	X=443643.6999	Y=4450469.4141	
PTO.58	X=443631.8346	Y=4450476.1079	
PTO.59	X=443606.1887	Y=4450485.0460	
PTO.60	X=443597.3823	Y=4450496.2512	
PTO.61	X=443584.1173	Y=4450525.7775	
PTO.62	X=443575.3633	Y=4450568.2564	
PTO.63	X=443573.8286	Y=4450588.0950	
PTO.64	X=443584.5718	Y=4450625.7820	
PTO.65	X=443584.7865	Y=4450635.0891	
PTO.66	X=443574.6517	Y=4450649.8289	
PTO.67	X=443552.1112	Y=4450668.0805	

Coordenada Puerta Acceso
(UTM 30)

AC2 X=443744.3998 Y=4450594.0462
AC3 X=443792.0169 Y=4450295.6391

REV	CONCEPTO	PROYECTADO	DIBUJADO	REVISADO	APROBADO
0A	EMISIÓN INICIAL				

REV	CONCEPTO	PROYECTADO	DIBUJADO	REVISADO	APROBADO

PARQUE FOTOVOLTAICO
FV EL PORTILLO SOLAR

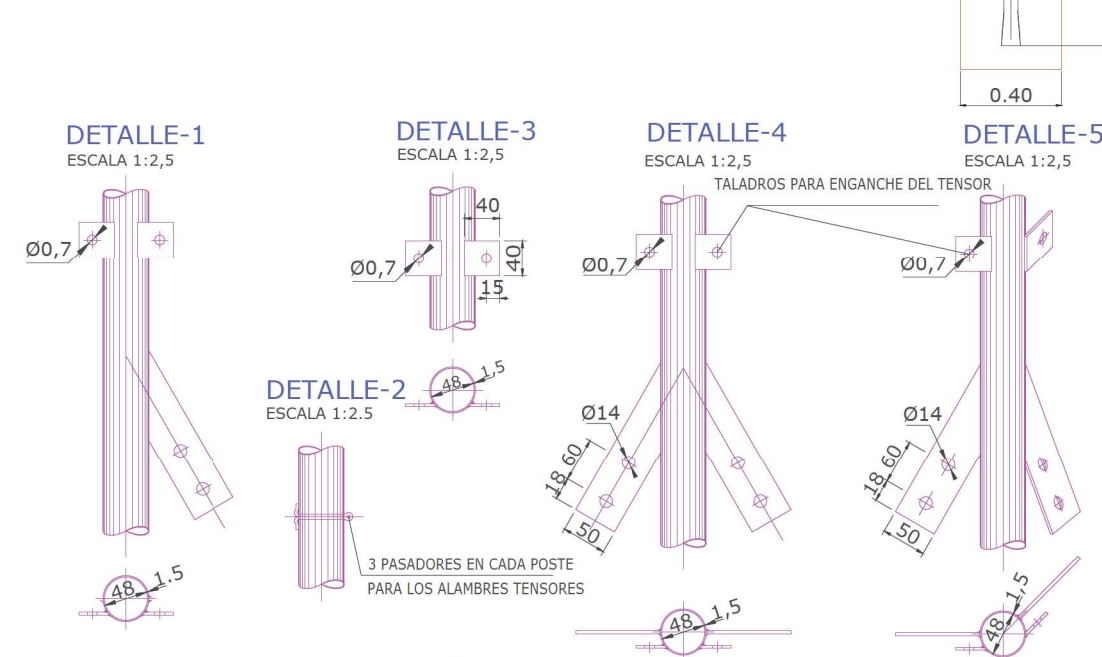
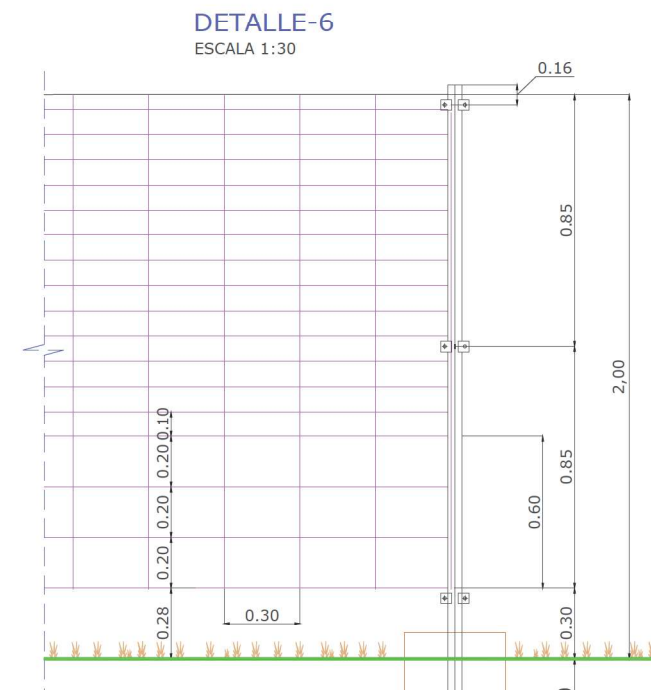
COORDENADAS VALLADO Y ACCESOS

SITUACIÓN: VALDEMORO (MADRID, ESPAÑA)

CONTACTO:

ingenostрум.
Executing your renewable vision

	NOMBRE	FECHA	TIPO A3
PROYECTADO	---	30/04/2024	ESCALA
DIBUJADO		30/04/2024	1/4000
REVISADO		09/05/2024	Nº DE PLANO
APROBADO		09/05/2024	GN.104-0A



Características
Vallado Cinagético.
Malla metálica de alambre galvanizado dimensiones de 200x20x30 cm.
Altura Máx. de la malla: 2,00 metros

Separaciones
Distancia mínima entre postes de entre 5,00-6,00 metros

NORMATIVA
RD 450/2022 Código Técnico de la Edificación
Documentos Básicos CTE aplicables: Seguridad Estructural, Acero, Cimientos, etc.
Real Decreto 470/2021, de 29 de junio, por el que se aprueba el Código Estructural

[illegible]

PARQUE FOTOVOLTAICO FV EL PORTILLO SOLAR		 Executing your renewable vision																			
DETALLE VALLA PERIMETRAL																					
SITUACIÓN: VALDEMORO (MADRID, ESPAÑA)																					
		<table><tr><th></th><th>NOMBRE</th><th>FECHA</th><th>TIPO A3</th></tr><tr><td>PROYECTADO</td><td></td><td>02/05/2024</td><td rowspan="2">ESCALA 1/60</td></tr><tr><td>DIBUJADO</td><td></td><td>02/07/2026</td></tr><tr><td>REVISADO</td><td></td><td>02/07/2026</td><td rowspan="2">Nº DE PLANO MC.102-1A</td></tr><tr><td>APROBADO</td><td></td><td>02/07/2026</td></tr></table>			NOMBRE	FECHA	TIPO A3	PROYECTADO		02/05/2024	ESCALA 1/60	DIBUJADO		02/07/2026	REVISADO		02/07/2026	Nº DE PLANO MC.102-1A	APROBADO		02/07/2026
	NOMBRE	FECHA	TIPO A3																		
PROYECTADO		02/05/2024	ESCALA 1/60																		
DIBUJADO		02/07/2026																			
REVISADO		02/07/2026	Nº DE PLANO MC.102-1A																		
APROBADO		02/07/2026																			
CONTACTO:																					

INGENOSTRUM, S.L. - Avda. de la Constitución, 34-1º, 41001 Sevilla- Registro Mercantil de Sevilla, Tomo 5132, Folio 140, Hoja SE-83852, Inscripción 1ª. C.I.F. B-91832873
ESTE PLANO Y LA INFORMACIÓN QUE SE DESARROLLA EN EL SON PROPIEDAD INTELECTUAL DE INGENOSTRUM S.L. QUEDA TERMINANTEMENTE PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DEL MISMO O LA CESIÓN A TERCEROS SIN LA AUTORIZACIÓN DE INGENOSTRUM S.L.
ARCHIVO: SP.0150.2.DCV.102-2A



PARQUE FV EL PORTILLO	
NÚMERO DE LÍNEAS BT:	20
LONGITUD TOTAL DE LAS LÍNEAS BT:	2.177 m
CONDUCTOR BT:	RV AI 0,6/1 kV
SECCIÓN DEL CONDUCTOR:	300 mm ²
POTENCIA PICO:	7,012 MWp
POTENCIA INVERSORES:	250,00 kW
CENTRO DE TRANSFORMACIÓN:	3.300 kVA
POTENCIA POR LÍNEA BT:	253,00 kVA

LEYENDA LÍNEAS BT

---	Línea BT 01	---	Línea BT 11
---	Línea BT 02	---	Línea BT 12
---	Línea BT 03	---	Línea BT 13
---	Línea BT 04	---	Línea BT 14
---	Línea BT 05	---	Línea BT 15
---	Línea BT 06	---	Línea BT 16
---	Línea BT 07	---	Línea BT 17
---	Línea BT 08	---	Línea BT 18
---	Línea BT 09	---	Línea BT 19
---	Línea BT 10	---	Línea BT 20

LEYENDA

—○—	VALLADO
==	CAMINOS
==	CAMINOS PÚBLICOS
---	PARCELA CATASTRAL
O&M	INSTALACIONES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

REV	CONCEPTO	PROYECTADO	DIBUJADO	REVISADO	APROBADO
0A	EMISIÓN INICIAL				
1A	REVISIÓN POR CAMBIO EN LAS LÍNEAS DE BAJA TENSIÓN				
2A	REVISIÓN POR CAMBIO DE INVERSOR Y LÍNEAS BT				

REV	CONCEPTO	PROYECTADO	DIBUJADO	REVISADO	APROBADO

PARQUE FOTOVOLTAICO
FV EL PORTILLO SOLAR

LAYOUT CANALIZACIONES BT,MT Y FO

SITUACIÓN: VALDEMORO (MADRID, ESPAÑA)

CONTACTO:

ingenostрум.
Executing your renewable vision

	NOMBRE	FECHA	TIPO A3
PROYECTADO		04/06/2024	ESCALA 1/4000
DIBUJADO		04/06/2024	
REVISADO		05/06/2024	
APROBADO		05/06/2024	Nº DE PLANO CV.102-2A 1/3

INGENOSTRUM, S.L. - Avda. de la Constitución, 34-1º, 41001 Sevilla- Registro Mercantil de Sevilla, Tomo 5132, Folio 140, Hoja SE-83852, Inscripción 1ª. C.I.F. B-91832873
ESTE PLANO Y LA INFORMACIÓN QUE SE DESARROLLA EN EL SON PROPIEDAD INTELECTUAL DE INGENOSTRUM S.L. QUEDA TERMINANTEMENTE PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DEL MISMO O LA CESIÓN A TERCEROS SIN LA AUTORIZACIÓN DE INGENOSTRUM S.L.
ARCHIVO: SP.0150.2.DCV.102-2A



PARQUE FV EL PORTILLO

NÚMERO DE LÍNEAS MT: 02
LONGITUD TOTAL DE LAS LÍNEAS MT: 845,87 m
CONDUCTOR MT: AI RHZ1-20L (S) 12/20 kV
SECCIÓN DEL CONDUCTOR: 240 mm²
POTENCIA PICO: 7,012 MWp
CENTRO DE TRANSFORMACIÓN: 3.300 kVA

LEYENDA LÍNEAS MT

--- Líneas MT

LEYENDA

	VALLADO
	CAMINOS
	CAMINOS PÚBLICOS
	PARCELA CATASTRAL
O&M	INSTALACIONES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

PLANTA LAYOUT

Escala: 1/4000

REV	CONCEPTO
0A	EMISIÓN INICIAL
1A	REVISIÓN POR CAMBIO EN LAS LÍNEAS DE BAJA TENSIÓN
2A	REVISIÓN POR CAMBIO DE INVERSOR Y LÍNEAS BT

PROYECTADO DIBUJADO REVISADO APROBADO

REV	CONCEPTO

PROYECTADO DIBUJADO REVISADO APROBADO

PARQUE FOTOVOLTAICO
FV EL PORTILLO SOLAR

LAYOUT CANALIZACIONES BT,MT Y FO

SITUACIÓN: VALDEMORO (MADRID, ESPAÑA)

CONTACTO:

ingenostrum.
Executing your renewable vision

	NOMBRE	FECHA	TIPO A3
PROYECTADO		04/06/2024	
DIBUJADO		04/06/2024	ESCALA
REVISADO		05/06/2024	1/4000
APROBADO		05/06/2024	Nº DE PLANO
			CV.102-2A 2/3



PARQUE FV EL PORTILLO
NÚMERO DE LÍNEAS FO: 03
LONGITUD TOTAL FIBRA OPTICA: 872,59 m
POTENCIA PICO: 7,012 MWp
CENTRO DE TRANSFORMACIÓN: 3.300 kVA

LEYENDA LÍNEAS MT
Líneas FO

LEYENDA	
	VALLADO
	CAMINOS
	CAMINOS PÚBLICOS
	PARCELA CATASTRAL
O&M	INSTALACIONES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

REV	CONCEPTO	PROYECTADO	DIBUJADO	REVISADO	APROBADO
0A	EMISIÓN INICIAL				
1A	REVISIÓN POR CAMBIO EN LAS LÍNEAS DE BAJA TENSIÓN				
2A	REVISIÓN POR CAMBIO DE INVERSOR Y LÍNEAS BT				

REV	CONCEPTO	PROYECTADO	DIBUJADO	REVISADO	APROBADO

PARQUE FOTOVOLTAICO
FV EL PORTILLO SOLAR

LAYOUT CANALIZACIONES BT,MT Y FO

SITUACIÓN: VALDEMORO (MADRID, ESPAÑA)

CONTACTO:

Executing your renewable vision

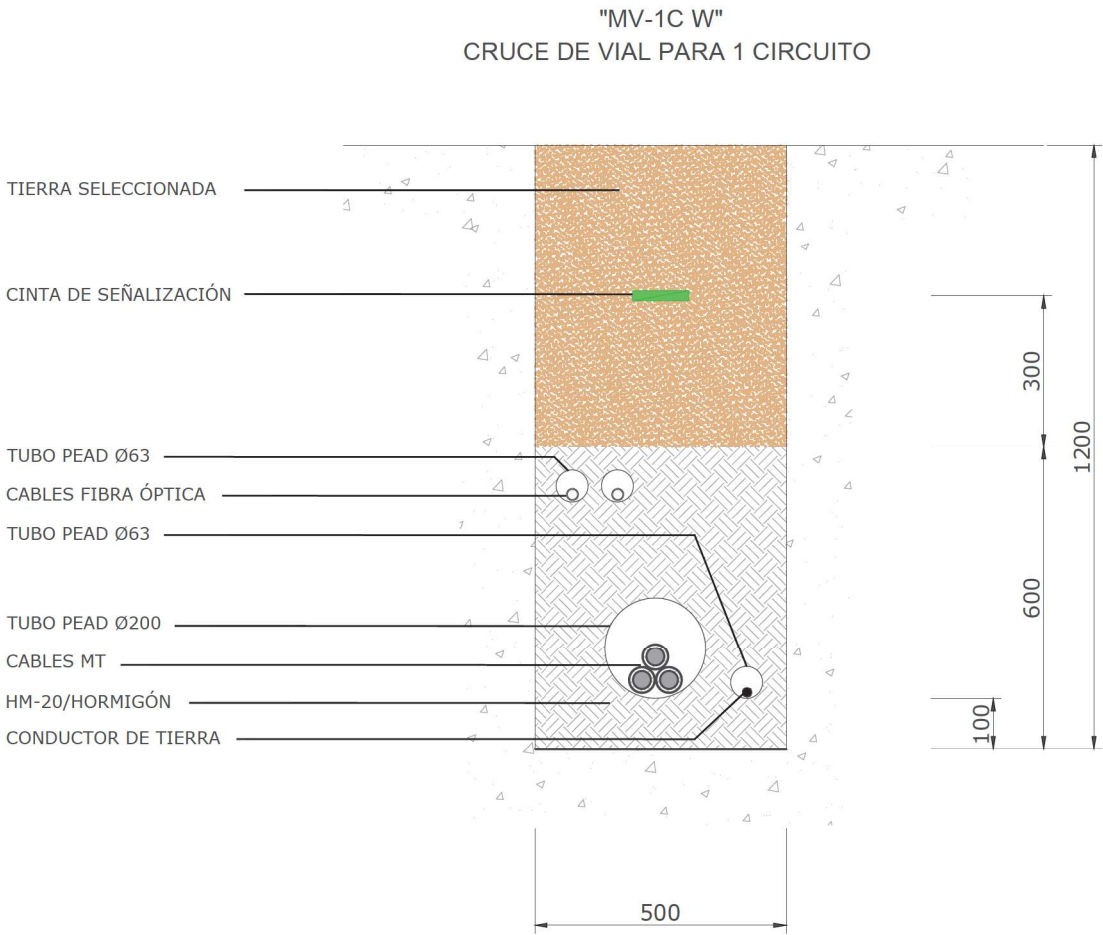
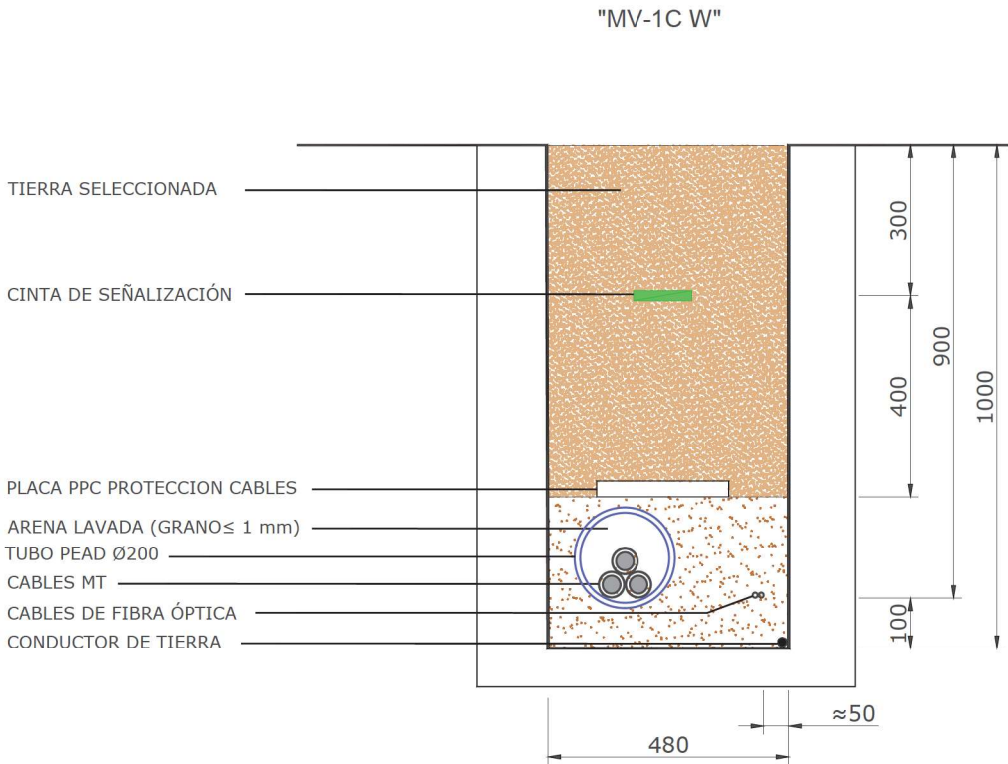
NOMBRE	FECHA	TIPO A3
PROYECTADO	04/06/2024	ESCALA
DIBUJADO	04/06/2024	1/4000
REVISADO	05/06/2024	Nº DE PLANO
APROBADO	05/06/2024	CV.102-2A 3/3

REV	CONCEPTO	PROYECTADO	DIBUADO	REVISADO	APROBADO
0A	EMISIÓN INICIAL				
1A	MODIFICADO				

REV	CONCEPTO	PROYECTADO	DIBUADO	REVISADO	APROBADO

PARQUE FOTOVOLTAICO FV EL PORTILLO SOLAR	
SECCIONES ZANJAS MT	
SITUACIÓN: VALDEMORO (MADRID, ESPAÑA)	
	CONTACTO:

ingenostrum. Executing your renewable vision			
	NOMBRE	FECHA	TIPO A3
PROYECTADO		02/05/2024	ESCALA 1/15
DIBUADO		02/07/2026	
REVISADO		02/07/2026	Nº DE PLANO CV.103-1A
APROBADO		02/07/2026	

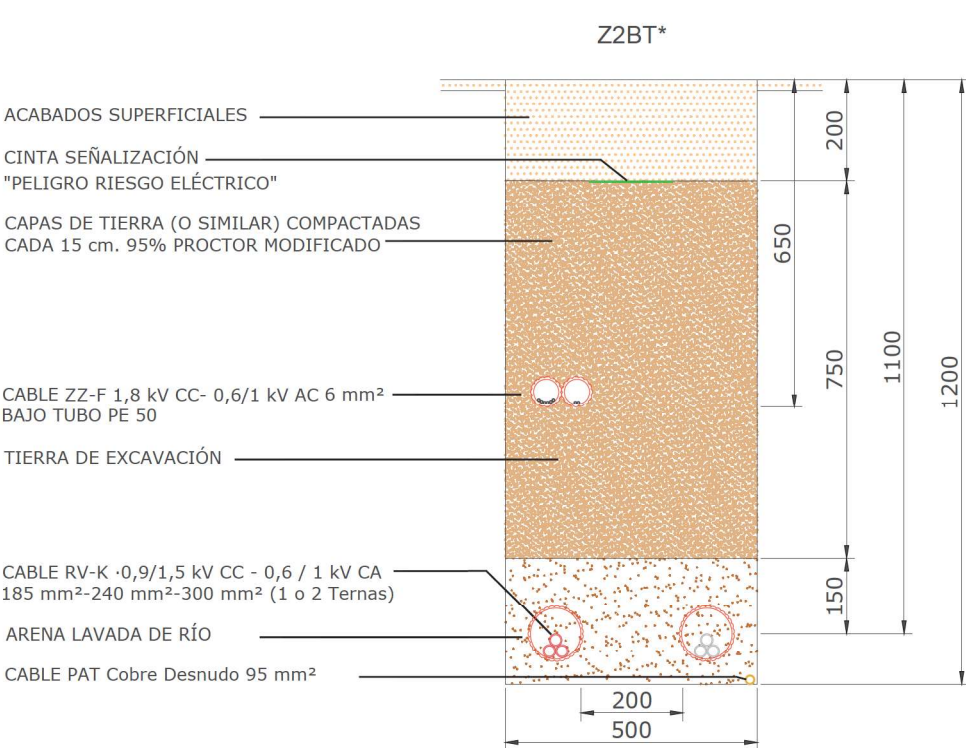
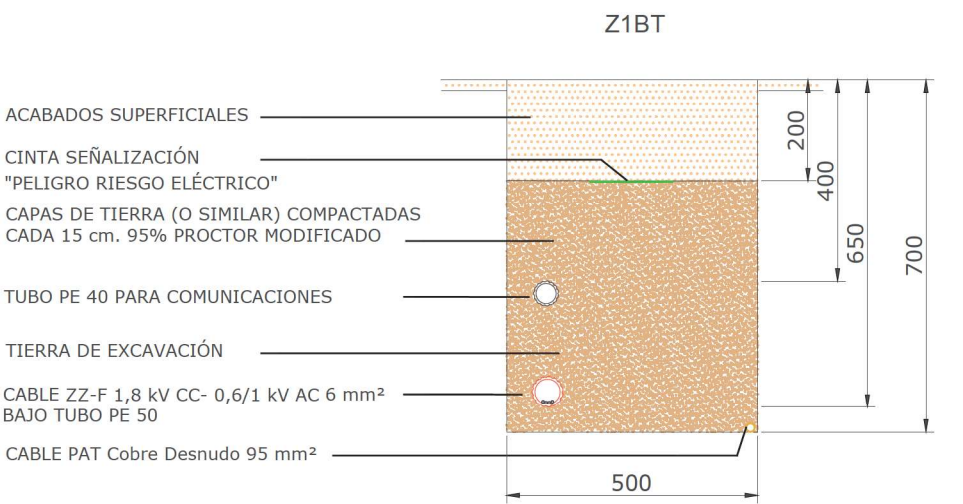


REV	CONCEPTO	PROYECTADO	DIBUADO	REVISADO	APROBADO
0A	EMISIÓN INICIAL				
1A	MODIFICADO				

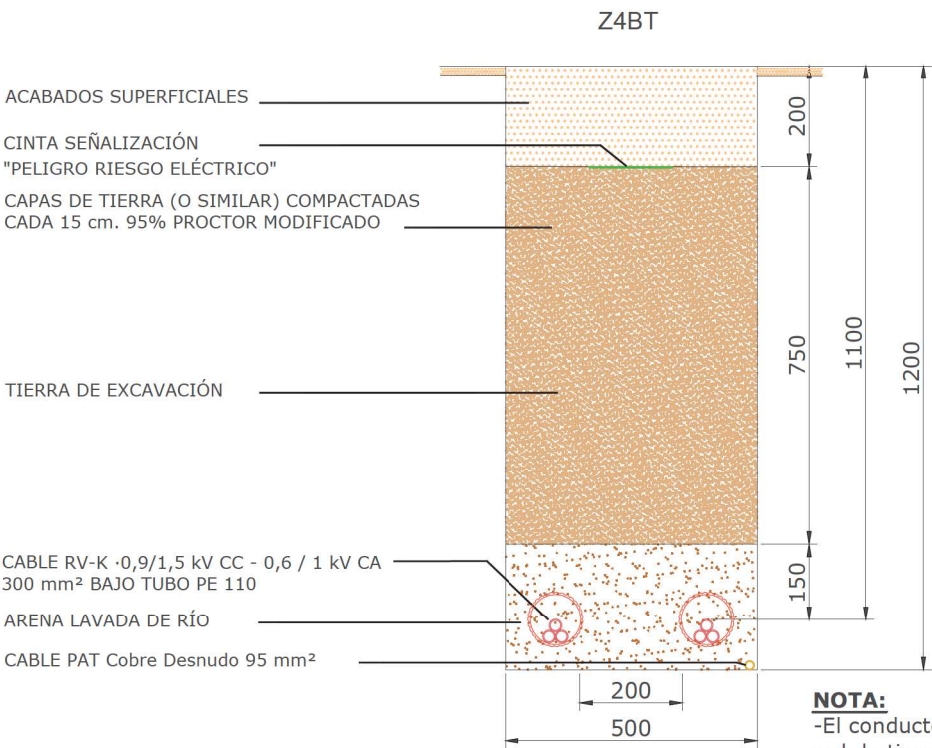
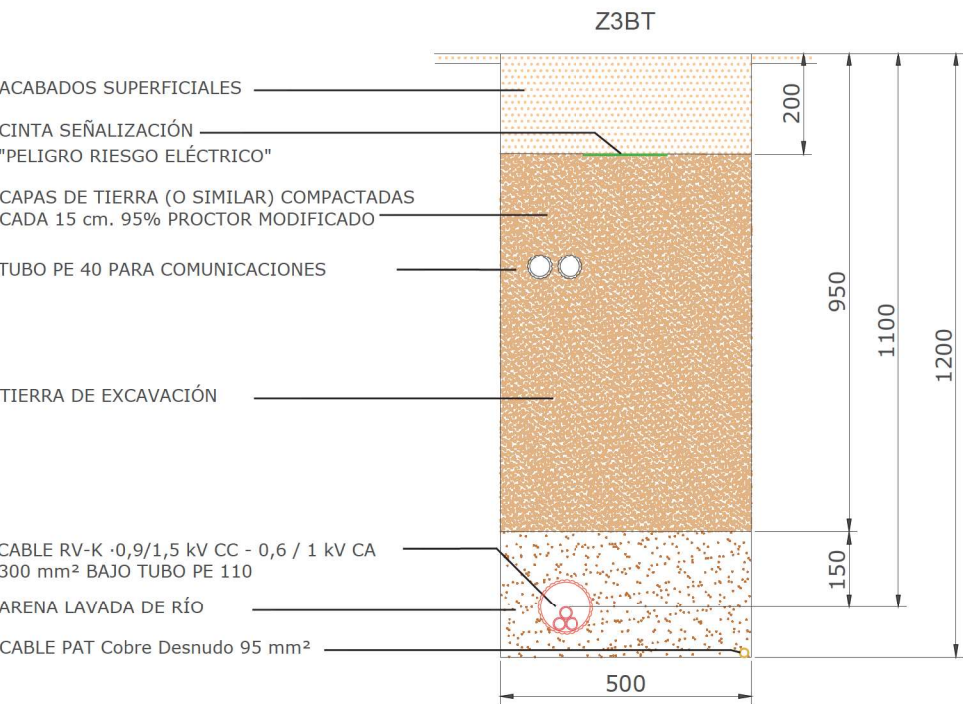
REV	CONCEPTO	PROYECTADO	DIBUADO	REVISADO	APROBADO

PARQUE FOTOVOLTAICO FV EL PORTILLO SOLAR
SECCIONES ZANJAS BT
SITUACIÓN: VALDEMORO (MADRID, ESPAÑA)
CONTACTO:

ingenostrum.		Executing your renewable vision	
	NOMBRE	FECHA	TIPO A3
PROYECTADO		02/05/2024	ESCALA 1/15
DIBUADO		02/07/2026	
REVISADO		02/07/2026	Nº DE PLANO CV.104-1A 1/3
APROBADO		02/07/2026	



*Solo en casos donde Cable ZZ-F y RV-K comparten la misma zanja

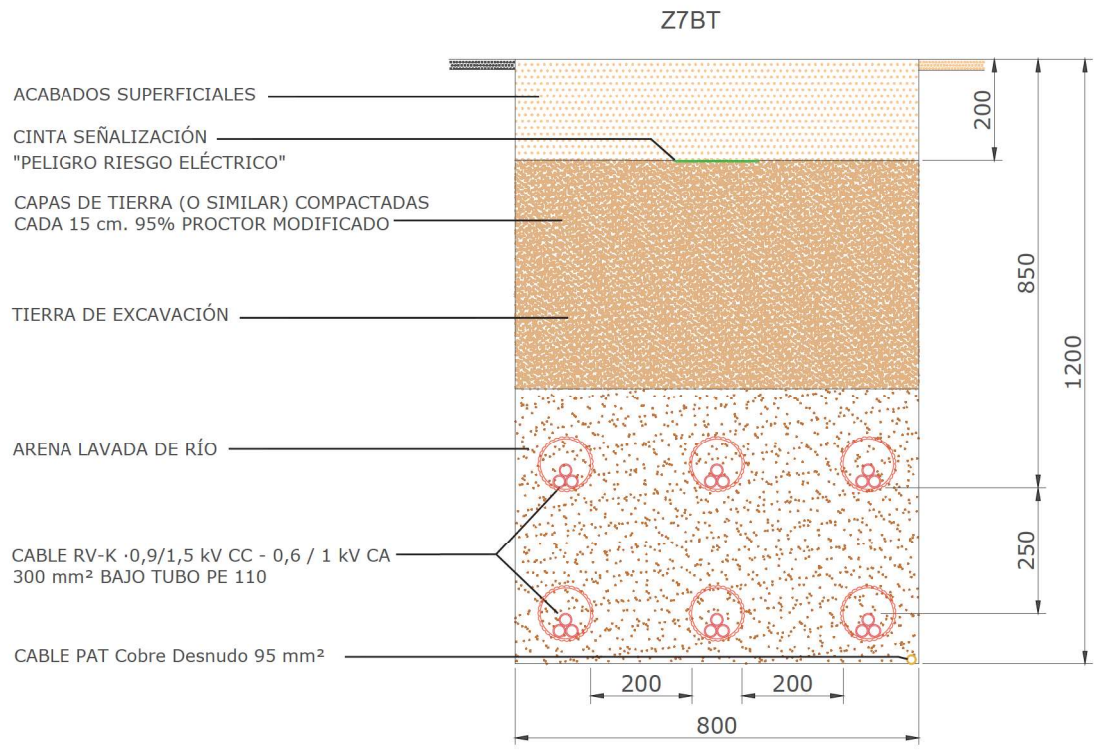
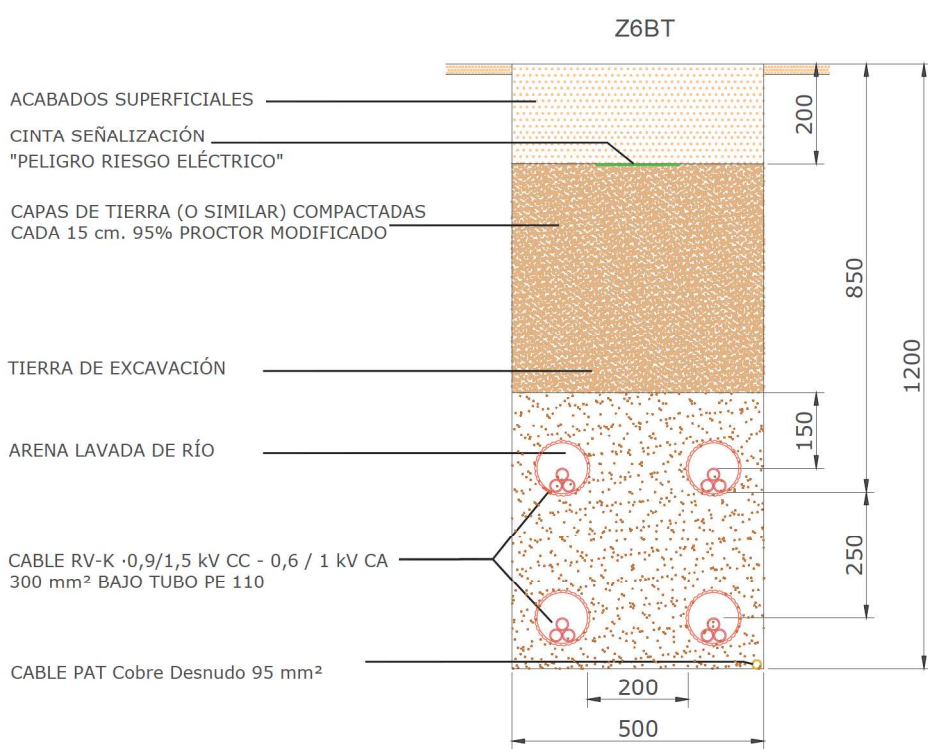
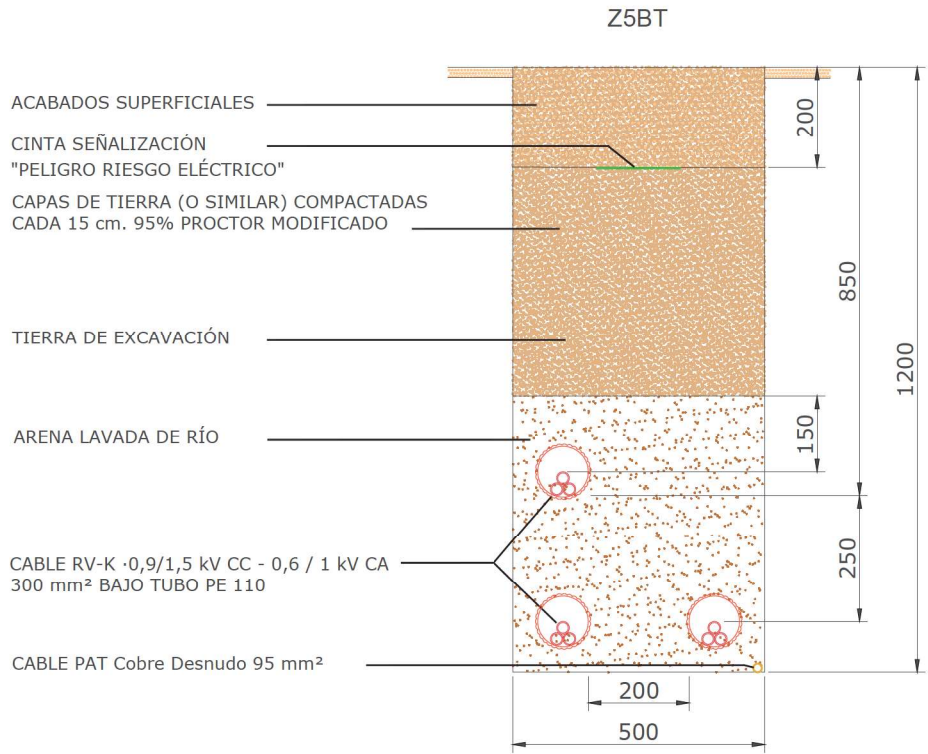


NOTA:

- El conductor de PAT se coloca en los tramos donde coincida la red de tierras con el trazado de la Zanja
- Los Conductores de Baja tensión de conexión entre Módulos estarán entubados y tendidos a una distancia mínima de 60 cm de la superficie
- Los Conductores de salida de cada inversor estarán directamente enterrados a una distancia mínima de 110 cm de la superficie
- En caso de que aplique, el conductor de comunicaciones irá canalizado en tubería a 40 cm de la superficie

REV	CONCEPTO	PROYECTADO	DIBUADO	REVISADO	APROBADO
0A	EMISIÓN INICIAL				
1A	MODIFICADO				

REV	CONCEPTO	PROYECTADO	DIBUADO	REVISADO	APROBADO



NOTA:

- El conductor de PAT se coloca en los tramos donde coincida la red de tierras con el trazado de la Zanja
- Los Conductores de Baja tensión de conexión entre Módulos estarán entubados y tendidos a una distancia mínima de 60 cm de la superficie
- Los Conductores de salida de cada inversor estarán directamente enterrados a una distancia mínima de 110 cm de la superficie
- En caso de que aplique, el conductor de comunicaciones irá canalizado en tubería a 40 cm de la superficie

PARQUE FOTOVOLTAICO FV EL PORTILLO SOLAR
SECCIONES ZANJAS BT
SITUACIÓN: VALDEMORO (MADRID, ESPAÑA)
CONTACTO:

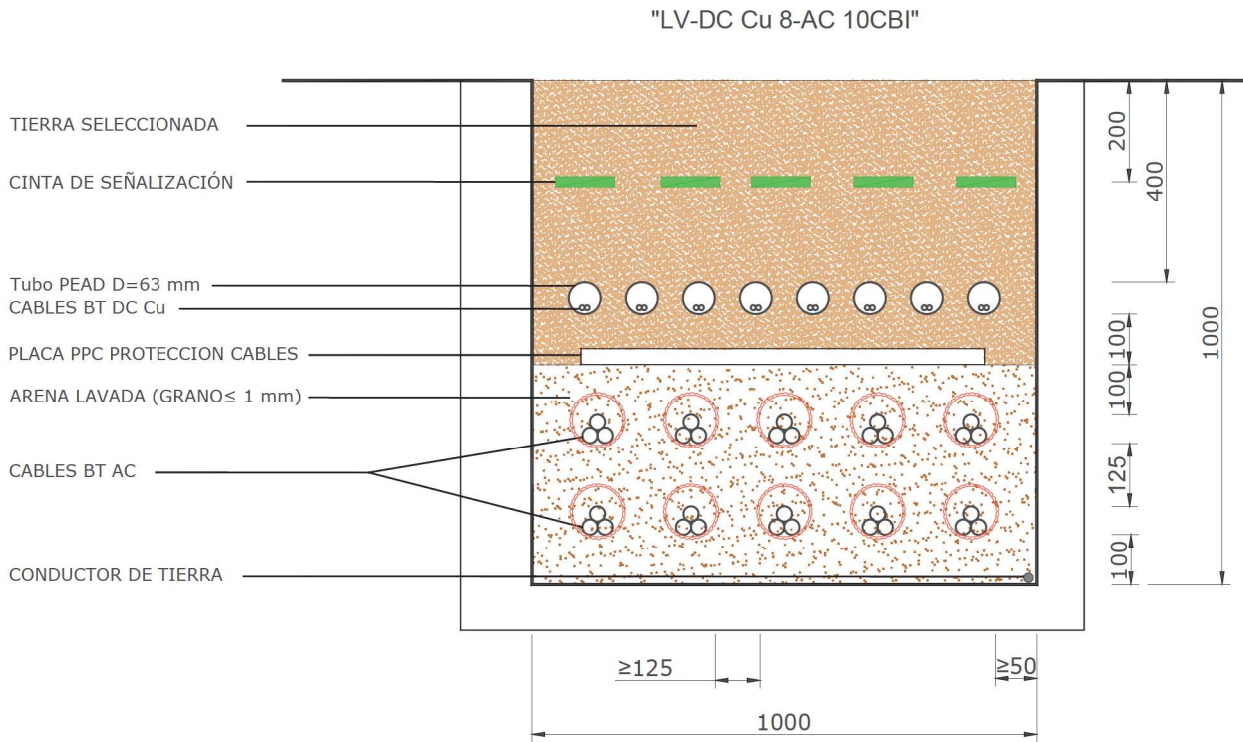
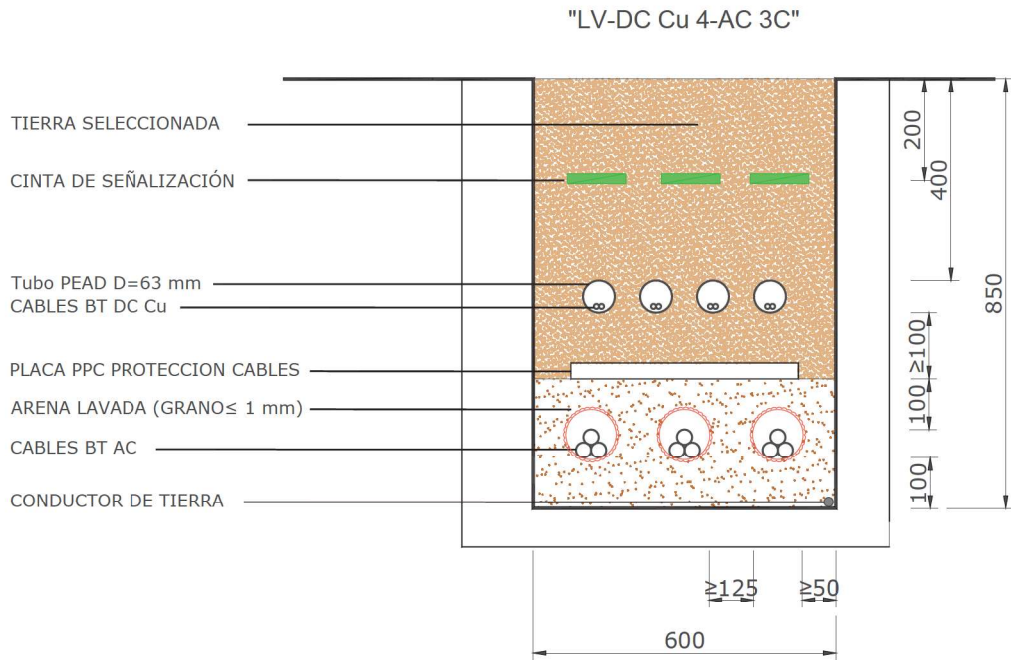
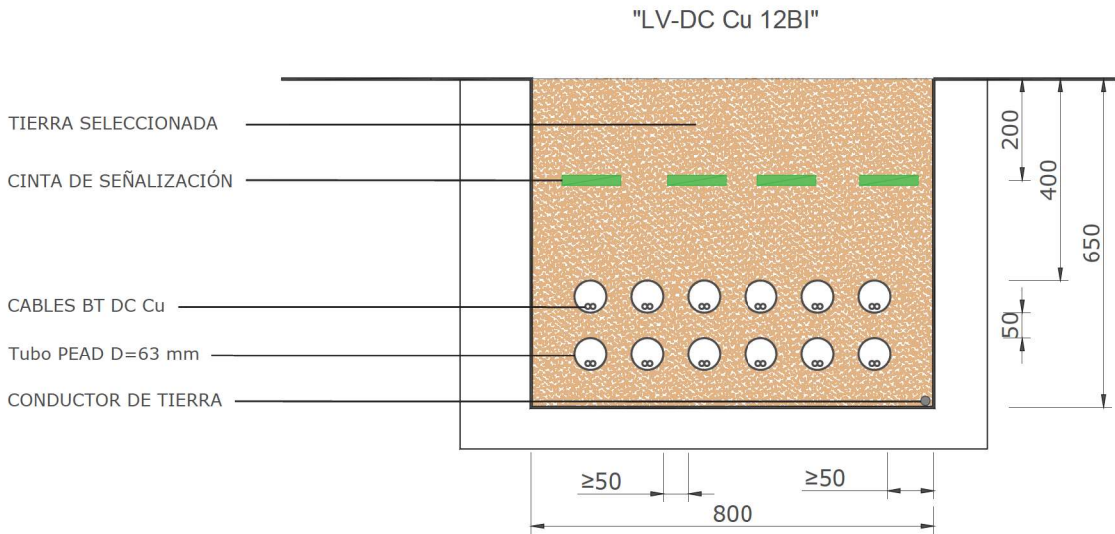
ingenostрум.	
Executing your renewable vision	
NOMBRE	FECHA
PROYECTADO	02/05/2024
DIBUADO	02/07/2026
REVISADO	02/07/2026
APROBADO	02/07/2026
TIPO A3	ESCALA
	1/15
Nº DE PLANO	CV.104-1A 2/3

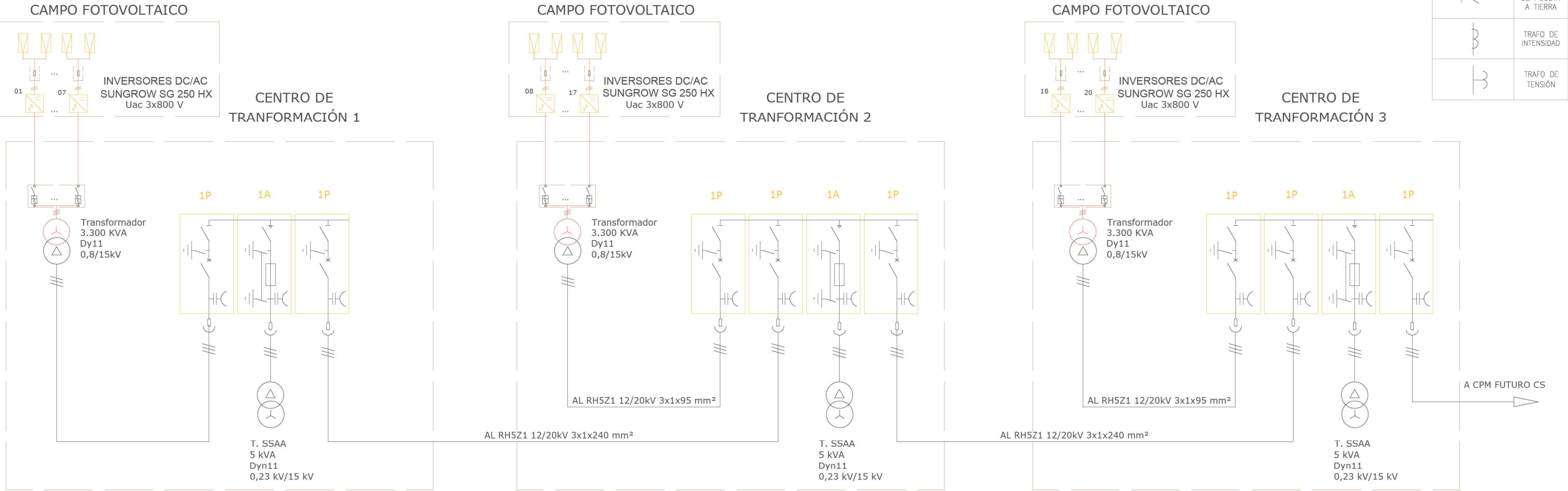
REV	CONCEPTO	PROYECTADO	DIBUADO	REVISADO	APROBADO
0A	EMISIÓN INICIAL				
1A	MODIFICADO				

REV	CONCEPTO	PROYECTADO	DIBUADO	REVISADO	APROBADO

PARQUE FOTOVOLTAICO FV EL PORTILLO SOLAR	
SECCIONES ZANJAS BT	
SITUACIÓN: VALDEMORO (MADRID, ESPAÑA)	
	CONTACTO:

ingenostrum. Executing your renewable vision			
	NOMBRE	FECHA	TIPO A3
PROYECTADO		02/05/2024	
DIBUADO		02/07/2026	ESCALA 1/15
REVISADO		02/07/2026	
APROBADO		02/07/2026	Nº DE PLANO CV.104-1A 3/3





EQUIPOS CONTROL Y PROTECCIÓN	
	NOMBRE
	MATRIZ FOTOVOLTAICA
	INVERSOR FOTOVOLTAICO
	TRASFORMADOR
	SECCIONADOR
	INTERRUPTOR SECCIONADOR
	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO DE CORTE EN VACÍO
	SECCIONADOR DE PUESTA A TIERRA
	TRAFÓ DE INTENSIDAD
	TRAFÓ DE TENSIÓN

DIAGRAMA UNIFILAR DE MEDIA TENSIÓN
Escala: S/E

REV		CONCEPTO	PROYECTADO	DIBUJADO	REVISADO	APROBADO	PARQUE FOTOVOLTAICO FV EL PORTILLO SOLAR		ingenostрум. Executing your renewable vision																
00	EMISIÓN INICIAL							ESQUEMA UNIFILAR DE MT		<table><tr><td>PROYECTADO</td><td>NOMBRE</td><td>FECHA</td><td>TIPO A3</td></tr><tr><td>DIBUJADO</td><td></td><td>04/06/2024</td><td rowspan="2">ESCALA S/E</td></tr><tr><td>REVISADO</td><td></td><td>02/07/2026</td></tr><tr><td>APROBADO</td><td></td><td>02/07/2026</td><td>Nº DE PLANO EL.101-3A 1/</td></tr></table>	PROYECTADO	NOMBRE	FECHA	TIPO A3	DIBUJADO		04/06/2024	ESCALA S/E	REVISADO		02/07/2026	APROBADO		02/07/2026	Nº DE PLANO EL.101-3A 1/
PROYECTADO	NOMBRE	FECHA	TIPO A3																						
DIBUJADO		04/06/2024	ESCALA S/E																						
REVISADO		02/07/2026																							
APROBADO		02/07/2026	Nº DE PLANO EL.101-3A 1/																						
1A	MODIFICADO NÚMERO DE INVERSORES																								
2A	MODIFICADO NÚMERO DE INVERSORES																								
3A	MODIFICADO																								

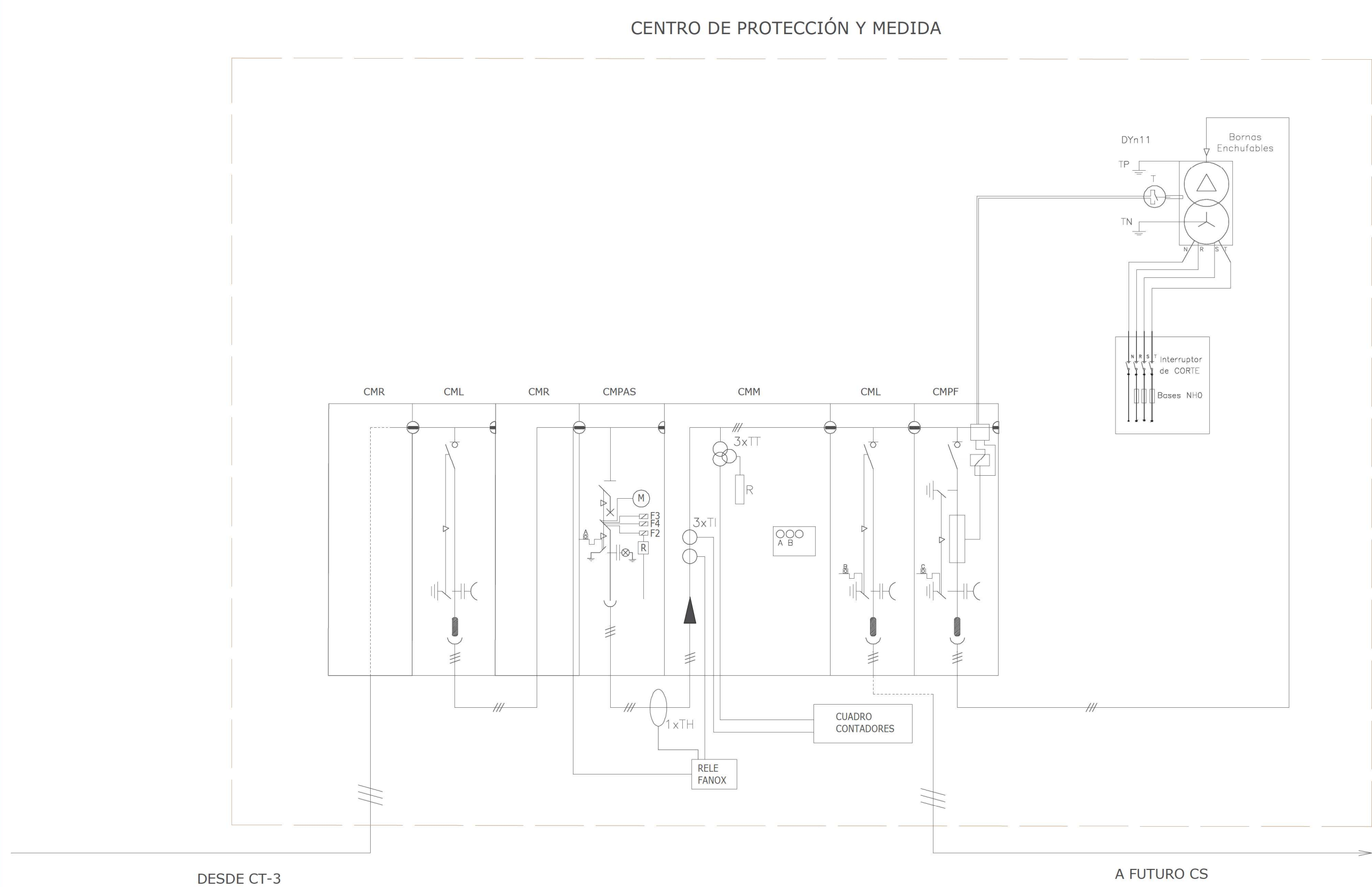


DIAGRAMA UNIFILAR DE MEDIA TENSIÓN
Escala: S/E

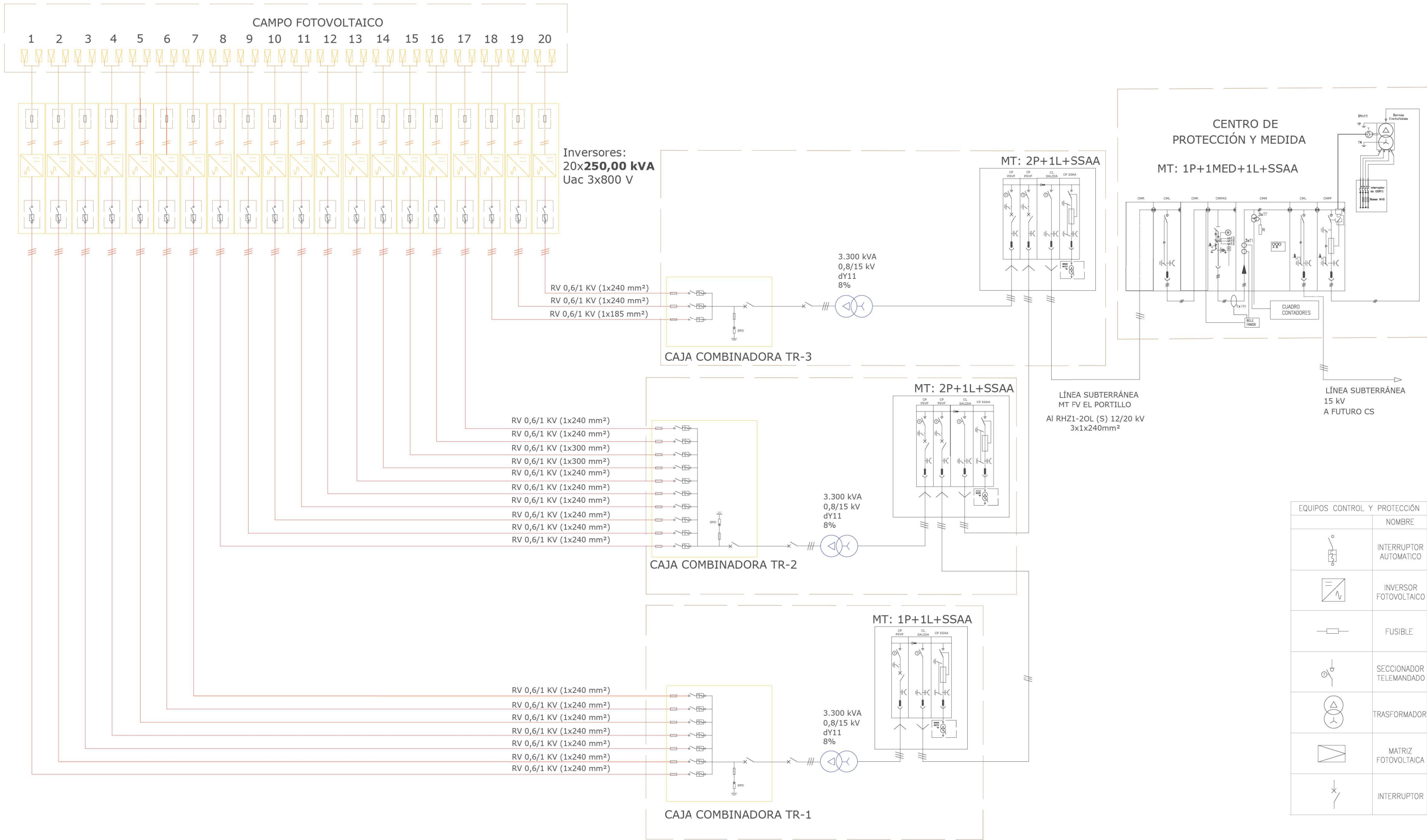
REV	CONCEPTO	PROYECTADO	DIBUJADO	REVISADO	APROBADO
00	EMISIÓN INICIAL				
1A	MODIFICADO NÚMERO DE INVERSORES				
2A	MODIFICADO NÚMERO DE INVERSORES				
3A	MODIFICADO				

REV	CONCEPTO	PROYECTADO	DIBUJADO	REVISADO	APROBADO

PARQUE FOTOVOLTAICO FV EL PORTILLO SOLAR
ESQUEMA UNIFILAR DE MT
SITUACIÓN: VALDEMORO (MADRID, ESPAÑA)
CONTACTO:

ingenostрум. Executing your renewable vision	
NOMBRE	FECHA
PROYECTADO	04/06/2024
DIBUJADO	02/07/2026
REVISADO	02/07/2026
APROBADO	02/07/2026
TIPO A3	ESCALA S/E
Nº DE PLANO EL.101-3A 2/2	

EQUIPOS CONTROL Y PROTECCIÓN	
	NOMBRE
	MATRIZ FOTOVOLTAICA
	INVERSOR FOTOVOLTAICO
	TRASFORMADOR
	SECCIONADOR
	INTERRUPTOR SECCIONADOR
	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO DE CORTE EN VACÍO
	SECCIONADOR DE PUESTA A TIERRA
	TRAFO DE INTENSIDAD
	TRAFO DE TENSIÓN



ESQUEMA UNIFILAR BT
Escala: S/E

REV	CONCEPTO	PROYECTADO	DIBUJADO	REVISADO	APROBADO
0A	EMISIÓN INICIAL				
1A	MODIFICADO NÚMERO DE INVERSORES				
2A	MODIFICADO NÚMERO DE INVERSORES				

REV	CONCEPTO	PROYECTADO	DIBUJADO	REVISADO	APROBADO

PARQUE FOTOVOLTAICO FV EL PORTILLO SOLAR
ESQUEMA UNIFILAR BT
SITUACIÓN: VALDEMCORO (MADRID, ESPAÑA)
CONTACTO:

ingenostрум.

Executing your renewable vision

	NOMBRE	FECHA	TIPO A3
PROYECTADO		04/06/2024	ESCALA S/E
DIBUJADO		04/06/2024	
REVISADO		04/06/2024	
APROBADO		04/06/2024	
			Nº DE PLANO EL.102-2A 1/

SIMBOLOGÍA	
	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO
	INVERSOR FOTOVOLTAICO
	PV PARARRAYOS
	FUSIBLE
	INTERRUPTOR SECCIONADOR
	TRANSFORMADOR

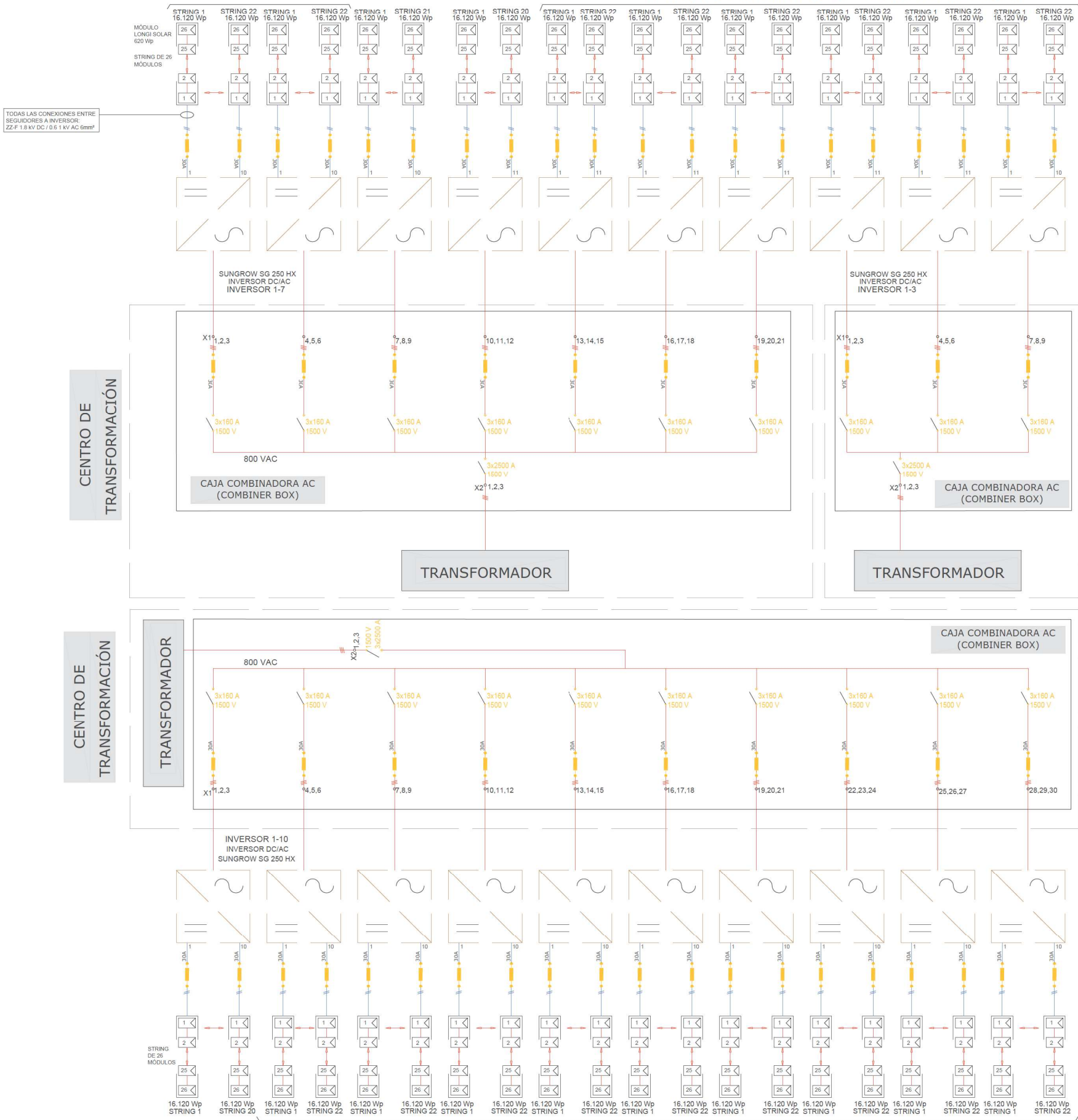
EL PORTILLO						
CT	INVERSOR DE STRING	Estructuras	Strings	Módulos	Pot Pico	Potencia instalada
Skid 1	Inversor 1	22	22	572	354,64 kWp	250,00 kW
	Inversor 2	22	22	572	354,64 kWp	250,00 kW
	Inversor 3	21	21	546	338,52 kWp	250,00 kW
	Inversor 4	20	20	520	322,40 kWp	250,00 kW
	Inversor 5	22	22	572	354,64 kWp	250,00 kW
	Inversor 6	22	22	572	354,64 kWp	250,00 kW
	Inversor 7	22	22	572	354,64 kWp	250,00 kW
Skid 2	Inversor 8	22	22	572	354,64 kWp	250,00 kW
	Inversor 9	22	22	572	354,64 kWp	250,00 kW
	Inversor 10	22	22	572	354,64 kWp	250,00 kW
	Inversor 11	22	22	572	354,64 kWp	250,00 kW
	Inversor 12	22	22	572	354,64 kWp	250,00 kW
	Inversor 13	22	22	572	354,64 kWp	250,00 kW
	Inversor 14	22	22	572	354,64 kWp	250,00 kW
Skid 3	Inversor 15	22	22	572	354,64 kWp	250,00 kW
	Inversor 16	20	20	520	322,40 kWp	250,00 kW
	Inversor 17	22	22	572	354,64 kWp	250,00 kW
	Inversor 18	22	22	572	354,64 kWp	250,00 kW
	Inversor 19	22	22	572	354,64 kWp	250,00 kW
	Inversor 20	22	22	572	354,64 kWp	250,00 kW
				11310	7012,20 kWp	5.000,00 kW

*En el centro de transformación, las protecciones y equipos sugeridos dependerán posteriormente de los datos suministrados por el fabricante.

ESQUEMA UNIFILAR BT

Escala: S/E

22 STRINGS EN PARALELO DE ENTRADA AL INVERSOR



22 STRINGS EN PARALELO DE ENTRADA AL INVERSOR

REV	CONCEPTO	PROYECTADO	DIBUJADO	REVISADO	APROBADO
0A	EMISIÓN INICIAL				
1A	MODIFICADO NÚMERO DE INVERSORES				
2A	MODIFICADO NÚMERO DE INVERSORES				

REV	CONCEPTO	PROYECTADO	DIBUJADO	REVISADO	APROBADO

PARQUE FOTOVOLTAICO FV EL PORTILLO SOLAR	
ESQUEMA UNIFILAR BT	
SITUACIÓN: VALDEMORO (MADRID, ESPAÑA)	
	CONTACTO:

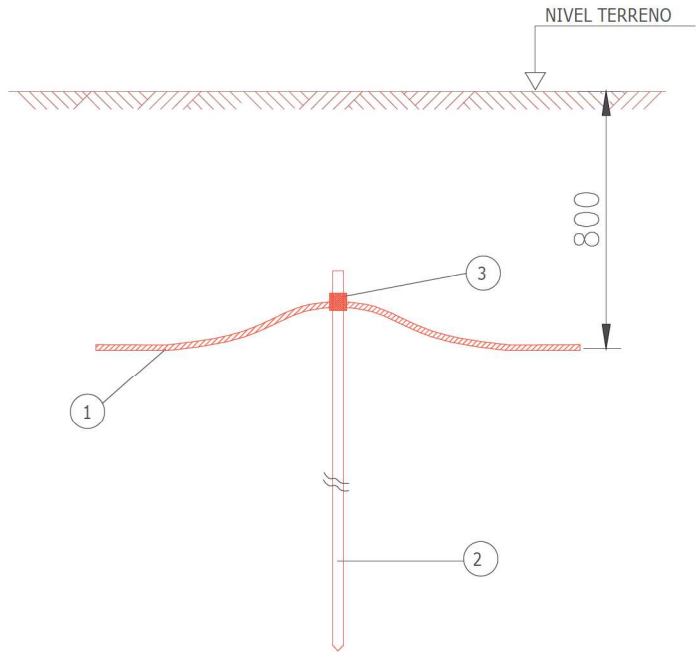
ingenostrum.

Executing your renewable vision

	NOMBRE	FECHA	TIPO A3
PROYECTADO		04/06/2024	ESCALA S/E
DIBUJADO		04/06/2024	
REVISADO		04/06/2024	Nº DE PLANO EL.102-2A 2/2
APROBADO		04/06/2024	



T.M. VALDEMORO (MADRID, ESPAÑA)



POS.	UNID.	CANT.	DESCRIPCION
1	Nº	1	CONDUCTOR DE COBRE DESNUDO
2	Nº	1	PICA Ø 16mm LARGO= 2m DE ACERO GALVANIZADO CON RECUBRIMIENTO DE COBRE ELECTROLÍTICO.
3	Nº	1	GRAPA REFORZADA PARA UNIÓN DE PICAS CON LA MALLA DE TIERRA. TIPO TGT 142RF DE LA MARCA SOFAMEL. DE LATÓN CON ABARCÓN DE ACERO GALVANIZADO. PARA SECCIONES DE CABLE ENTRE 35 Y 150mm² Y PARA DIÁMETRO DE PICA MÁXIMO DE 18,6mm.

DETALLE PUESTA A TIERRA DE PICA A TERRENO
Escala: S/E

NORMATIVA BAJA TENSIÓN

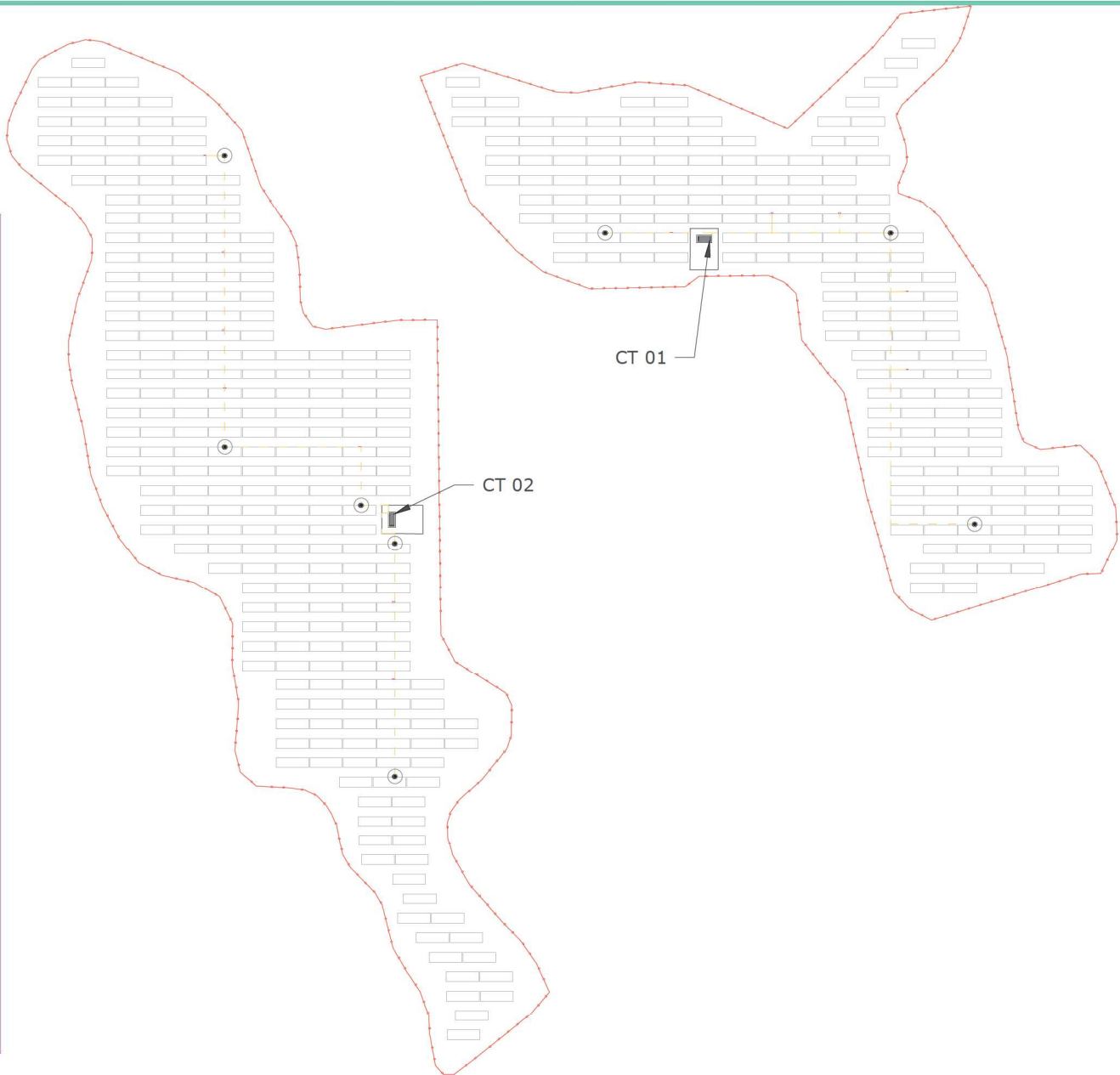
- R.D. 842/2002 Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y sus instrucciones técnicas complementarias REBT.
- Normas e instrucciones del M.I.
- Normas UNE y UNE-EN.
- UNE 20322 sobre clasificación de zonas de características especiales.

NORMATIVA MEDIA TENSIÓN

- R.D. 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.
- Normas e instrucciones de M.I. incluso instrucciones técnicas complementarias MIE-RAT.
- R. D. 337/2014 sobre líneas eléctricas de AT y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-RAT 010 a 23.
- Normas UNE y UNE-EN, incluso UNE-EN-211435 para conductores de hasta 30kV.

OTRAS NORMAS

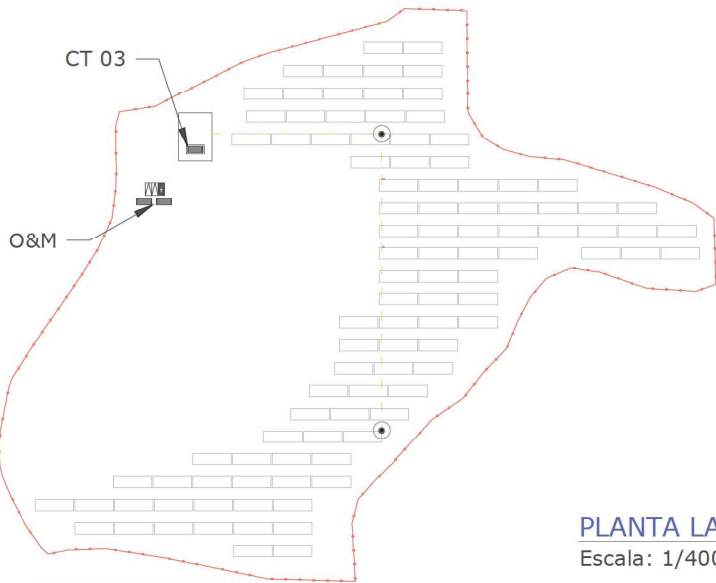
- R.D. 1432/2008, de 29 de agosto, protección de avifauna contra la colisión y electrocución en líneas eléctricas AT.
- Decreto 89/2012, de 28 de junio, protección de avifauna y atenuar impactos ambientales.



LEYENDA	
	VALLADO
	CONDUCTOR DE COBRE DESNUDO
	PICAS DE TIERRA

NOTA:

Red de puesta a tierra para Planta FV:
Instalación de anillo y líneas de enlace con cable de cobre desnudo y picas de acero cobreado de 2 m en ubicaciones señaladas. Incluye arquetas de registro, bornes de desconexión, uniones equipotenciales a estructuras/equipos y soldaduras aluminotérmicas.



PLANTA LAYOUT
Escala: 1/4000

REV	CONCEPTO	PROYECTADO	DIBUJADO	REVISADO	APROBADO
0A	EMISIÓN INICIAL				

REV	CONCEPTO	PROYECTADO	DIBUJADO	REVISADO	APROBADO

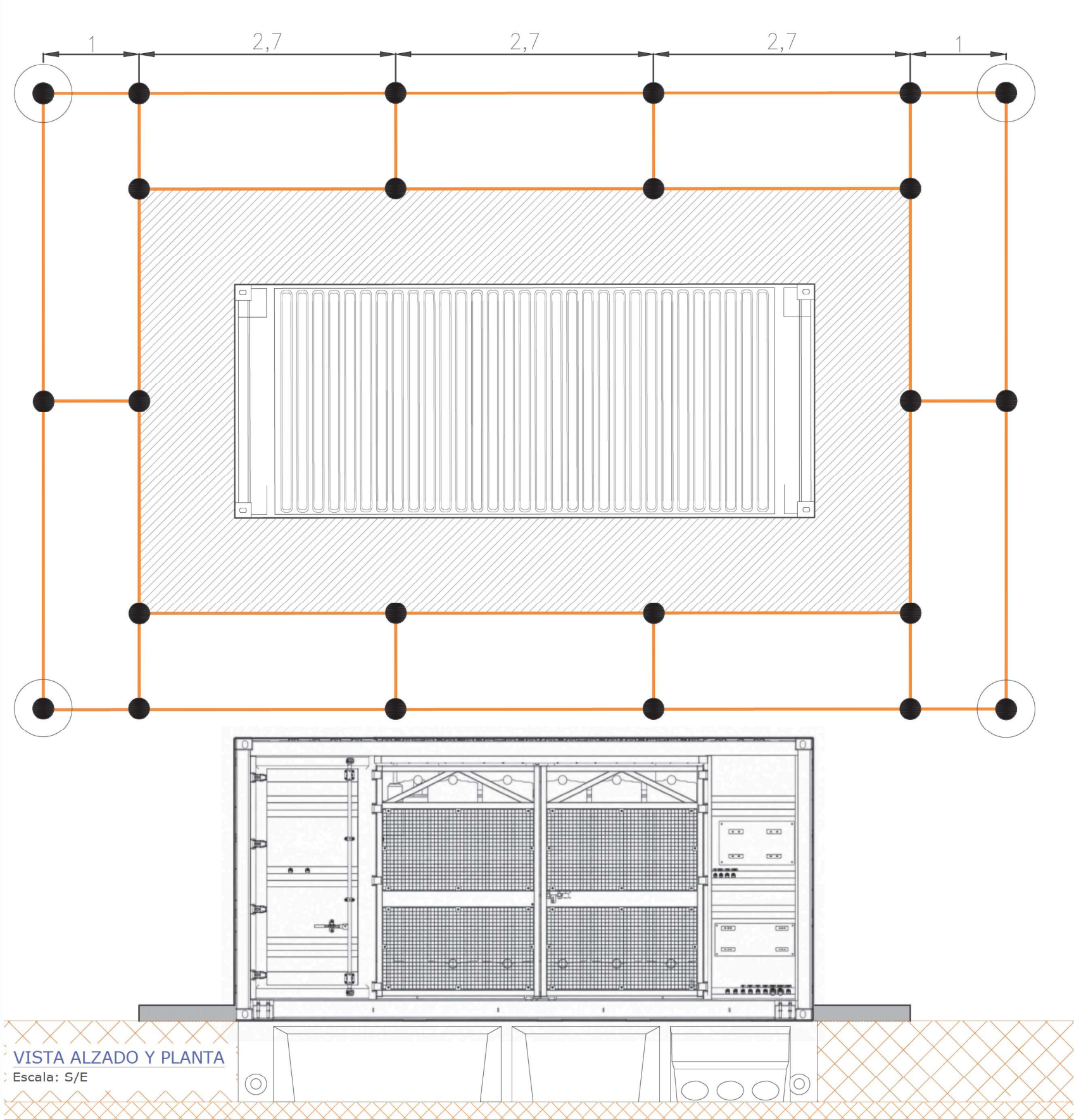
PARQUE FOTOVOLTAICO
FV EL PORTILLO SOLAR

LAYOUT RED DE TIERRAS BT

SITUACIÓN: VALDEMORO (MADRID, ESPAÑA)

CONTACTO:

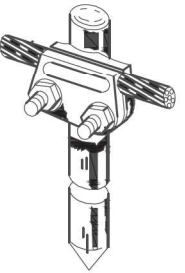
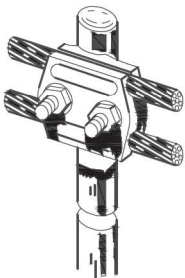
ingenostrum.		Executing your renewable vision	
PROYECTADO	NOMBRE	FECHA	TIPO A3
DIBUJADO		08/07/2026	ESCALA
REVISADO	I	08/07/2026	1/4000
APROBADO	:	08/07/2026	Nº DE PLANO
			EL 104-0A



CONSIDERACIONES:

- SE CONECTARÁN A TIERRA TODAS LAS MASAS METÁLICAS, ESTRUCTURAS, CUADROS DE AGRUPACIÓN, AUNQUE NO QUEDEN RECOGIDAS EN EL PRESENTE PLANO.
- LAS CONEXIONES ENTRE EQUIPOS, ESTRUCTURAS, TABLEROS Y DEMÁS Y LA PROPIA MALLA DE TIERRA, NO PRESENTARÁN EMPALMES EN TODA SU LONGITUD
- EN EQUIPOS INTERRUPTOR, SECCIONADORES, DESCARGADORES PARARRAYOS Y TRANSFORMADORES DE POTENCIAL, DISPONDRÁN DE CHICOTE DE PUESTA A TIERRA PARA ESTRUCTURAS SOPORTE Y DE FORMA INDEPENDIENTE, CHICOTE DE PUESTA TIERRA DE EQUIPO.
- LOS EQUIPOS TRANSFORMADORES DE MEDIDA Y PROTECCION DISPONDRÁN DE CHICOTE A CAJA CENTRALIZADORA PARA FORMAR EL NEUTRO DE TENSIONES Y CORRIENTES.
- LOS SECCIONADORES CON PUESTA A TIERRA DISPONDRÁN DE CONEXIÓN A TIERRA DE LAS ESTRUCTURAS SOPORTES, EQUIPO MÁS UNA INDEPENDIENTE PARA CUCHILLAS DE PUESTA A TIERRA.
- TODAS LAS CONEXIONES DE LA RED BASE SUBTERRÁNEA SE REALIZARÁ MEDIANTE SOLDADURA ALUMINOTERMICA TIPO CADWELD.
- TODAS LAS CONEXIONES DE CHICOTES HACIA EL EXTERIOR DEL SUELO SE REALIZARÁN CON UNIONES DE TERMOFUSIÓN.
- TODAS LAS CONEXIONES AÉREAS SE REALIZARÁN CON BRIDAS DE COMPRESIÓN DE BAJA CORROSIÓN.
- EN NINGÚN CASO SE PERMITIRÁ QUE QUEDE EMBEBIDO NINGÚN CONDUCTOR DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA EN EL INTERIOR DEL HORMIGÓN DE LAS CIMENTACIONES DE EQUIPOS Y ESTRUCTURAS.
- LAS SALIDAS AÉREAS DE LOS CONDUCTORES DE PUESTA TIERRA SE REALIZARÁN LO MÁS APEGADAS AL HORMIGÓN DE LA CIMENTACIÓN. EN EL CASO DE PLATAFORMAS DE CIMENTACIONES MUY ANCHAS, SE PERMITIRÁ LA ENTUBACIÓN DEL CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA QUE SE DESTINE A CONECTAR EL EQUIPO.
- EL TRANSFORMADOR DE SERVICIOS AUXILIARES AUXILIARES DE LA SUBESTACION TENDRÁ TRES CHICOTES E PUESTA TIERRA, ESTRUCTURA, EQUIPO Y NEUTRO DE BT.
- LA RED DE PUESTA A TIERRA SE VERIFICARÁN:
 - PUESTA A TIERRA DE TODOS LOS ELEMENTOS METÁLICOS QUE INTERFIEREN EN LA OPERATIVA. ESTRUCTURAS DE BARRAS, CHASIS DE LUMINARIAS, ETC.
 - TODOS EL PERÍMETRO EL CERRO METÁLICO, QUE DISPONDRÁ DE UNA CONEXIÓN A LA MALLA AL MENOS CADA 10M DE LONGITUD
 - LAS ESCALERILLAS PORTACABLES EN EL INTERIOR DE LAS CANALETAS, AL MENOS UNA CONEXIÓN CADA 30M DE LONGITUD.

LEYENDA	
●	Soldadura Aluminotérmica
○	4 Pica de Tierra (en cada esquina)
—	Conductor de Cobre Desnudo 50mm²



SOLDADURA ALUMINOTERMICA

TIPO CC-L



TIPO CC-XS



TIPO CC-TH



DETALLE

Escala: S/E

NORMATIVA BAJA TENSIÓN

- R.D. 842/2002 Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y sus instrucciones técnicas complementarias REBT.
- Normas e instrucciones del M.I.
- Normas UNE y UNE-EN.
- UNE 20322 sobre clasificación de zonas de características especiales.

NORMATIVA MEDIA TENSIÓN

- R.D. 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.
- Normas e instrucciones de M.I. incluso instrucciones técnicas complementarias MIE-RAT.
- R. D. 337/2014 sobre líneas eléctricas de AT y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-RAT 010 a 23.
- Normas UNE y UNE-EN, incluso UNE-EN-211435 para conductores de hasta 30kV.

OTRAS NORMAS

- R.D. 1432/2008, de 29 de agosto, protección de avifauna contra la colisión y electrocución en líneas eléctricas AT.
- Decreto 89/2012, de 28 de junio, protección de avifauna y atenuar impactos ambientales.

REV	CONCEPTO	PROYECTADO	DIBUJADO	REVISADO	APROBADO
0A	EMISIÓN INICIAL				

REV	CONCEPTO	PROYECTADO	DIBUJADO	REVISADO	APROBADO

PARQUE FOTOVOLTAICO
FV EL PORTILLO SOLAR

RED DE TIERRAS

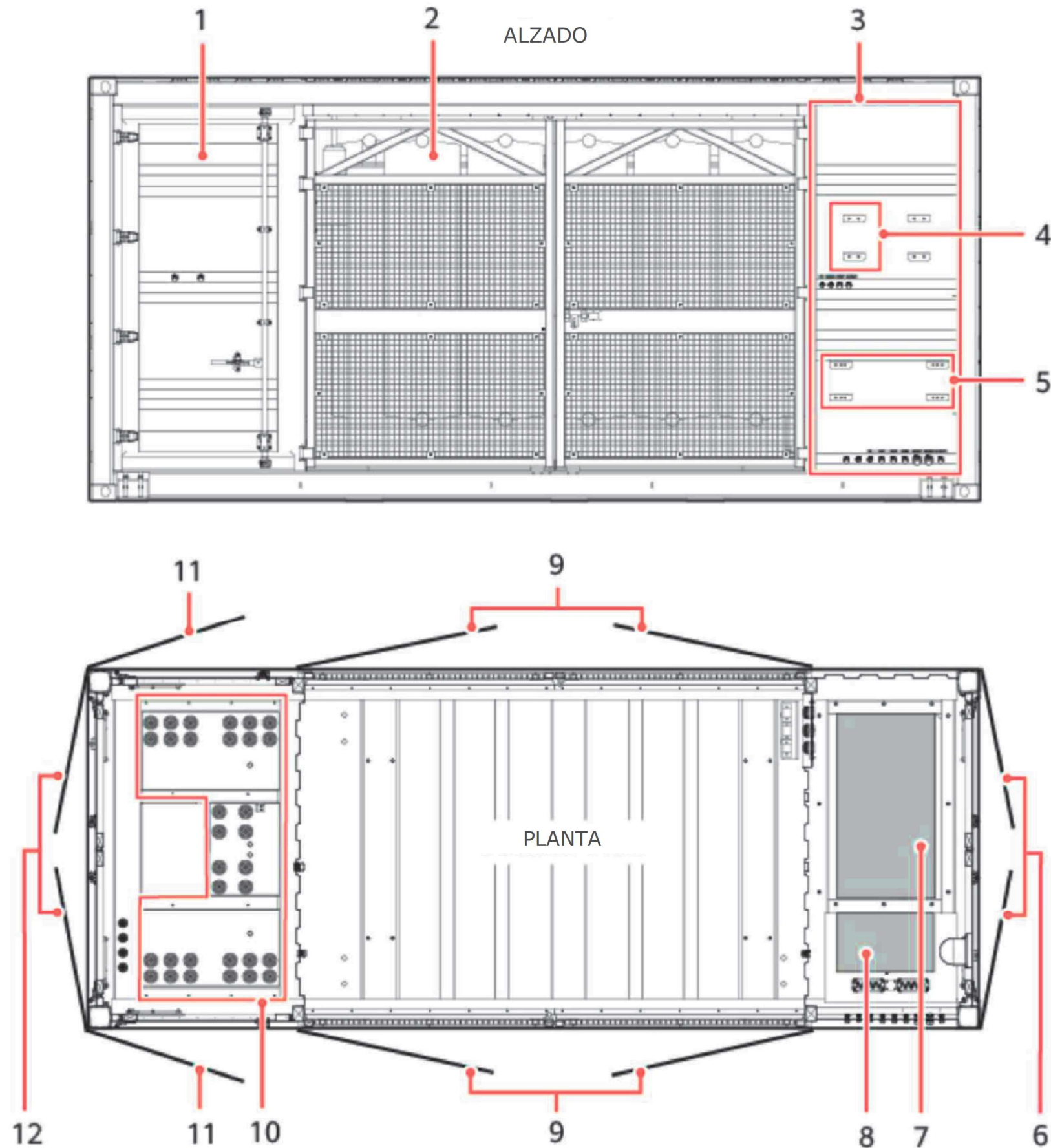
SITUACIÓN: VALDEMORO (MADRID, ESPAÑA)

CONTACTO:

ingenostrum.		Executing your renewable vision	
PROYECTADO	NOMBRE	FECHA	TIPO A3
DIBUJADO		08/07/2026	ESCALA
REVISADO		08/07/2026	S/E
APROBADO		08/07/2026	Nº DE PLANO
			EL105-0A

- (1) Sala de baja tensión (BT)
- (2) Sala de transformadores (TR)
- (3) Sala MT (MT)
- (4) Posición de instalación para la UPS
- (5) Posición de instalación del Controlador de Matriz Inteligente (SACU)
- (6) Puerta de doble abatible para la sala MT
- (7) Unidad principal de Anillo
- (8) Transformador SSAA
- (9) Puerta de doble abatible para la sala TR
- (10) Orificios para cables de salida de CA
- (11) Puerta abatible simple para la sala BT
- (12) Puerta doble abatible para la sala BT

VISTA ALZADO Y PLANTA
Escala: S/E



REV	CONCEPTO	PROYECTADO	DIBUJADO	REVISADO	APROBADO
0A	EMISIÓN INICIAL				

REV	CONCEPTO	PROYECTADO	DIBUJADO	REVISADO	APROBADO

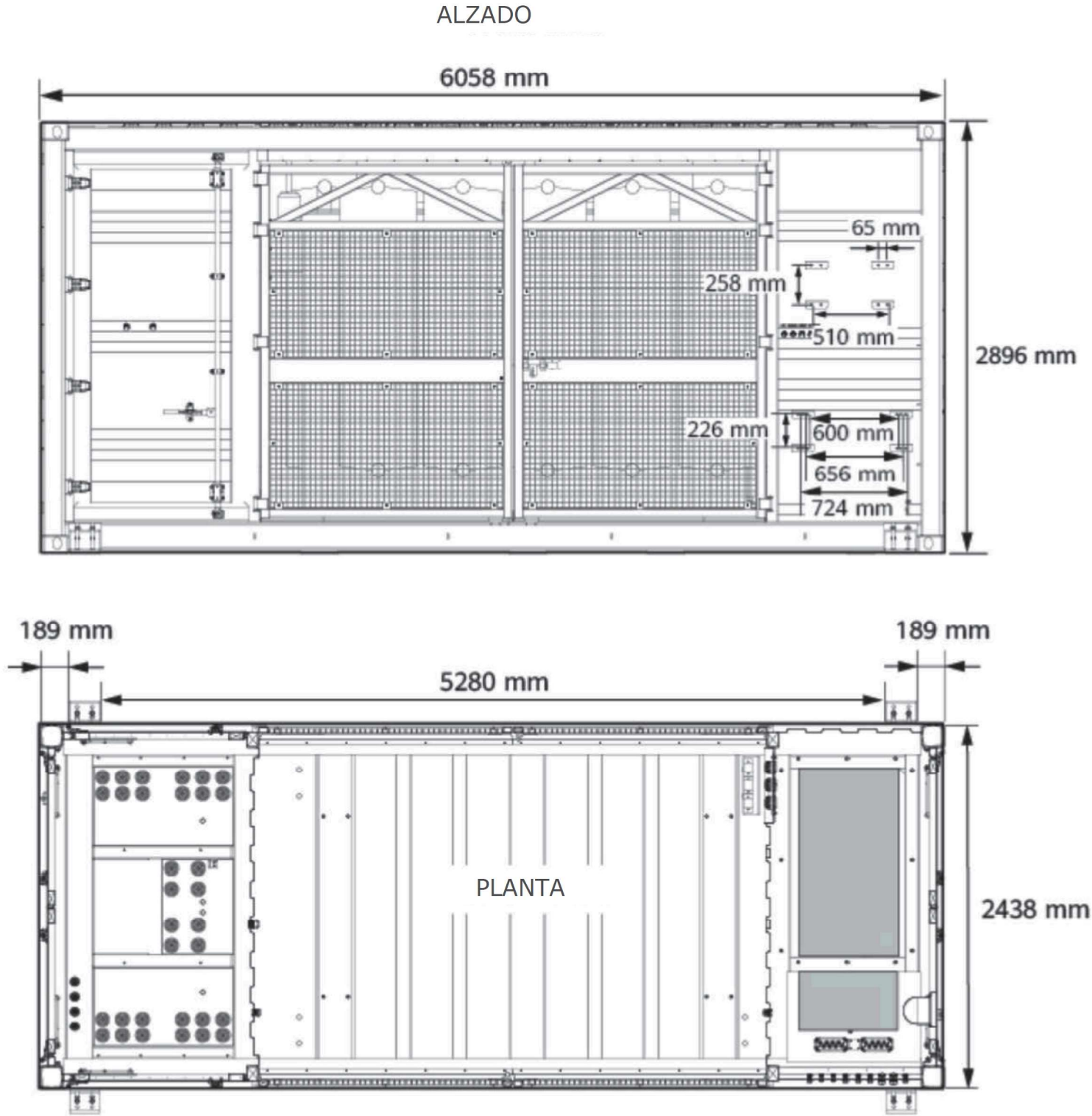
PARQUE FOTOVOLTAICO FV EL PORTILLO SOLAR	
DETALLE CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	
SITUACIÓN: VALDEMORO (MADRID, ESPAÑA)	
CONTACTO:	

ingenostrum.	
Executing your renewable vision	
NOMBRE	FECHA
PROYECTADO	06/05/2024
DIBUJADO	06/05/2024
REVISADO	09/05/2024
APROBADO	09/05/2024
TIPO A3	ESCALA S/E
Nº DE PLANO	MC.103-0A 1/3

ALZADO Y PLANTA, DIMENSIONES
Escala: S/E

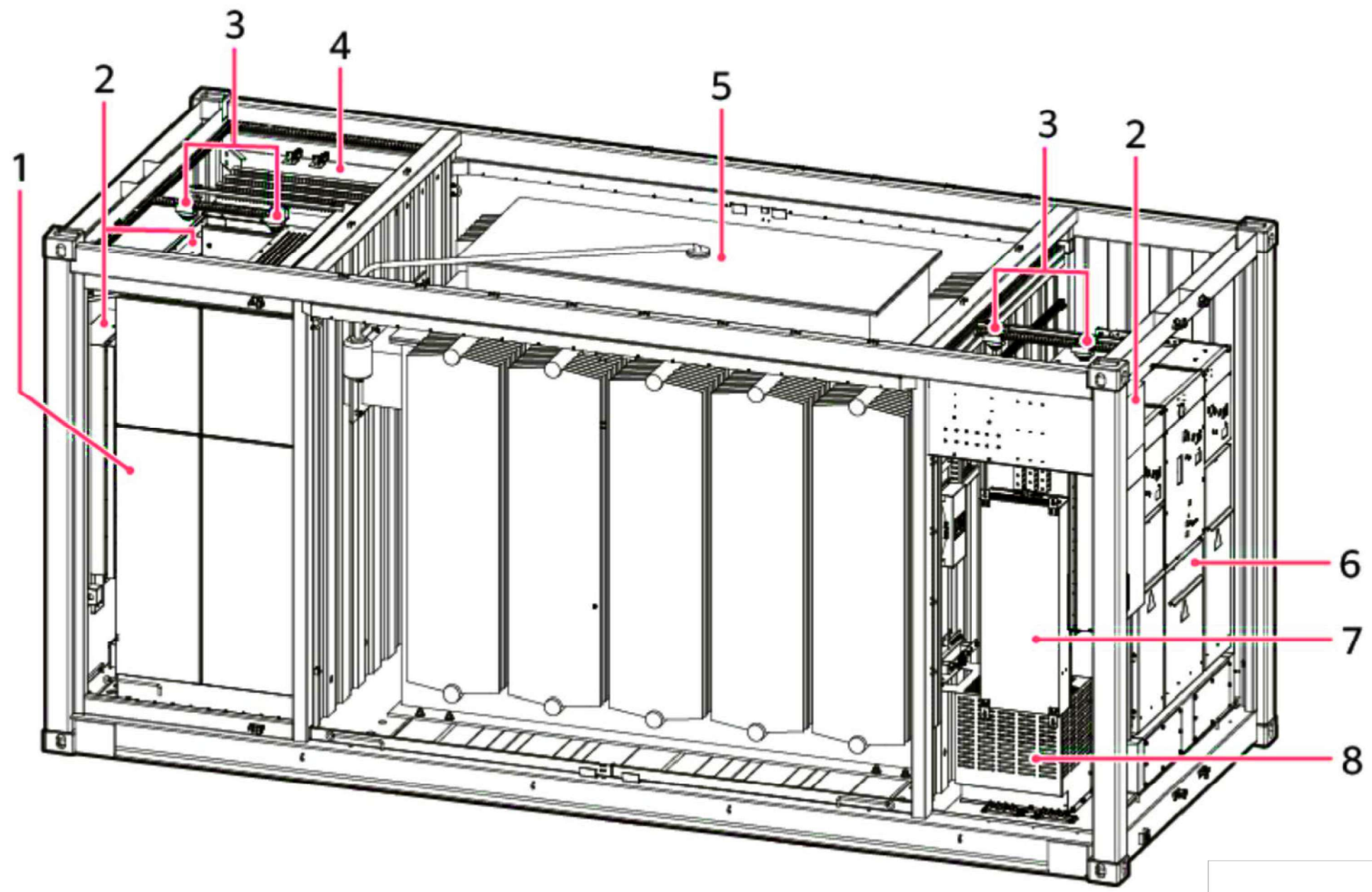
REV	CONCEPTO	PROYECTADO	DIBUADO	REVISADO	APROBADO
0A	EMISIÓN INICIAL				

REV	CONCEPTO	PROYECTADO	DIBUADO	REVISADO	APROBADO



PARQUE FOTOVOLTAICO FV EL PORTILLO SOLAR	
DETALLE CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	
SITUACIÓN: VALDEMORO (MADRID, ESPAÑA)	
	CONTACTO:

ingenostrum.		Executing your renewable vision	
	NOMBRE	FECHA	TIPO A3
PROYECTADO		06/05/2024	ESCALA
DIBUADO		06/05/2024	S/E
REVISADO		09/05/2024	Nº DE PLANO
APROBADO		09/05/2024	MC.103-0A 2/3



- (1) Cuadro BT-A
- (2) Intercambiador de calor
- (3) Detectores de humo
- (4) Cuadro BT-B
- (5) Transformador de potencia
- (6) Unidad principal de anillo
- (7) Caja de distribución
- (8) Transformador SSAA

COMPONENTES
Escala: S/E

REV	CONCEPTO	PROYECTADO	DIBUJADO	REVISADO	APROBADO
0A	EMISIÓN INICIAL				

REV	CONCEPTO	PROYECTADO	DIBUJADO	REVISADO	APROBADO

PARQUE FOTOVOLTAICO
FV EL PORTILLO SOLAR

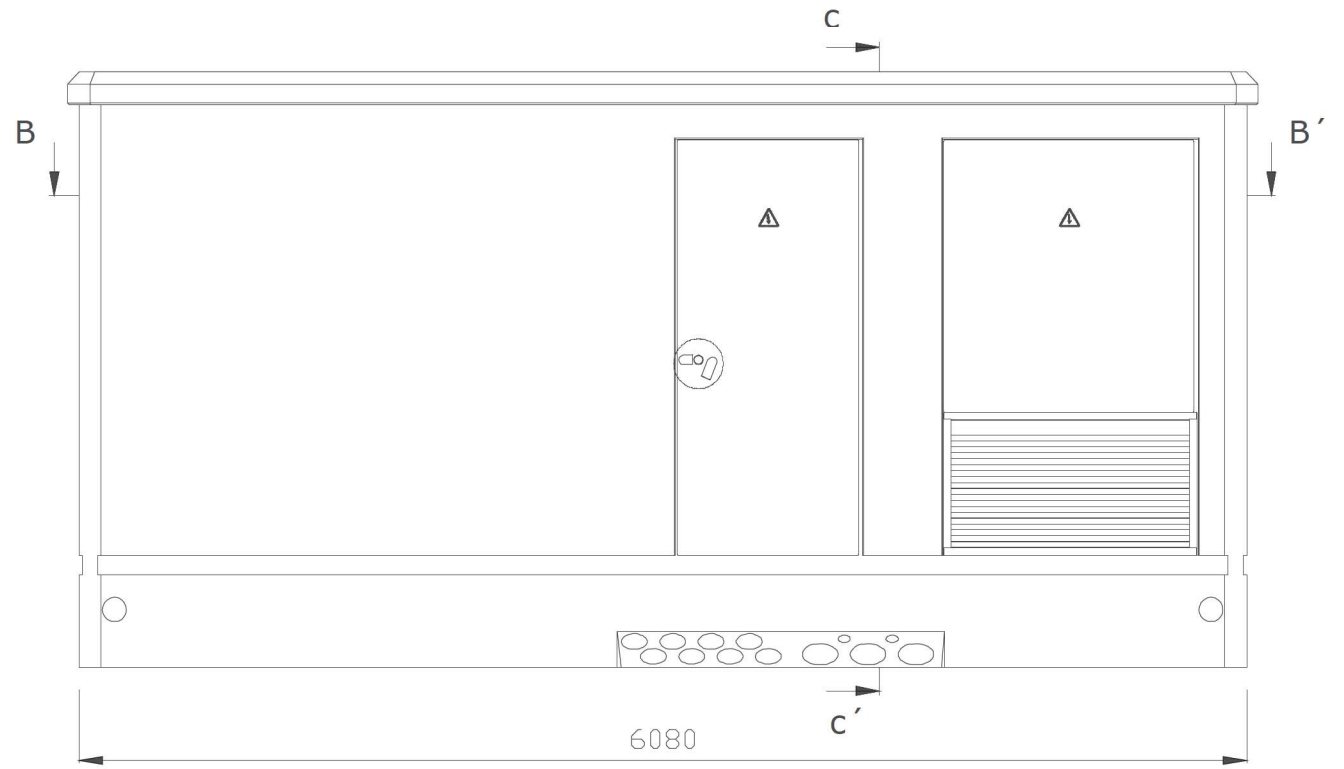
DETALLE CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

SITUACIÓN: VALDEMORO (MADRID, ESPAÑA)

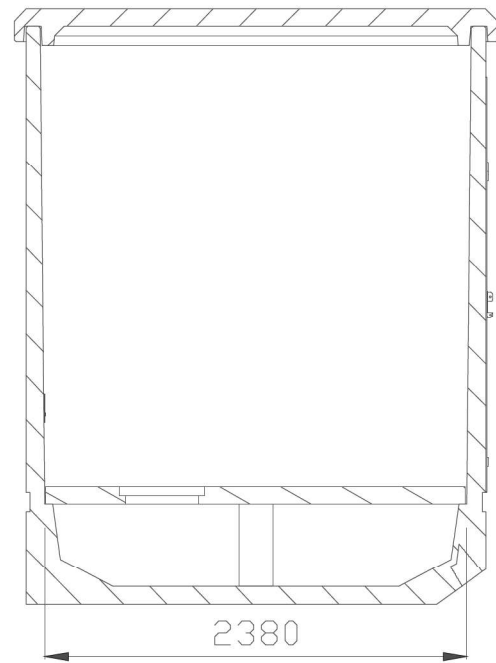
CONTACTO:

ingenosttrum.
Executing your renewable vision

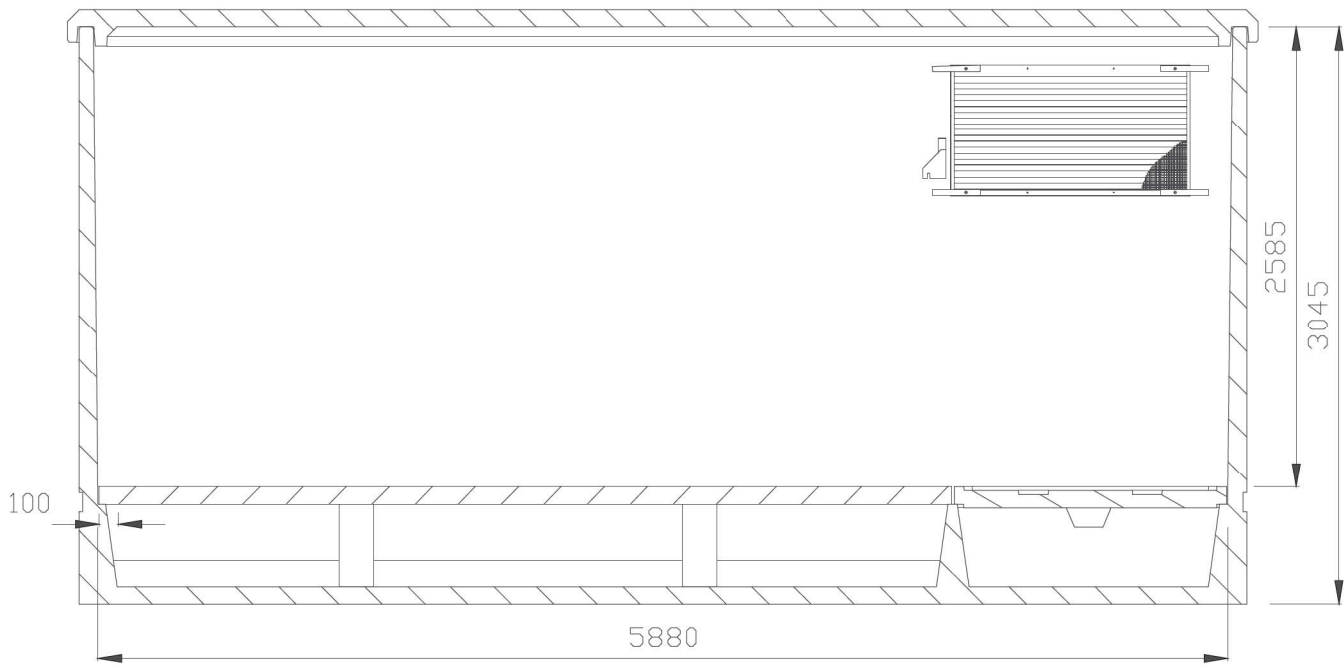
	NOMBRE	FECHA	TIPO A3
PROYECTADO		06/05/2024	ESCALA
DIBUJADO		06/05/2024	S/E
REVISADO		09/05/2024	Nº DE PLANO
APROBADO		09/05/2024	MC.103-0A 3/3



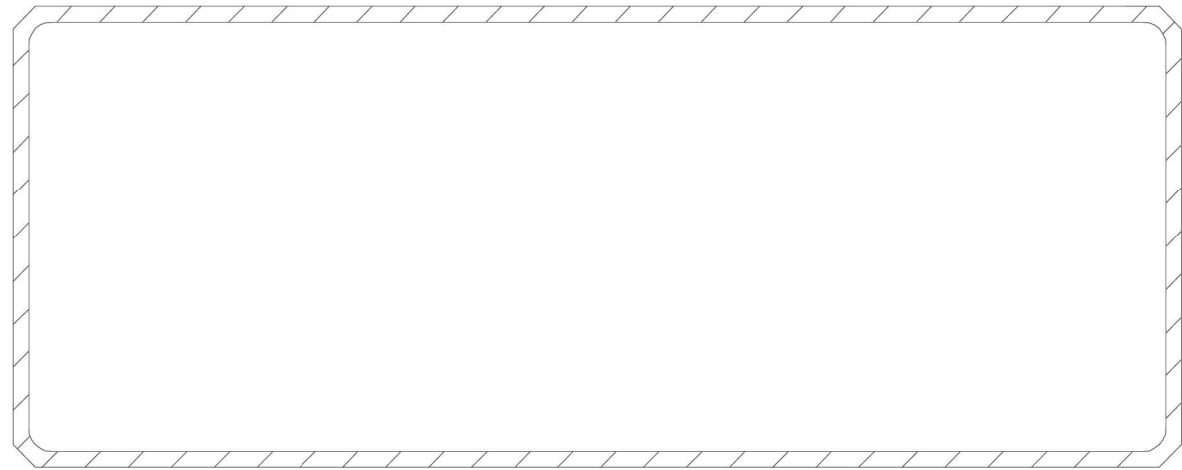
ALZADO



SECCIÓN C-C'



VISTA POSTERIOR



SECCIÓN B-B'

DETALLE CENTRO DE PROTECCION Y MEDIDA

Escala: S/E

REV	CONCEPTO	PROYECTADO	DIBUJADO	REVISADO	APROBADO
0A	EMISIÓN INICIAL				

REV	CONCEPTO	PROYECTADO	DIBUJADO	REVISADO	APROBADO

LÍNEA DE EVACUACIÓN 15 KV
EL PORTILLO SOLAR

DETALLE CENTRO DE PROTECCION Y MEDIDA

SITUACIÓN: VALDEMORO (MADRID, ESPAÑA)

CONTACTO:

ingenostрум.
Executing your renewable vision

	NOMBRE	FECHA	TIPO A3
PROYECTADO		16/05/2024	ESCALA
DIBUJADO		16/05/2024	S/E
REVISADO		29/05/2024	Nº DE PLANO
APROBADO		29/05/2024	MC.301-0A

Avd. de la Constitución, 34 1º
41001 Sevilla, España
+34 955 265 260

Cra 12 #79-50 Ofi 701
Bogotá, Colombia
+57-1 322 99 14

Avd. de España 18
2º ofic. 1-A
10001, Cáceres, España
+34 955 265 260

Paseo de la Castellana 52,
Planta 1 der
28046, Madrid, España
+34 955 265 260

WWW.INGENOSTRUM.COM

The logo for Ingenostrum is centered within a large, solid teal circle. The word "ingenostrum." is written in a bold, lowercase, sans-serif font, with the "o" in "ingen" being white. Below the logo, the tagline "Executing your renewable vision" is written in a smaller, white, sans-serif font. The background of the entire page is a photograph of a solar farm with rows of solar panels in the foreground, leading towards a range of mountains under a clear sky. The image has a teal color overlay.

ingenostrum.

Executing your renewable vision