

ENERGÍAS RENOVABLES ARNETUN, S.L.



**PROYECTO DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 2 MW
RADA III EN T.M. DE MURILLO EL CUENDE (NAVARRA)**

TÉRMINO MUNICIPAL DE MURILLO EL CUENDE

PROVINCIA DE NAVARRA

FECHA: Febrero de 2023

AUTOR DEL PROYECTO: FERMÍN MANRIQUE LARRAZA

COLEGIADO Nº: 25.294 DEL C.I.C.C.P.



FERMÍN MANRIQUE LARRAZA, S.L.
C.I.F. : B-82207721
C/ Etxesakan 28
Zizur Mayor (Navarra)
TELÉFONO : 948 593 545
fmanrique@fml.es

ENERGÍAS RENOVABLES ARNETUN, S.L.



**PROYECTO DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 2 MW
RADA III EN T.M. DE MURILLO EL CUENDE (NAVARRA)**

TÉRMINO MUNICIPAL DE MURILLO EL CUENDE

PROVINCIA DE NAVARRA

DOCUMENTO I: Índice General

AUTOR DEL PROYECTO: FERMÍN MANRIQUE LARRAZA

COLEGIADO Nº: 25.294 DEL C.I.C.C.P.



Índice general

DOCUMENTO I: Índice General	ii
DOCUMENTO II: Memoria	5
1. INTRODUCCIÓN	7
2. Promotor de la instalación	7
3. Ubicación de la instalación	7
4. Antecedentes	8
5. Descripción General	8
6. Características	9
6.1 Emplazamiento	9
6.2 Datos Generales	9
7. Normas y reglamentación	10
8. Descripción de los equipos principales	11
8.1 Módulo Fotovoltaico	11
8.2 Inversores Electrónicos.....	14
4.1 Instalación de transformación de BT/MT	16
4.2 Equipos Secundarios.....	21
4.3 Instalaciones.....	26
4.4 Obra Civil	29
4.5 Producción estimada de la instalación	32
4.6 Garantías y mantenimiento	33
DOCUMENTO III: Anejos de Cálculo.....	35
1. Cálculo de la configuración de la planta fotovoltaica	37
1.2 Configuración serie-paralelo de los módulos fotovoltaicos	37
1.3 Cálculo de la orientación e inclinación de módulos y distancias entre series de módulos	38
1.4 CALCULOS ELECTRICOS DE CENTRO DE TRANSFORMACION	39
1.5 Cálculos eléctricos de la línea subterránea de media tensión.....	41
1.6 Cálculos eléctricos cableado de baja tensión	43
DOCUMENTO IV: Planos	50
DOCUMENTO V: Presupuesto	66
1. Presupuesto y mediciones.	68
2. Resumen de presupuesto.	71
DOCUMENTO III: Estudio básico de seguridad y salud	72
1. Introducción	74
2. Definición de riesgos	74
2.1 Riesgos Generales.....	74
2.2 Riesgos Específicos	75
3. Diseño de la instalación.....	80
4. INSTALACIONES PROVISIONALES Y ASISTENCIA SANITARIA	87
4.1 Características generales de la obra.	89
4.2 Previsiones e informaciones útiles para trabajos posteriores.....	90
DOCUMENTO VII: Pliego de Condiciones Técnicas	121
1. Introducción.	123
1.1 REGLAMENTOS Y NORMAS	123
1.2 MATERIALES.....	123
1.3 EJECUCION DE LAS OBRAS	123
1.4 INTERPRETACION Y DESARROLLO DEL PROYECTO	124
1.5 OBRAS COMPLEMENTARIAS.....	124
1.6 OBRA DEFECTUOSA	124
1.7 CONSERVACION DE LAS OBRAS	124
1.8 RECEPCION DE LAS OBRAS.....	125
1.9 FIANZA	125
2. CONDICIONES FACULTATIVAS.....	125
2.1 NORMAS A SEGUIR	125

2.2 PERSONAL.....	126
2.3 RECONOCIMIENTOS Y ENSAYOS PREVIOS	126
3 CONDICIONES TECNICAS	126
3.1 CONDICIONES TECNICAS DE LAS LINEAS SUBTERRANEAS	126
3.2 CONDICIONES TECNICAS DE LOS CENTROS Y LA SUBESTACION.....	128
4 CERTIFICADOS Y DOCUMENTACION	132
5 LIBRO DE ORDENES	132

ENERGÍAS RENOVABLES ARNETUN, S.L.



**PROYECTO DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 2 MW
RADA III EN T.M. DE MURILLO EL CUENDE (NAVARRA)**

TÉRMINO MUNICIPAL DE MURILLO EL CUENDE

PROVINCIA DE NAVARRA

DOCUMENTO II: Memoria

AUTOR DEL PROYECTO: FERMÍN MANRIQUE LARRAZA

COLEGIADO Nº: 25.294 DEL C.I.C.C.P.



Índice de la memoria

DOCUMENTO I: Índice General	ii
DOCUMENTO II: Memoria	5
1. INTRODUCCIÓN	7
2. Promotor de la instalación	7
3. Ubicación de la instalación	7
4. Antecedentes	8
5. Descripción General	8
6. Características	9
6.1 Emplazamiento	9
6.2 Datos Generales	9
7. Normas y reglamentación	10
8. Descripción de los equipos principales	11
8.1 Módulo Fotovoltaico	11
8.2 Inversores Electrónicos	14
4.1 Instalación de transformación de BT/MT.....	16
4.1.1 Condiciones para las instalaciones y otras prescripciones	16
4.1.2 Transformador	20
4.2 Equipos Secundarios	21
4.2.1 Estructura de soporte	21
4.2 Cuadros eléctricos	23
4.2 Cables y terminales	24
4.3 Instalaciones.....	26
4.3.1 Puesta a Tierra	26
4.3.2 Monitorización de la planta	28
4.4 Obra Civil	29
4.4.1 Preparación del terreno.....	30
4.4.2 Cimentaciones de los edificios.....	30
4.4.3 Canalizaciones.....	30
4.4.4 Caminos	31
4.4.5 Drenaje	31
4.4.6 Bandejas metálicas	31
4.5 Producción estimada de la instalación	32
4.6 Garantías y mantenimiento	33
4.6.1 Garantías.....	33
4.6.2 Mantenimiento	34

1. INTRODUCCIÓN

El objeto de este Proyecto es la descripción y dimensionamiento de una instalación fotovoltaica, con conexión a red y en régimen ordinario de producción, ubicada en el término municipal de Murillo el Cuende (Navarra) con potencia de 2 MW, con el fin de establecer los criterios de diseño, parámetros de funcionamiento y sirviendo a su vez como base para la tramitación oficial de la obra en lo que a la Autorización Administrativa y Aprobación del Proyecto de ejecución se refiere.

2. Promotor de la instalación

El promotor de la instalación proyectada es:

Nombre	ENERGÍAS RENOVABLES ARNETUM, S.L.
CIF	B31875180
Dirección	C/Andreszar nº35, 31610 Villava (Navarra)

3. Ubicación de la instalación

La instalación objeto de este proyecto se ubica en el Polígono 9, parcelas 64, 65, 66, 70 y 71, en el Término Municipal de Murillo el Cuende.

Las coordenadas UTM del centro de la zona a ocupar en el Huso 30, son:

Coordenada X (metros)	Coordenada Y (metros)
614.842	4.687.503



4. Antecedentes

La sociedad ARNESOL S.L. promociona este proyecto fotovoltaico de 2 MW proyecto denominado RADA III en el término municipal de Murillo el Cuende (Navarra)

La producción de la energía eléctrica se realizará en baja tensión, pero, para proceder a la entrega de la misma a la red existente de distribución de la compañía eléctrica (Iberdrola distribución Eléctrica), será necesario su transformación en media tensión, para ello se procedió a la oportuna petición de condiciones de conexión a red, con la consiguiente apertura de 2 expedientes de 1.000 kWp cada uno.

Expedientes:

- 9036679636
- 9040648389

En dichos expedientes Iberdrola se dirigió al solicitante señalando una serie de condiciones para la conexión de la planta solar, siendo estas las siguientes:

- Punto y tensión de conexión: La conexión de la instalación a la red de IBERDROLA DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA S.A.U. se realiza bajo las condiciones que se informan en la ficha de conexión a red.
- No son necesarios Trabajos de refuerzo, adecuación, adaptación o reforma de instalaciones de la red de distribución existente en servicio.
- Trabajos a desarrollar por el solicitante que quedarán de su propiedad: Construcción de una línea de 13,2kV desde el parque hasta un centro de maniobra proyectado donde se empalma con la línea subterránea existente del parque RADA II y termina en RADA III

5. Descripción General

Esta instalación se ha diseñado como un sistema fotovoltaico con montaje en suelo sobre estructura fija, en el que se instalarán 6.600 módulos fotovoltaicos de 400Wp, lo que suma una potencia fotovoltaica total instalada de 2.640 kWp.

La orientación de los módulos solares será sur, su inclinación 30 grados y las alineaciones de módulos estarán separadas la distancia de 10 metros, tal y como se muestra en el Documento IV- Plano 3 "Disposición de los módulos".

La distribución de la planta será en 4 instalaciones de 0,5 MW. En cada una de estas instalaciones se conectarán 5 inversores de 100Kw con 330 módulos de 400w cada uno.

La evacuación de energía se hará en corriente alterna, desde los inversores, pasando por un cuadro de baja tensión hasta los transformadores de tensión con relación de transformación 0,66/13,2 kV, para posteriormente conectar a la línea subterránea existente de la instalación RADA II

6. Características

6.1 Emplazamiento

La planta solar fotovoltaica se localiza en el término municipal de Murillo el Cuende, provincia de Navarra.

Las parcelas donde se instalará son las siguientes:

Término Municipal	POLÍGONO	PARCELA
Murillo el Cuende	9	64
Murillo el Cuende	9	65
Murillo el Cuende	9	66
Murillo el Cuende	9	70
Murillo el Cuende	9	71

Las coordenadas UTM del centro de la zona a ocupar en el Huso 30, son:

Coordenada X (metros)	Coordenada Y (metros)
614.842	4.687.503

6.2 Datos Generales

En la tabla siguiente, se indican las principales características de la instalación fotovoltaica de 2 MW

Potencia nominal de la instalación	2 MW
Producción anual estimada	3.918 MWh/año
Potencia FV pico instalada	2.640 kWp
Número de módulos	6.600
Fabricante de los módulos FV	Just Solar
Modelo de módulo FV / Potencia	JST400M (144)-9BB
Fabricante de los inversores / Nº Inversores	INGECOM / 20
Modelo de inversores / Potencia	INGECOM SUN 100TL/100 kW

7. Normas y reglamentación

- - Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.
- - Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico.
- - Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión, y sus ITC-BT-01 a 52.
- - Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueba 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.
- - Reglamento electrotécnico de baja tensión aprobado por el real Decreto 842/2002 de 2 de agosto, publicado en BOE n^o 224 de 18 de septiembre de 2003.
- - Instrucciones Complementarias del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.
- Real Decreto 223/2008 de 15 de febrero por el que se aprueba el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas de eléctricas de alta tensión y sus instrucciones complementarias ITC-LAT 01 a 09.
- - Ministerio de Industria y Energía. Orden de 5 de septiembre de 1985 por la que se establecen las normas administrativas y técnicas para el funcionamiento y conexión a las redes eléctricas de centrales hidroeléctricas de hasta 5.000 kVA y centrales de Autogeneración eléctrica.
- - Real Decreto 1110/2007 de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.
- - Normas y Recomendaciones de la Compañía Suministradora en general.
- - Instrucciones y normas particulares de la compañía Suministradora de Energía Eléctrica.
- Real Decreto 314/2006, de 17 marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, sobre disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en obras de construcción.

- - Resolución de 8 de abril de 1999, sobre Delegación de Facultades en Materia de Seguridad y Salud en las Obras de Construcción, complementa art. 18 del
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre de 1997, sobre disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las Obras de Construcción.
- - Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- - Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre dimensiones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- DECRETO FORAL 93/2006, de 28 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de desarrollo de la Ley Foral 4/2005, de 22 de marzo, de Intervención para la Protección Ambiental.
- LEY FORAL 5/2007, de 23 de marzo, de carreteras de Navarra
- Condicionados que puedan ser emitidos por Organismos afectados por las instalaciones.

8. Descripción de los equipos principales

8.1 Módulo Fotovoltaico

El grupo generador fotovoltaico está formado por la interconexión en serie y paralelo de un determinado número de módulos fotovoltaicos, que son los encargados de captar la luz del sol y transformarla en energía eléctrica, generando una corriente continua proporcional a la radiación solar recibida.

En la instalación objeto de la memoria se instalarán módulos solares de última tecnología de silicio cristalino. El módulo a instalar será el modelo JST400M (144)-9BB, de 400 Wp de potencia unitaria y compuesto de 144 células del fabricante JUST SOLAR o similar.

Los módulos estarán fabricados según normativa vigente en Europa, certificados bajo IEC61215, IEC61730, UL1703, TUV, IEC y CE, y dotados con el sello de calidad y homologado en su fabricación.

Dentro de cada módulo, están instalados diodos bypass para evitar el efecto "hot stop", para evitar averías de las células y sus circuitos por sobrecalentamientos parciales.

JUSTSOLAR MONO MODULE

JST400-430M(144)-9BB



High conversion efficiency
High module efficiency to guarantee power output.

0 to +5W

0 to +5W positive tolerance
Detailed information in Electrical Specifications.



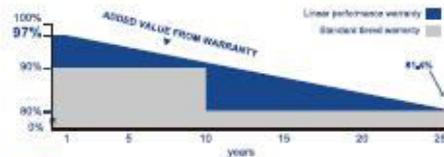
Self-cleaning glass
Coating glass for self-cleaning, reduce surface dust.

48

48-hour response service



Outstanding low irradiation performance
Excellent module efficiency even in the weak light conditions, such as morning or cloudy.



Excellent loading capability
2400Pa wind loads, 5400Pa snow loads.

25
10

25-year performance warranty

10-year warranty on materials and workmanship

IEC 61215 Ed.2
IEC 61730
UL 1703



JUST Solar

ELECTRICAL DATA

Model Type	JST400M	JST405M	JST410M	JST415M	JST420M	JST425M	JST430M
Peak Power (Pmax)/W	400	405	410	415	420	425	430
Module Efficiency/%	19.9	20.2	20.4	20.7	20.9	21.2	21.4
Maximum Power Voltage (Vmp)/V	40.45	40.55	40.65	40.70	40.80	40.90	40.96
Maximum Power Current (Imp)/A	9.90	10.00	10.10	10.20	10.30	10.40	10.50
Open Circuit Voltage (Voc)/V	48.60	48.75	48.90	49.00	49.10	49.20	49.30
Short Circuit Current (Isc)/A	10.50	10.60	10.70	10.80	10.90	11.00	11.10
Power Tolerance	0 to +5W						
Maximum System Voltage	1500V						
Nominal Operating Cell Temperature	44.4±2°C						
Maximum Series Fuse Rating	15A						

MECHANICAL DATA

Cell Type	Monocrystalline, 9BB
Number of Cells	144 cells (6x12x6x12)
Weight	23kg
Dimension	2015x996x40mm
Max Load	5400 Pascals
Junction Box	IP68 rated
Connector	Twinsel PV-SY02, IP68
Wire Type	Compatible PV Wire

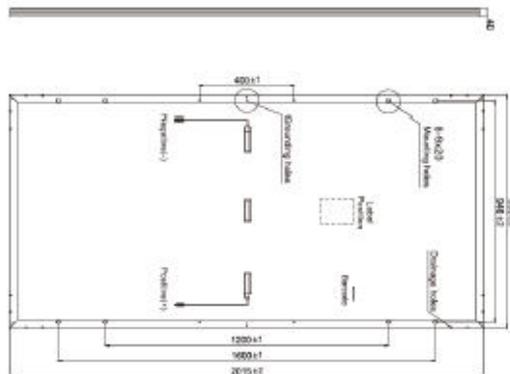
TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Temp. Coeff. of Isc (TK Isc)	0.04% /°C
Temp. Coeff. of Voc (TK Voc)	-0.28% /°C
Temp. Coeff. of Pmax (TK Pmax)	-0.37% /°C

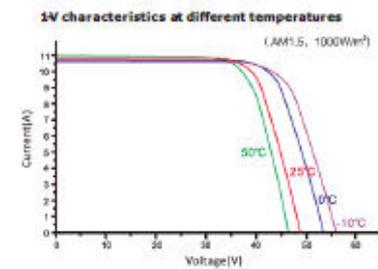
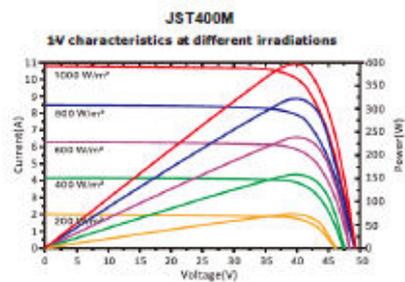
PACKING MANNER

Container	40' HQ
Pieces per Pallet	26
Pieces per Container	680

PHYSICAL CHARACTERISTICS



ELECTRICAL CHARACTERISTICS



Note: the specifications are obtained under the Standard Test Conditions (STCs): 1000W/m² solar irradiance, 1.5 Air Mass, and cell temperature of 25°C. The NOCT is obtained under the Test Conditions: 800W/m², 20°C ambient temperature, 1m/s wind speed, AM 1.5 spectrum. Please contact support@jusolar.com for technical support. The actual transactions will be subject to the contracts. This parameters (for reference only and it is not a part of the contracts). The specifications are subject to change without prior notice.

8.2 Inversores Electrónicos

El inversor es un dispositivo electrónico de potencia cuya función básica es transformar la corriente continua procedente de los módulos fotovoltaicos en corriente alterna apta para la conexión a la red eléctrica, además de ajustarla en frecuencia y en tensión eficaz.

El inversor ha de producir una corriente alterna con un tipo de onda sinusoidal pura que tiene que ser capaz de evitar armónicos en la línea más allá de los límites establecidos por el pliego de condiciones técnicas de Red Eléctrica.

Por otra parte, este tipo de inversor se sincroniza con la frecuencia de la red para que el sistema fotovoltaico y la red trabajen en fase, es decir, sincronizados.

Al mismo tiempo, es el elemento encargado del seguimiento del punto de máxima potencia del módulo fotovoltaico maximizando de esta forma la producción de energía, sean cuales sean las condiciones meteorológicas.

El inversor opera automáticamente y controla el arranque y parada del mismo. Incorpora un sistema avanzado de seguimiento de la potencia máxima (MPPT) para maximizar la energía obtenida de los paneles fotovoltaicos

Para la instalación descrita, se han seleccionado veinte inversores trifásicos de 100KW.

Se ha optado por el modelo INGECON SUN 100TL.

En la Tabla SIGUIENTE, se representan las características principales de este tipo de inversor, pudiendo ser cambiado por otro de similares características, pero de igual Potencia Nominal, si la disponibilidad del mercado así lo demanda.

INGECON

SUN

Haga clic en Herramienta Comentario y Comparte para acceder a opciones adicionales.

100TL

Valores de Entrada (DC)						
Rango pot. campo FV recomendado	56 - 80,2 kWp	91,1 - 130,5 kWp	96,2 - 137,8 kWp	101,2 - 145 kWp	106,3 - 152,3 kWp	111,3 - 159,5 kWp
Rango de tensión MPPT ¹⁾	513 - 850 V	513 - 850 V	541,5 - 850 V	570 - 850 V	598,5 - 850 V	627 - 850 V
Tensión máxima ²⁾	1.100 V					
Corriente máxima ²⁾	185 A					
Corriente de cortocircuito	240 A					
Entradas (STD / PRO)	1 / 24					
MPPT	1					
Valores de Salida (AC)						
Potencia nominal	55,3 kW	90 kW	95 kW	100 kW	105 kW	110 kW
Máx. temperatura a potencia nominal ³⁾	50 °C					
Corriente máxima	145 A					
Tensión nominal	220 V	360 V	380 V	400 V	420 V	440 V
Frecuencia nominal	50 / 60 Hz					
Tipo de red ⁴⁾	TT / TN					
Factor de Potencia	1					
Factor de Potencia ajustable ⁵⁾	SI 0 - 1 (capacitivo / inductivo)					
THD ⁶⁾	<3%					
Rendimiento						
Eficiencia máxima	99,1%					
Euroeficiencia	98,5%					
Datos Generales						
Sistema de refrigeración	Ventilación forzada					
Caudal de aire	570 m³/h					
Consumo en stand-by	20 W					
Consumo nocturno	1 W					
Temperatura de funcionamiento	-25 °C a 60 °C					
Humedad relativa (sin condensación)	0 - 100%					
Grado de protección	IP65 / NEMA 4					
Interruptor diferencial	1.000 mA					
Altitud máxima ⁷⁾	3.000 m					
Conexión	AC: Máxima sección: 240 mm² (un cable) Conexión DC (STD): Máxima sección: 300 mm² (un cable) Conexión DC (PRO): 6 mm² (24 pares de conectores PV-Stick) Permitido el cableado en cobre y aluminio, tanto en DC como en AC					
Marcado	CE					
Normativa EMC y de seguridad	IEC 61000-6-1, IEC 61000-6-2, IEC 61000-6-3, IEC 61000-6-4, IEC 61000-3-11, IEC 62109-1, IEC 62109-2, IEC 62103, IEC 61000-3-12, EN50178, FCC Part 15, IEC 60068-2-1, IEC 60068-2-2, IEC 60068-2-14, IEC 60068-2-30, IEC 60068-2-68, IEC 60529					
Normativa de conexión a red	DIN V VDE V 0126-1-1, AmBé du 23 avril 2008, EN 50438, EN 50439, EN 50548, CEI 0-21, CEI 0-16 VDE-AR-N 4105:2011-08, GB/T 19819, IEC 60364-4-41, AS4777.2, BDEW, IEC 62116, IEC 61727, UNE 206007-1, ABNT NBR 16149, ABNT NBR 16150, Brazilian Grid Code, South African Grid Code, Chilean Grid Code, DEWA 2.0, Jordanian Grid Code, Thailand MEA & PEA requirements					

Notas: ¹⁾ $V_{mppt,min}$ es para condiciones nominales ($V_{dc}=1$ p.u. y Factor de potencia=1). $V_{mppt,min}$ dependerá de la tensión de red (V_{ac}), de acuerdo con esta relación: $V_{mppt,min} \approx 1,425 \cdot V_{ac}$. ²⁾ El inversor no entra en funcionamiento hasta que $V_{dc} < 1.000$ V. Si se han instalado los fusibles de DC para el polo negativo, la tensión máxima DC es de 1.000 V. ³⁾ La corriente máxima por conector FV es 11 A para la versión PRO. ⁴⁾ Por cada °C de aumento, la potencia de salida se reducirá un 2,3%. ⁵⁾ Estas unidades deberán conectarse a una red trifásica en estrella con neutro aterrado. No pueden ser conectadas a redes IT. ⁶⁾ Rango de ajuste extendido para puntos de trabajo nominales. ⁷⁾ Para potencia y tensión AC nominales de acuerdo con la norma IEC 61000-3-4. ⁸⁾ Por encima de 1.000 m, la temperatura máxima para entregar potencia nominal se reduce a razón de 5,5°C por cada 1.000 m adicionales.

Rendimiento INGECON® SUN 100TL $V_{dc} = 570$ V

Dimensiones y peso (mm)

100TL STD
75 kg.

100TL PRO
78 kg.

4.1 Instalación de transformación de BT/MT

La energía eléctrica producida en cada uno de los inversores será en baja tensión, mientras que la red de distribución de la zona, a la cual se entregará, es en media tensión; esta es la razón por la cual será necesario la creación de una instalación de transformación de la energía producida en la planta solar para su adecuación a la tensión de entrega de 13,2 kV indicada por la compañía.

De esta forma, la instalación de 2 MW, contará con un centro de maniobra que conectará la instalación a la línea subterránea de media tensión proveniente de RADA 2 y que conecta con el punto de entrega de energía en el CT ERAS(CAPARROSO) y cuatro centros de transformación de 630KVA, cumpliendo en su totalidad con la normativa vigente.

El nuevo C.M. rada 2 y 3 es un centro prefabricado de maniobra y seccionamiento con envolvente prefabricada de hormigón monobloque, para instalación en superficie y de maniobra exterior

Los centros de transformación, se alojarán en edificios prefabricados de hormigón tipo PFU 4 de Ormazabal (o similar), cuentan con tres zonas diferenciadas, que son transformador, celdas de media tensión de protección maniobra y medida, y una tercera donde se alojarán los inversores.

El centro de transformación es un edificio construido con el formato de un contenedor de 40 pies, que cuenta con tres zonas diferenciadas, que son transformador, celdas de media tensión de protección maniobra y medida. Dicho edificio estará ubicado en la planta de tal forma que las caídas de tensión sean las mínimas.

Sus características constructivas se ajustan a lo especificado en el M.T. 2.11.20, en el apartado 6.1.

La envolvente prefabricada de maniobra exterior cumplirá con las características generales especificadas en el documento NI 50.40.10 "Especificación Particular-Envoltentes prefabricadas de hormigón, para Centros de Seccionamiento independientes de superficie, de maniobra exterior, para conexión de instalaciones particulares, hasta 24 kV".

Las dimensiones de los centros de transformación, disposición de los equipos, etc. están indicadas en los planos adjuntos en el Documento "Planos".

4.1.1 Condiciones para las instalaciones y otras prescripciones

Elementos de maniobra y protección.

En el C.M. se instalarán un conjunto de celdas modulares compactas no extensibles 3L de corte bajo SF6 telemandadas según NI 50.42.11 "Celdas de alta tensión bajo envolvente metálica hasta 36 kV, prefabricadas, con dieléctrico de SF6, para CT".

La denominación de las celdas proyectadas según N.I. 50.42.11 es:

CNE-3L-F-SF6-24-13-TELE

Las celdas deberán estar fijadas al suelo.

La instalación y disposición de las celdas cumplirán las instrucciones de instalación del fabricante de las celdas, respetándose las distancias necesarias para la salida y expansión de los gases en caso de arco interno en la celda.

Se evitará colocar las celdas centradas en la instalación, acercándolas a una pared lateral en la medida de lo posible, con objeto de dejar libre en un lado el espacio necesario para los equipos de comunicaciones, protección y control.

Automatización y comunicaciones.

Los equipos para automatización de red, telegestión y comunicaciones se instalarán tal como se especifica en el MT 3.51.20 "Especificaciones Particulares para Sistemas de Telegestión y Automatización de Red. Instalación en Centros de Transformación".

Alumbrado.

El C.M. dispone de un punto de alumbrado con marcado CE, mediante lámpara de bajo consumo del orden de 11 W, con fijación magnética y longitud de cable adecuada para iluminación en las zonas de maniobra y operación de la aparamenta de media tensión.

Ventilaciones.

La ventilación será natural, las rejillas de ventilación se encuentran situadas en la parte superior e inferior de las puertas.

Condiciones electromagnéticas.

Las radiaciones electromagnéticas emitidas por el C.M. cumplen en todo momento con lo establecido en la Recomendación del Consejo de Ministros de Sanidad de la Unión Europea (1999/519/CEE de 12 de Julio) relativa a la limitación de la exposición de los ciudadanos a los campos electromagnéticos, no superando las radiaciones electromagnéticas señaladas en la citada recomendación. Hasta la instalación y posterior puesta en servicio no se podrá acreditar ningún tipo de medición al respecto.

El centro de maniobra y seccionamiento ha sido diseñado para minimizar en el exterior de la instalación los campos electromagnéticos creados por la circulación de corriente a 50 Hz en los diferentes elementos de las instalaciones según lo indicado en el apartado 4.7 de ITC-RAT-14.

Condiciones acústicas.

El nivel de ruido originado por el centro de seccionamiento cumple con los requisitos reglamentarios exigidos en el RD 1367/2007, y por tanto con las exigencias establecidas en la ITC-RAT 14, ya que al tratarse de un centro de seccionamiento (sin transformador) no existen fuentes con emisión acústica.

Protección contra incendios.

De acuerdo con el apartado 4.1 b.1 de la ITC MIE-RAT-14, en instalaciones que no dispongan de personal fijo, si existe personal itinerante con misión de vigilancia, mantenimiento y control, estos deberán estar provistos en sus vehículos como mínimo de dos extintores de eficacia 89 B, no siendo necesaria la instalación de extintores en el centro de transformación.

En atención a lo especificado en el CTE DB SI Sección SI 4 Detección, Control y Extinción de Incendios, el uso de extintores portátiles deberá ser de eficacia 21 A - 113 B.

El personal de mantenimiento itinerante con misión de vigilancia, mantenimiento y control, sus vehículos deben ir provistos de dos extintores de eficacia 27 a 183 BC, cumpliendo lo establecido en los dos apartados anteriores.

Según el DB SI en la sección SI 1 "Propagación Interior" punto 2 en el que se definen los locales y zonas de riesgo especial y atendiendo a la tabla 2.1 clasificación de los locales y zonas de riesgo especial integrados en edificios.

CARACTERÍSTICAS DE C.T.		Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Alto
- Centro de transformación				
- Aparatos con aislamiento dieléctrico seco o líquido con punto de inflamación mayor que 300°C		En todo caso		
- Aparatos con aislamiento dieléctrico con punto de inflamación que no exceda de 300°C	Potencia Total	$P \leq 2.520 \text{ kVA}$	$2.520 < P \leq 4.000 \text{ KVA}$	$P > 4.000 \text{ kVA}$
	Potencia en cada Transformador	$P \leq 630 \text{ kVA}$	$630 < P \leq 1.000 \text{ kVA}$	$P > 1.000 \text{ kVA}$

Y teniendo en cuenta que el transformador, según norma UNE 21-320/5-IEC 296, cuenta con líquido refrigerante de tipo aceite natural, cuyo Punto mínimo garantizado de Inflamación será de 135° C y un calor Típico de 165° C, al no exceder el Punto de Inflamación de 300° C. Al no ser la potencia del Transformador superior a 630 kVA, ni la potencia total instalada superior a 2.520 kVA, se considerará como Riesgo Bajo.

Atendiendo a esta clasificación y según la Tabla 2.2 Condiciones de las zonas de riesgo especial integradas en edificios del DB SI en la sección SI 1:

Característica	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Alto
Resistencia al fuego de la estructura portante	RF 90	RF 120	RF 180
Resistencia al fuego de las paredes y techos que separan la zona del resto del edificio	EI 90	EI 120	EI 180

En lo referente al líquido refrigerante de los transformadores con la finalidad de permitir la evacuación y la no extensión del líquido inflamable, se dispone de foso de recogida estanco, cuya capacidad es superior al volumen de aceite del transformador instalado.

Con lo anteriormente expuesto y con el fin de aumentar la seguridad y disminuir el riesgo de propagación de incendio a otras áreas anexas a los Centros de Transformación, I-DE, REDES ELÉCTRICAS INTELIGENTES, S.A.U., establece la utilización en la construcción de sus Centros de Transformación de elementos que garanticen un grado de protección contra el fuego de RF-180, superior a lo establecido en el CTE DB-SI.

Sistema de puesta a tierra (PAT).

Los cálculos y requisitos para la instalación de puesta a tierra se encuentran definidos en el MT 2.11.33 “Especificaciones particulares para el diseño de puestas a tierra para Centros de Transformación, de tensión nominal ≤ 30 kV”.

A la línea de tierra de protección del CM y los 4 CT, se conectarán:

- Armadura de la envolvente prefabricada
- Aparamenta de MT, que estará conectada al cable de tierra por dos puntos.
- Pantalla del cable HEPRZ1, de la interconexión de MT, las puertas y rejillas, en el caso de que sean metálicas.
- Cualquier armario metálico instalado en el centro de maniobra y seccionamiento, así como los armarios de telegestión y comunicaciones.

Para conectar estos elementos con la caja de seccionamiento del sistema de puesta a tierra de protección se empleará cable desnudo de aleación de aluminio D 56.

El electrodo de puesta a tierra de protección, estará formado por un anillo perimetral de cobre desnudo de 50 mm², enterrado a 0,5 m de profundidad, y separado 1 m de las paredes del centro de maniobra y seccionamiento. Este cable saldrá de la caja de seccionamiento de protección del Centro, estando incluida su conexión con la caja y sellado del pasacables por donde sale el cable desde el Centro a la zona enterrada. Para cerrar el anillo se utilizará una grapa de conexión para cable de cobre. En las esquinas y punto medios

de cada lado del anillo se colocará una pica cilíndrica, de acero cobrizado, de 14 mm de diámetro y de 2 m de longitud.

En el exterior del Centro, desde sus paredes hasta 1,2 m del mismo, se construirá una acera perimetral de hormigón de 15 cm de espesor. Esta acera contendrá en su interior un mallazo electrosoldado.

Cualquier conducción que llegue desde el exterior del centro de mando y seccionamiento (comunicaciones, etc.) deberá poseer un nivel de aislamiento a tensión asignada de corta duración a frecuencia industrial, como mínimo, de 10 kV (valor eficaz durante 1 minuto). Las celdas, cuadros y pupitres de control de las instalaciones de media tensión estarán situados en lugares de amplitud e iluminación adecuados, y sus características constructivas cumplirán con los parámetros de señalización, conexionado, tipo de bornes, etc. que recoge la instrucción MIE-RAT- 10.

4.1.2 Transformador

Otro de los elementos esenciales para una planta fotovoltaica, es el transformador de potencia cuya función principal es elevar la tensión para adaptarla a la línea de distribución y reducir pérdidas de potencia. Otra peculiaridad de los transformadores, es el aislamiento galvánico de los bobinados de alta y baja tensión, únicamente conectados mediante acoplamiento magnético, que es la base de funcionamiento de los transformadores.

Los transformadores a colocar quedarán instalados en una parte aislada dentro de cada edificio, separado de las celdas y armarios de protección eléctrica, de manera que no sea posible un contacto accidental con las partes en tensión ni con las puertas de acceso al bloque.

Los transformadores tienen como dieléctrico tipo K y están recogidos en la Norma NI 72.30.00 "Transformadores trifásicos sumergidos en aceite para distribución en baja tensión", cumpliendo la UNE 21.428-1/RU 5201D.

En la instalación proyectada, se instalarán cuatro transformadores de potencia para cada 5 inversores de los veinte proyectados, cada uno con las siguientes características:

Tipo	Transformador trifásico elevador de tensión
Acoplamiento	Dyn11
Potencia	630 kVA
Tensión primaria	20-13,2 kV
Tensión secundaria	400V
Regulación en el primario	13200/+3,78%/+7,57%/+11,36%/+15,15% 17500/+2,5%/+5%/+7,5%/+10%
Tensión de cortocircuito (Ecc)	4,5 %
Protección:	FUSIBLES DE 63 A.
Intensidad nominal BT	960 A
Líquido aislante	Tipo K

El resto de las características se ajustarán a lo indicado en la RU-5201.

Conexión en el lado de Alta Tensión

Juego de puentes III de cables AT unipolares de aislamiento seco HEPRZ1, aislamiento 12/20 kV, de 150 mm² en Al con sus correspondientes elementos de conexión.

Para efectuar las conexiones de este juego de puentes de unión entre la función Q de la celda y el transformador se emplearán terminales enchufables acodados marca 3M, para cables secos de 150 mm² 12/20 KV.

Conexión en el lado de Baja Tensión

Juego de puentes III de cables BT unipolares de aislamiento seco tipo RV-K, aislamiento 0.6/1 kV, de 10 conductores de 240 mm² Al para cada una de las fases.

4.2 Equipos Secundarios

4.2.1 Estructura de soporte

El campo fotovoltaico ira montado sobre una estructura metálica capaz de soportar las inclemencias meteorológicas. Debido a la orientación y latitud donde se encuentra la instalación, y a fin de aprovechar al máximo la superficie disponible se plantea una instalación con inclinación 30º.

Toda la estructura metálica se realizará en acero galvanizado en caliente, de al menos 80 micras de espesor, evitando la corrosión y el óxido del metal siguiendo estrictamente el marcado CE y las normas UNE-EN/ISO1461, UNE-EN/ISO 14713 y UNE-EN1179, así como la norma UNE-EN1090 de Dimensionamiento estructural y montaje de estructuras de acero y aluminio.

Las acciones principales a las que estarán sometidas las estructuras de los módulos fotovoltaicos son cargas gravitatorias y acciones del viento, siendo esta última predominante. Para ello, en el cálculo de la estructura, se tendrá en cuenta dichas acciones, según la zona, siguiendo los documentos básicos, DB-SE y DB-AE del código técnico de edificación (CTE).

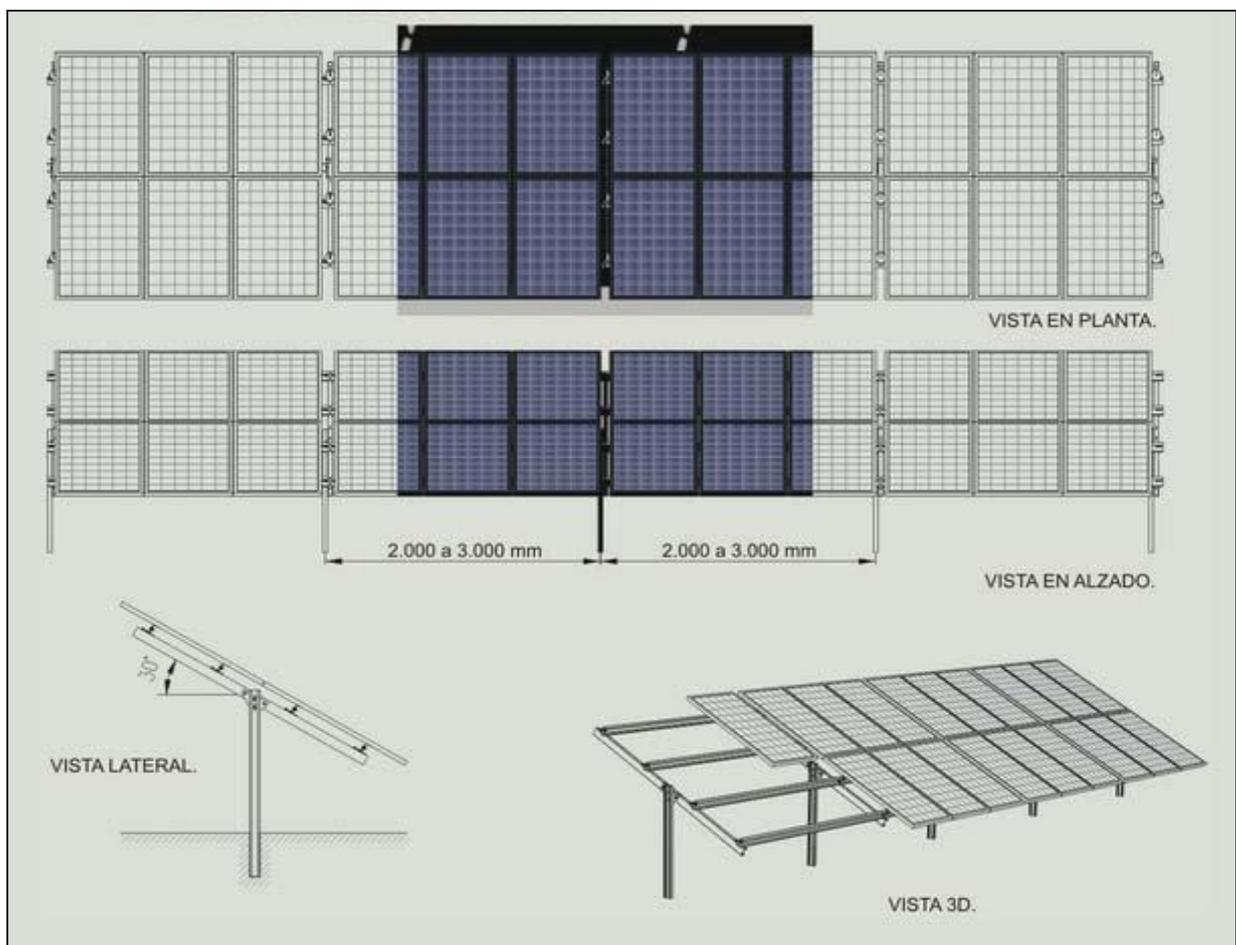
Por ello, la estructura será diseñada y fabricada siguiendo las normativas de cálculo y adaptándose a las condiciones especiales del terreno, ubicación, condiciones meteorológicas, etc, en calidades de acero S275JR y S355JR de acuerdo a la norma EN10025-2:2004.

La sujeción de la estructura al terreno se realizará mediante sistemas de hincado y/o taladrado, en función de los resultados de estudios geotécnicos a realizar previo a la construcción de la estructura, una vez determinados la composición y la dureza del terreno, así como su composición química con el fin de determinar la existencia de agentes corrosivos.

La profundidad de hincado podrá variar entre 1,2 y 2 metros en función de las características del terreno, garantizando siempre la correcta estabilidad frente a las cargas de viento y peso propio que puedan aparecer en el lugar de emplazamiento.

La estructura mantendrá siempre una orientación de 0º sur, con una inclinación de 30º, optimizando el rendimiento energético de los módulos fotovoltaicos. El hincado se realizará mediante medios mecánicos empleando maquinaria diseñada para el hincado directo de los pilares que conforman las estructuras. Todos los puntos de hincado se obtendrán mediante georreferencias obtenidas por dispositivos GPS, partiendo del proyecto de ejecución de la planta.

El método de fijación de la estructura permitirá la expansión térmica sin transmitir unas cargas excesivas a los módulos fotovoltaicos, así como los pequeños movimientos de tierra que se puedan generar.



La altura mínima de los módulos solares será de 0,5 m para evitar sombras de pequeños arbustos y facilitar su mantenimiento, adaptándose a la forma del terreno, y diseñada para evitar las sombras entre filas y sombras de edificios.



El sistema de montaje permitirá un fácil montaje y desmontaje de los módulos fotovoltaicos, así como un fácil mantenimiento y limpieza de los mismos.

También se ha de tener en cuenta la distancia mínima entre las filas de módulos para evitar problemas de sombra.

4.2.2 Cuadros eléctricos

Las series de módulos solares serán conectadas en paralelo en los cuadros eléctricos de string, los cuales se montarán sobre las estructuras. Estos cuadros eléctricos de string incluirán fusibles de protección para cada serie de módulos solares, un descargador de sobretensión de categoría II y un seccionador de corte en carga para la salida, y serán de envoltorio metálica o de poliéster, con un grado de estanqueidad IP65. Todos los elementos a emplear tendrán una tensión de diseño de 1500 Vcc.

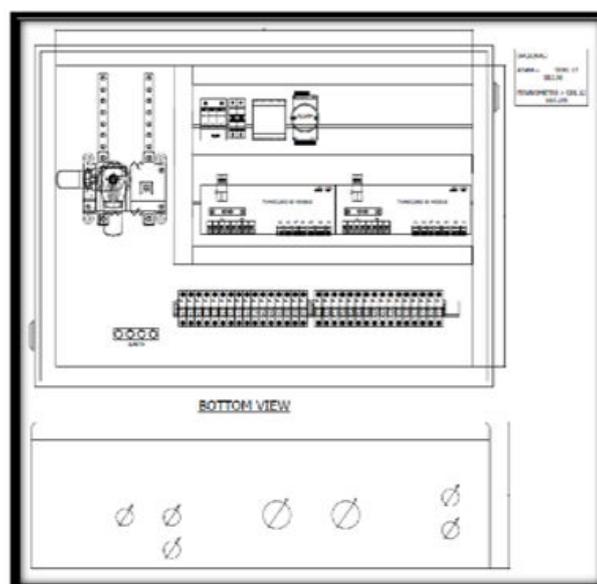


Ilustración 5. Cuadros eléctricos

4.2.3 Cables y terminales

Todos los conductores estarán debidamente diseñados para la máxima corriente en servicio continuo, máxima caída de tensión admisible y corriente de cortocircuito durante el periodo de actuación de las protecciones.

Todos los conductores tendrán un nivel de aislamiento según los niveles de tensión de la red, niveles de tensión de generación y el sistema de puesta a tierra seleccionado. Concretamente, el nivel de aislamiento de los conductores en la parte de corriente continua será de 1,5 KV, y de 1 KV en la parte de alterna.

El dimensionamiento de los conductores de corriente continua y alterna se realizará de manera que las pérdidas por caída de tensión sean menores 2%, desde los módulos fotovoltaicos hasta la conexión y entrada del transformador de tensión.

Todos los terminales para la conexión de cables estarán acordes con el material que este fabricado el cable (aluminio o cobre) y los cuadros eléctricos.

En la instalación fotovoltaica, de forma general, existirán dos tipos de cableado, de corriente alterna y de continua, que a continuación se detallan:

Cableado baja tensión en corriente continua

Los módulos fotovoltaicos estarán conectados con la configuración óptima entre los paneles solares y el inversor, consiguiendo de este modo el mejor rendimiento en la instalación.

Estos circuitos salen del inversor hasta un cuadro de string, y de este cuadro van a las distintas series, canalizado por la estructura donde se conectan con los paneles solares. El cableado estará dispuesto de manera que no pueda dañarse y debidamente embridado a la estructura.

Los conductores en corriente continua, serán de cobre tipo RV-K con aislamiento de 1,5 KV, y con secciones que aseguren una caída de tensión acorde a lo estipulado anteriormente. La polaridad (positiva o negativa) de los mismos estará debidamente identificada, bien por el color del aislamiento (negro y azul para el negativo y rojo o marrón para el positivo), o mediante etiquetas identificativas que imposibiliten en grado de lo posible la confusión de polaridad durante las tareas de conexionado. La temperatura máxima para este cable es de 90°C. Su recubrimiento es resistente a la radiación ultravioleta siendo totalmente apto para instalación en exteriores de acuerdo con la norma UNE 21123.

Los conductores desde módulos hasta los cuadros de string y posteriormente hasta el inversor varían en sección estando definidos en Tabla 9 Secciones cableado corriente continúa.

Cableado baja tensión en corriente alterna

Los conductores en corriente alterna, tendrán la sección adecuada para asegurar caídas de tensión menores de lo estipulado, y será de doble aislamiento de 0,6/1 KV. La temperatura máxima para este cable es de 90 °C. Su recubrimiento es resistente a la radiación ultravioleta siendo totalmente apto para instalación en exteriores.

Las secciones de los conductores seleccionados se encuentran definidas en la Tabla 10 Secciones cableado corriente alterna.

Protecciones

La instalación contará con un sistema de protecciones adecuado para que la unión entre la instalación fotovoltaica y la instalación convencional se realice en condiciones adecuadas de seguridad, así:

Las protecciones en corriente continua pasan por establecer una limitación de la potencia generada por cada serie de módulos fotovoltaicos en los cuadros de string, colocando un fusible de 10 Amperios por serie, que actúa como protección contra las sobre intensidades. Posteriormente, a la entrada del inversor con el fin de proteger a este de las intensidades superiores a las soportadas, se colocará una pareja de fusibles de 200 Amperios por cada acometida de cuadro de string al inversor.

La protección contra los contactos directos se conseguirá utilizando cajas de conexión debidamente protegidas, las cuales, en el caso de estar situadas en el exterior (parte posterior de la estructura), deberán tener un grado de protección IPX4. También se garantizará esta protección mediante la utilización de conductores con doble aislamiento tipo RV-K de 1,5KV y canalizándolo de manera que no pueda ser golpeado y/o seccionado.

El propio inversor dispone de un sistema de protección contra corrientes de defecto a modo de interruptor automático diferencial al objeto de proteger a las personas en caso de derivación de algún elemento de la parte continua de la instalación.

Además, según se refleja en el esquema unifilar, se colocará un seccionador de corte en carga en cada cuadro de string, actuando como elementos de corte, aislando los generadores fotovoltaicos del resto de la instalación, y facilitando la conexión y desconexión de dicho cuadro en las tareas de operación y mantenimiento.

Las protecciones en corriente alterna de la instalación, deberán ser las siguientes:

- Interruptor automático de la interconexión para la desconexión-conexión automática de la instalación fotovoltaica en caso de pérdida de tensión o frecuencia

de la red, junto a un relé de enclavamiento. Este dispositivo lo incorpora el propio inversor.

- Interruptor automático diferencial, con el fin de proteger a las personas en caso de derivación de algún elemento evitando así los contactos indirectos.
- Protección para la interconexión de máxima y mínima tensión y frecuencia (1,1 Um y 0,85 Um en valores de tensión y 51 y 49 Hz en valores de frecuencia), también incorporado en el propio inversor.
- Los interruptores automáticos magnetotérmicos y diferenciales, tanto de protección de la instalación fotovoltaica como de sus equipos anexos, serán recogidos en el interior de un cuadro metálico de protección con grado de protección IP55.

Protecciones contra sobretensiones, para proteger la instalación de posibles sobretensiones de origen atmosférico o industrial, eliminando todas aquellas provenientes de la red o introducidas por tierra, se instalarán limitadores de sobretensión, dispuestos aguas arribas de los diferenciales automáticos de cada inversor en la parte de corriente alterna y en cada cuadro de string en la parte de corriente continua.

La elección de los limitadores se ha realizado considerando aspectos como el tipo de receptores a proteger en función de su sensibilidad, su coste, las consecuencias y la indisponibilidad, así como el tipo de zona a proteger en función de la densidad de rayos, topografía del lugar, existencia de línea aérea y subterránea de suministro.

De acuerdo a estas observaciones y a lo indicado en la ITC-BT-23, se considerarán dos tipos de categorías de sobretensiones.

- Categoría III, en la protección de corriente alterna.
- Categoría II, en cuadro de string de protección de corriente continua.

4.3 Instalaciones

4.3.1 Puesta a Tierra

Para asegurar la seguridad de las personas y equipos se instalará un sistema de puesta a tierra, de manera que todas las masas de la instalación fotovoltaica tanto de la parte de continua como de alterna estarán conectadas a una única tierra.

Esta tierra será independiente de la del neutro de la empresa distribuidora, de tal forma que no se alteren las condiciones de puesta a tierra de la red general, tal y como se especifica en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión REBT y el art. 12 del R.D. 1663/2000.

Del mismo modo, esta tierra será independiente de la del neutro del transformador de la planta solar, si bien es cierto que en la presente instalación el neutro del transformador se mantiene sin conectar a tierra, en funcionamiento IT.

El inversor a utilizar no emplea un transformador para realiza el aislamiento galvánico de separación entre la red de distribución de baja tensión y la instalación fotovoltaica, sino que utiliza un dispositivo denominado AFI, el cual efectúa el control de corriente residual sensible a todas las corrientes existentes en el inversor. Este sistema cumple con las normativas al respecto en vigor, estando totalmente homologado para su uso.

En el exterior del edificio de inversores – transformador, se realizará un anillo perimetral al edificio compuesto por cable de cobre desnudo 50 mm² en zanja a 80 cm de profundidad que se unirá a 4 picas de acero cobrizado de 2 m de longitud hincadas en el terreno y conexionadas al cable de cobre en las esquinas del anillo mediante grapas metálicas homologadas. Todo ello siguiendo una configuración tipo UNESA 60-35/8/42.

Por otra parte, en el interior del edificio se dispondrá un trazado lineal por detrás de las celdas grapeado a la pared mediante bridas y tacos de sujeción aislantes, la cual, en su parte final se unirá a una caja de seccionamiento con un grado de protección IP 545, desde la cual se conectará a través de la base de la caseta con el anillo perimetral exterior.

Esta caja de seccionamiento servirá para efectuar las mediciones de puesta a tierra de protección de las masas del centro de seccionamiento.

La tierra interior del centro tendrá la misión de poner en continuidad eléctrica todos los elementos que deban estar conectados a la tierra exterior, de ahí que se conectarán a la misma cada una de las partes metálicas de las instalación que no estén en tensión normalmente, pero que puedan estarlo a causa de averías o circunstancias externas (accidentes, descargas atmosféricas o sobretensiones), tales como los chasis y los bastidores de los aparatos de maniobra así como las envolventes metálicas de las cabinas prefabricadas.

Las celdas dispondrán de una pletina de tierra que las interconectará, constituyendo el colector de tierras de protección, también deberá ponerse a tierra el armado metálico del conductor del equipo de medida.

Con el fin de evitar la aparición de tensiones de contacto elevadas en el exterior de la instalación, las puertas y rejas de ventilación metálicas que dan al exterior del centro no tendrán contacto eléctrico alguno con masas conductoras que, a causa de defectos o averías, sean susceptibles de quedar sometidas a tensión, tal particularidad ya está fijada por el fabricante del propio edificio.

Los muros del edificio, de acuerdo a las características indicadas por el fabricante disponen de la adecuada especificación de resistencia de difusión para este tipo de centros.

Por otra parte, la losa de hormigón sobre la que se asienta el edificio, está constituido por hormigón armado con mallazo electrosoldado el cual será conectado a la puesta a tierra de protección en los puntos fijados por el fabricante, de forma que se consiga que la persona que deba acceder a una parte que pueda quedar en tensión, de forma eventual, esté sobre una superficie equipotencial, con lo que desaparece el riesgo inherente a la tensión de contacto y de paso interior. Este mallazo se encuentra cubierto con una capa de hormigón de más de 10 cm. de espesor.

Los receptores de baja tensión a instalar en el centro de inversores y transformación (servicios auxiliares) estarán puestos a tierra mediante sus conductores de protección.

Cada cuadro eléctrico de corriente continua y de corriente alterna, tendrá su propia puesta a tierra, conectada directamente a la red de puesta a tierra de la planta.

Los conductores de protección se dimensionarán siguiendo lo indicado en la ITC-BT-18, teniendo en cuenta los siguientes casos en particular:

- Masas metálicas de la estructura: Conductor cobre desnudo 1x35 mm².
- Paneles fotovoltaicos: Conductor cobre tipo RV-K 0,6/1 KV 1x4 mm²
- Inversor: Conductor cobre tipo RV-K 0,6/1 KV 2x50 mm².
- Resto de aparatos receptores: conductores de iguales características y sección que los correspondientes a su fase y neutro.

Teniendo en cuenta una resistividad del terreno estimada de 50 Ωm (arcilloso), el sistema de puesta a tierra descrito garantiza una resistencia a tierra inferior a 10 Ωm

Dicho planteamiento se deberá corroborar una vez se disponga del estudio geotécnico de la parcela, con el dato exacto de conductividad del terreno, debiendo reflejarlo en la dirección de obra a suscribir por el técnico competente.

4.3.2 Monitorización de la planta

Con el fin de controlar el estado de la planta solar y conocer su rendimiento, se debe instalar un sistema de monitorización que permita, vía internet, conocer la producción de los paneles fotovoltaicos y el estado del parque, avisando en caso de que exista alguna alarma a la persona encargada de su mantenimiento.

Los inversores que componen la unidad de explotación aportan datos de producción, intensidades, voltaje, frecuencias, rendimientos, etc, que son una serie de datos de gran utilidad para el propietario de la planta solar y para el personal de gestión, operación y mantenimiento.

Al mismo tiempo, la planta también estará equipada con una estación meteorológica que nos aporta datos de radiación, temperatura, humedad, velocidad de viento, etc, con cuyos datos obtenemos el rendimiento teórico y real de la planta fotovoltaica.

Para poder controlar la planta solar y realizar un seguimiento, se instalará en la planta una red de comunicaciones capaz de recoger en un PC los datos mencionados, así como históricos de producción, alarmas, funcionamiento del transformador, etc.

Mediante este sistema, es posible la visualización del funcionamiento de la planta solar desde una ubicación remota de la misma.

Para poder recoger todos los datos generados en la planta solar y entregarlos al programa de monitorización, se instalará una red de cable FTP de cobre, que se denominará línea de datos. Estas líneas estarán protegidas ante posibles ruidos e interferencias externas, mediante cable FTP cat5E para exterior, con cubierta PE.

La información mínima del sistema de monitorización que debe transmitir será:

- Estado del inversor.
- Alarmas del inversor.
- Producción del inversor.
- Producción por string

Todas las alarmas que se produzcan se informarán de manera inmediata al personal de mantenimiento de la planta solar para que procedan a su corrección en el menor tiempo posible.

4.4 Obra Civil

Debido al diseño de planta solar fotovoltaica, así como la elección de los componentes de la misma, la obra civil a realizar es de pequeño alcance, limitándose a las canalizaciones de cableado de baja y media tensión y a la cimentación del edificio de inversores – transformador.

La estructura de sujeción de los módulos solares se realiza mediante hincado o atornillado, por lo que no es necesario realizar ningún tipo de actuación previa a su instalación.

4.4.1 Preparación del terreno

Todo el terreno se preparará para evitar durante los trabajos de instalación y posteriormente de operación y mantenimiento, problemas con la lluvia, nieve, y cualquier condición meteorológica.

Se realizará un sistema de evacuación de agua, de manera que se eviten encharcamientos en la zona ocupada por la instalación solar.

Para las labores de instalación se adecuará una zona de aproximadamente 1000 metros cuadrados para facilitar las tareas de descarga y acopio de materiales.

4.4.2 Cimentaciones de los edificios

Todos los edificios se situarán sobre una cimentación de hormigón armado según especificaciones del fabricante y normativa local y nacional.

Dicha cimentación deberá ser construida in situ y deberá contener un mallazo electrosoldado de acero corrugado B500S que garantice la resistencia necesaria para soportar el edificio.

El hormigón a emplear será hormigón en masa HA250.

Si el terreno contiene agentes corrosivos, se utilizarán hormigones apropiados, con aditivos que permitan su empleo y eviten el agente corrosivo.

4.4.3 Canalizaciones

Dentro de la planta fotovoltaica existirán dos tipos de canalizaciones, de baja tensión y de media tensión, que a continuación se detallan:

Canalizaciones de Baja Tensión.

Desde el inversor de corriente dispuesto en el edificio de inversores - transformador, saldrán las acometidas hasta los cuadros de string repartidos por la planta solar y ubicados en la estructura. Estas acometidas estarán en parte de su recorrido canalizadas de forma subterránea, tal como se muestra en los planos adjuntos.

Los conductores empleados quedarán recogidos en dicha canalización subterránea en tubos PVC reforzado $\varnothing 160$ mm, a una profundidad de 80 cms. El número de tubos a instalar en cada tramo de canalización queda reflejado en los planos adjuntos, manteniendo siempre uno de reserva.

También se instalará otro tubo PVC reforzado $\varnothing 50$ mm para contener y proteger el cableado de comunicación, independiente de los anteriores.

Las arquetas de registro se ubicarán junto a la estructura de sujeción de módulos solares, en los cambios de dirección de las canalizaciones y con un máximo de 40 metros en los tramos rectos; serán de

hormigón prefabricado con dimensiones interiores 50x50x60 cm con tapa de fundición 50x50 cm, y serán registrables por el personal de operación y mantenimiento de la planta solar.

Canalizaciones de Media Tensión.

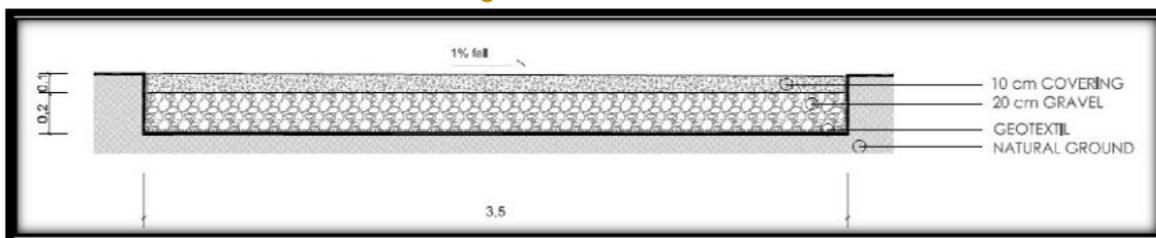
Las canalizaciones de media tensión que se deben realizar en la planta solar, corresponden a la canalización del tendido eléctrico que viene desde el centro de seccionamiento proyectado donde se une a la línea particular de la planta fotovoltaica Rada 2 y las canalizaciones entre los centros transformadores proyectados.

Dicho tendido eléctrico y su canalización quedan reflejados en los planos adjuntos en el presente proyecto.

4.4.4 Caminos

Los caminos para el acceso a los equipos principales y para la organización de los trabajos serán según la siguiente imagen:

Imagen 2: Sección de Camino



La construcción de caminos incluirá una excavación a profundidad adecuada, nivelación y preparación del firme, reemplazamiento con grava y compactación adecuada. Todos los caminos tendrán un drenaje adecuado para el control de la erosión y perdurar frente a adversidades climatológicas tales como la lluvia.

4.4.5 Drenaje

Se construirá un sistema de drenaje que permita la evacuación de agua de la parcela, de manera que se eviten encharcamientos en la zona ocupada por la instalación solar, así como arrastres de material que supongan un peligro para los componentes de la propia instalación fotovoltaica.

4.4.6 Bandejas metálicas

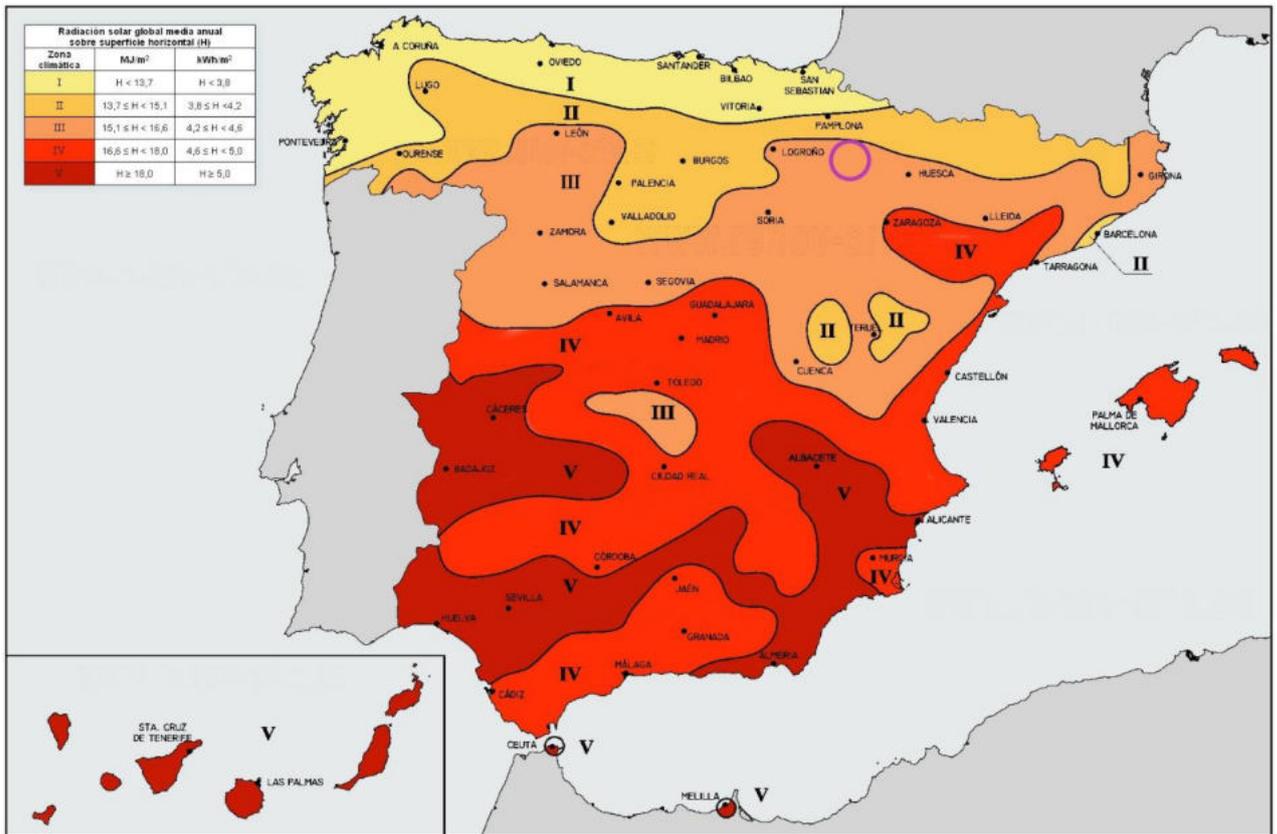
En los tramos en los que las acometidas eléctricas desde el inversor a los diferentes cuadros de string se realicen por la estructura de sujeción de los módulos solares, se instalará una bandeja de acero galvanizado en caliente con tapa para albergar el cableado en su interior.

Dicha bandeja se sujetará a la estructura de sujeción de los módulos solares, a una altura mínima de 50 cms y partiendo desde una arqueta o desde un tubo de la canalización subterránea.

4.5 Producción estimada de la instalación

La instalación fotovoltaica se ha diseñado atendiendo a criterios de aprovechamiento del espacio de la superficie, evitando en todo momento la proyección de sombras en los paneles.

Como se puede observar, la ubicación de la planta solar proyectada está en la zona climatológica III, en la que se considera una radiación solar media anual entre los 4,2 y 4,6 Kw/m²/día.

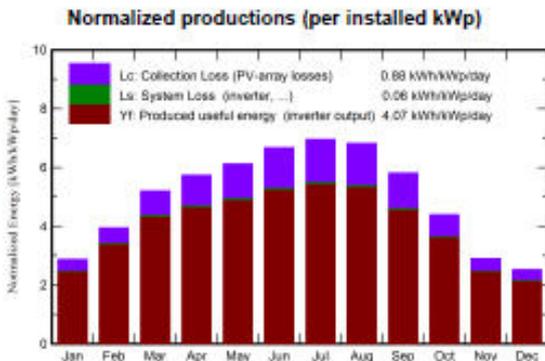


Para realizar el cálculo de producción, se ha recurrido al programa PVSyst, mostrando un resultado de producción anual de 3.918MW/h anuales, tal como puede observar a continuación:

System Production

Produced Energy 3918 MWh/year
 Apparent energy 3918 MVAh

Specific production 1484 kWh/kWp/year
 Performance Ratio PR 81.31 %



Balances and main results

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR ratio
January	53.8	25.99	5.84	89.1	83.6	205.8	203.0	0.863
February	74.6	32.48	6.56	110.3	104.8	255.6	252.2	0.866
March	125.8	47.43	9.81	161.1	153.1	360.6	355.9	0.837
April	156.9	71.49	12.16	172.1	162.6	374.8	369.9	0.814
May	190.9	80.43	15.93	189.9	179.2	407.5	402.0	0.802
June	209.0	72.61	20.51	200.0	189.2	422.3	416.6	0.789
July	220.6	68.19	22.87	215.7	204.3	452.7	446.6	0.784
August	196.7	60.50	22.81	211.4	200.8	444.2	438.2	0.785
September	145.0	47.99	18.81	174.2	165.3	367.6	362.6	0.789
October	97.9	39.16	14.87	136.2	129.4	302.5	298.4	0.830
November	57.0	29.39	9.20	87.1	82.4	199.1	196.1	0.853
December	47.2	24.97	6.04	78.3	73.2	179.4	176.8	0.855
Year	1575.5	600.61	13.83	1825.4	1728.0	3971.9	3918.4	0.813

Legends

GlobHor	Global horizontal irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
DiffHor	Horizontal diffuse irradiation	E_Grid	Energy injected into grid
T_Amb	Ambient Temperature	PR	Performance Ratio
GlobInc	Global Incident in coll. plane		
GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings		

4.6 Garantías y mantenimiento

4.6.1 Garantías

Para el presente proyecto, se instalarán materiales de primera calidad y de nueva fabricación, cumpliendo con las normativas de calidad. La garantía mínima para el conjunto de la planta fotovoltaica será de 2 años, contando una serie de equipos con una garantía superior, como son:

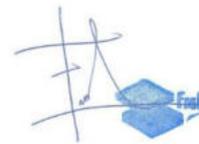
- Módulos fotovoltaicos: Garantía de fabricación de 10 años, y garantía de potencia de 25 años, siendo del 90% los diez primeros años y del 80% hasta los veinticinco años.
- Inversores electrónicos: Garantía dada por el fabricante de 5 años.

4.6.2 Mantenimiento

Se desarrollará un manual de operación y mantenimiento de la instalación, que comprende cualquier servicio de la planta, desde gestión administrativa, suministro de consumibles, reparación o sustitución de componentes, aplicación de garantías, etc, garantizando un correcto funcionamiento de planta solar, optimizando la disponibilidad de funcionamiento y por lo tanto la producción final.

Dicho manual, además de comprender las actuaciones que la empresa promotora considere oportunas, cumplirá las condiciones fijadas por el IDAE.

Pamplona, febrero de 2023
El Ingeniero de Caminos



Fdo: FERMÍN MANRIQUE LARRAZA
Colegiado Nº: 25.294 del C.I.C.C.P.

ENERGÍAS RENOVABLES ARNETUN, S.L.



**PROYECTO DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 2 MW
RADA III EN T.M. DE MURILLO EL CUENDE (NAVARRA)**

TÉRMINO MUNICIPAL DE MURILLO EL CUENDE

PROVINCIA DE NAVARRA

DOCUMENTO III: Anejos de Cálculo

AUTOR DEL PROYECTO: FERMÍN MANRIQUE LARRAZA

COLEGIADO Nº: 25.294 DEL C.I.C.C.P.



Índice de los anejos

DOCUMENTO III: Anejos de Cálculo.....	35
1. Cálculo de la configuración de la planta fotovoltaica	37
4.7 Configuración serie-paralelo de los módulos fotovoltaicos	37
4.8 Cálculo de la orientación e inclinación de módulos y distancias entre series de módulos	38
4.9 CALCULOS ELECTRICOS DE CENTRO DE TRANSFORMACION	39
4.10 Cálculos eléctricos de la línea subterránea de media tensión.....	41
4.11 Cálculos eléctricos cableado de baja tensión	43

1. Cálculo de la configuración de la planta fotovoltaica

Se calcula la configuración serie-paralelo de los módulos que constituyen el generador fotovoltaico, y posteriormente la orientación, la inclinación, y las distancias que deben respetarse entre filas.

Configuración serie-paralelo de los módulos fotovoltaicos

1.2 Configuración serie-paralelo de los módulos fotovoltaicos

Una vez seleccionado el tipo de modulo fotovoltaico y el inversor, se acude a las fichas técnicas de los equipos para, a partir de los valores de tensiones e intensidades indicadas por el fabricante, obtener la configuración serie-paralelo que mejor se adapte a sus características eléctricas, a la estructura soporte y a las necesidades del promotor.

Los equipos seleccionados son los que se indican en la Memoria Descriptiva de este proyecto y de los que se tienen las siguientes tablas de datos:

Tabla 7. Datos del módulo fotovoltaico

Fabricante	Just Solar
Modelo	JST400M (144)-9BB
Potencia de salida [Wp]	400
Tensión Pmax [V]	40,45
Corriente Pmax [A]	9,90
Tensión Circ.Abierto [V]	48,6
Intensidad en cortocircuito [A]	10,50

Tabla 8. Datos del inversor

Fabricante	Ingecon
Modelo	INGECON SUN 100TL
Potencia salida [kw]	100
Rango min de Voltaje [V]	570
Rango max de Voltaje [V]	850
Tensión max [V]	1100
Corriente de cortocircuito [A]	240

Teniendo en cuenta estos datos, se toma la siguiente configuración de número de módulos en serie y paralelo, condicionado por el rango de tensiones e intensidades de funcionamiento del inversor, y por las condiciones más optimas de trabajo de este equipo:

Configuración de 330 módulos por cada uno de los 20 inversores de 100kW, conectados 20 en serie, por 16 en paralelo y uno en paralelo de 10módulos en serie.

Con esta configuración, los niveles de voltaje e intensidad para cada serie, así como potencias de cada cuadro de string quedan tal como se refleja en el punto 2.4.3., de resultados de cálculos.

1.3 Cálculo de la orientación e inclinación de módulos y distancias entre series de módulos

La orientación de los módulos solares será azimut = 0° (sur), para lo cual, la estructura de fijación se planteará en el terreno mediante sistema GPS con equipos de topografía.

Para el cálculo del grado de inclinación de los módulos fotovoltaicos seguiremos el criterio aplicable a instalaciones operativas los 365 días del año.

La inclinación más conveniente de los módulos se obtiene analizando la irradiación incidente sobre superficies con grados distintos de inclinación y eligiendo aquella para la cual la irradiación es mayor a lo largo del año, de manera que así se optimice la generación energética. A modo de aproximación, la inclinación idónea para un determinado emplazamiento se puede calcular mediante la fórmula:

$$\text{inclinación óptima} = 3,7 + 0,69 \Phi$$

Donde Φ = latitud del lugar.

En el caso del emplazamiento donde se ubica la instalación en Murillo el Cuende (Navarra): 41° de latitud la inclinación óptima para la cual se obtiene la mayor irradiación a lo largo del año se da para un valor de 30° aprox.

La distancia entre diferentes filas de módulos será tal que garantice un mínimo de 4 horas de sol alrededor del solsticio de invierno.

Para ello utilizaremos la fórmula proporcionada en el anexo III del PCT-C Oct 2002 del IDAE,

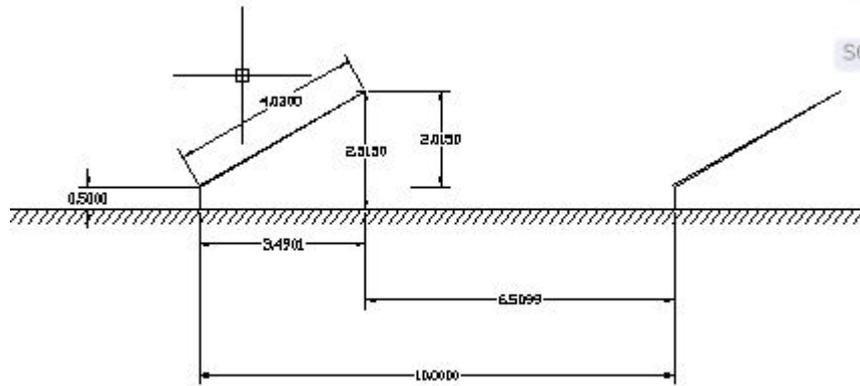
$$d = h / \text{tg}(61^\circ - \text{latitud})$$

$$d = 2.015 / \text{tg}(61 - 41,33)$$

$$\mathbf{d = 5,6m}$$

La distancia d, medida sobre la horizontal, entre unas filas de módulos obstáculo de altura h. Esta distancia d será superior al valor obtenido por la expresión anterior.

La separación entre la parte posterior de una fila y el comienzo de la siguiente no será inferior a la obtenida por la expresión anterior, aplicando h a la diferencia de alturas entre la parte alta de una fila y la parte baja de la siguiente, efectuando todas las medidas de acuerdo con el plano que contiene a las bases de los módulos.



Se toma como separación d un valor de 6,5m

1.4 CALCULOS ELECTRICOS DE CENTRO DE TRANSFORMACION

Como se ha indicado anteriormente, la presente instalación se ha proyectado con cuatro transformadores de 630 KVA, el punto de conexión es en el centro de maniobra existente junto al CT ERAS(CAPARROSO).

1.4.1 Aislamiento de los materiales

De acuerdo a la instrucción MIE-RAT-12, al estar la tensión de alimentación entre 1 – 52 kV, los aislamientos de los elementos del centro de transformación, se clasificarán dentro del grupo A, con las siguientes características:

- Tensión más elevada: 24 kV.
- Tensión soportada a impulsos tipo rayo: 95 kV.
- Tensión soportada de corta duración a frecuencia industrial: 50 kV.

Así mismo y de acuerdo con la misma instrucción, las distancias mínimas en el aire serán:

- Distancia mínima en el aire de fase y tierra: 16 cm.
- Distancia mínima en el aire entre fases: 16 cm.

Valores que son cumplidos por cada uno de los elementos a instalar de acuerdo a los datos suministrados por el fabricante.

1.4.2 Intensidad nominal en Media Tensión

La intensidad primaria en un transformador trifásico viene dada por la expresión:

$$I_p = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_p}$$

donde:

P Potencia del transformador [kVA]

Up Tensión primaria [kV]

Ip Intensidad primaria [A]

Para el caso de la instalación objeto el valor de la tensión es de 13,2 kV para la tensión primaria de alimentación, según la empresa distribidora IBERDROLA DISTRIBUCION ELECTRICA, S.A.U.

La Potencia del Transformador que se instalará será de 630 kVA, en cada Centro de Transformación compacto en edificio prefabricado.

Según esto: $I_p=27,75A$

La tensión secundaria del Transformador será de 400V en vacío. La intensidad secundaria en un transformador trifásico

viene dada por la expresión:

$$I_p = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_p}$$

donde:

P Potencia del transformador [kVA]

Us Tensión en el secundario [kV]

Is Intensidad en el secundario [A]

La intensidad en las salidas de 800 V en vacío puede alcanzar el valor:

$I_s=915,69a$

1.4.3 Cortocircuitos

Para el cálculo de las intensidades que origina un cortocircuito, se tendrá en cuenta la potencia de cortocircuito de la red de M.T. Este valor se puede calcular a partir de la información suministrada por la compañía eléctrica IBERDROL DISTRIBUCION ELECTRICA, S.A.U. en el punto de enganche. En este caso, al igual que en las líneas subterráneas se tomará los valores proporcionados por la compañía eléctrica.

Para el cálculo de la corriente de cortocircuito en la instalación, se utiliza la expresión:

$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U_p}$$

donde:

S_{cc} potencia de cortocircuito de la red [MVA]

U_p tensión de servicio [kV]

I_{ccp} corriente de cortocircuito [kA]

Para los cortocircuitos secundarios, se va a considerar que la potencia de cortocircuito disponible es la teórica de los transformadores de MT-BT, siendo por ello más conservadores que en las consideraciones reales.

La corriente de cortocircuito del secundario de un transformador trifásico viene dada por la expresión:

$$I_{ccs} = \frac{100 \cdot P}{\sqrt{3} \cdot E_{cc} \cdot U_s}$$

donde:

P potencia de transformador [kVA]

E_{cc} tensión de cortocircuito del transformador [%]

U_s tensión en el secundario [V]

I_{ccs} corriente de cortocircuito [kA]

1.5 Cálculos eléctricos de la línea subterránea de media tensión

Todos los materiales y elementos que componen la instalación proyectada están descritos en las Normas NI de I-DE, REDES ELÉCTRICAS INTELIGENTES, S.A.U. Con ellos se cumplen las exigencias eléctricas y mecánicas determinadas en el Reglamento vigente.

Estas exigencias están calculadas en la forma descrita en el Manual Técnico de Distribución MT 2.31.01.

1.5.1. Caída de Tensión

Se calcula mediante la expresión siguiente:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I \cdot l \cdot (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \operatorname{sen} \varphi)$$

en donde:

ΔU = Caída de tensión en voltios (según tabla)

I = Intensidad en amperios (max. Nominal)

L = Longitud de la línea en km (según tabla)

R = Resistencia del conductor en Ω/Km .

X = Reactancia a frecuencia 50 Hz en Ω/Km .

$\cos\varphi = 0,8$

Tramo	Longitud (km)	ΔU (V)	ΔU (%) para $U_n=13,2$ kV	ΔU (%) para $U_n=20$ kV
C.M. RADA 2 Y 3 a C.T. 1	0,479	59,23	0,45	0,30
C.T. 1 a C.T. 2	0,200	24,73	0,19	0,12
C.T. 1 a C.T. 3	0,166	20,53	0,16	0,10
C.T. 1 a C.T. 4	0,428	52,93	0,40	0,26

1.5.2 Potencia a transportar

La potencia máxima a transportar para $U_n=13,20$ kV es: **5.030 kW**

1.5.3 Pérdida de potencia

La pérdida de potencia se calcula:

$$\Delta P = 3 \cdot I^2 \cdot R \cdot L$$

en donde:

ΔP = Pérdida de potencia en vatios (según tabla)

I = Intensidad en amperios (máx. Nominal)

L = Longitud de la línea en km (según tabla)

R = Resistencia del conductor en Ω/Km .

Tramo	Longitud (km)	ΔP (W)	ΔP (%) para $U_n=13,2$ kV	ΔP (%) para $U_n=20$ kV
C.M. RADA 2 Y 3 a C.T. 1	0,479	24.383	0,48	0,32
C.T. 1 a C.T. 2	0,200	10.181	0,20	0,13
C.T. 1 a C.T. 3	0,166	8.450	0,17	0,11
C.T. 1 a C.T. 4	0,428	21.787	0,43	0,29

1.6 Cálculos eléctricos cableado de baja tensión

La caída de tensión entre el origen de la instalación hasta el inversor en el tramo de corriente continua será inferior al 1,5% y en la línea de evacuación en corriente alterna, desde el inversor al transformador será inferior al 2%.

La capacidad máxima de corriente del conductor es suministrada por el fabricante para unas condiciones estándar de instalación, las cuales son corregidas en base a las características de instalación de la planta fotovoltaica. La temperatura del conductor del cable, trabajando a plena carga y régimen permanente, no deberá superar en ningún momento la temperatura máxima admisible asignada de los materiales que se utilizan para el aislamiento del cable.

El criterio térmico limita la intensidad máxima admisible por el cable. La intensidad máxima transportada en cada string corresponde a la de cortocircuito del módulo escogido siendo de 10,70 A.

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

$$I_{\text{LÍNEA}} = 1,25 * 10,70 = 13,375 \text{ A}$$

Instalación enterrada

Los factores de corrección utilizados son: por temperatura del aire, por temperatura del terreno, por profundidad de enterramiento, por resistividad térmica del suelo y por agrupación de circuitos.

Las condiciones de trabajo estimadas, quedando de lado de la seguridad son:

- Temperatura del terreno: 30 °C
- Resistividad térmica: 1,2 k*m/W
- Cables en contacto

SECCIÓN NOMINAL mm ²	Tema de cables unipolares (1) (2)			1 cable tripolar o tetrapolar (3)		
						
	TIPO DE AISLAMIENTO					
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
6	72	70	63	66	64	56
10	96	94	85	88	85	75
16	126	120	110	116	110	97
25	160	155	140	150	140	125
35	190	185	170	180	175	150
50	230	225	200	215	205	180
70	280	270	245	260	250	220
95	335	325	290	310	305	265
120	380	375	335	355	350	305
150	425	415	370	400	390	340
185	480	470	420	450	440	385
240	550	540	485	520	505	445
300	620	610	560	590	565	505
400	706	690	615	665	645	570
500	790	775	685	-	-	-
630	885	870	770	-	-	-

Tipo de aislamiento:

XLPE - Polietileno reticulado - Temperatura máxima en el conductor 90°C (servicio permanente).

EPR - Etileno propileno - Temperatura máxima en el conductor 90°C (servicio permanente).

PVC - Policloruro de vinilo - Temperatura máxima en el conductor 70°C (servicio permanente).

Temperatura del terreno 25°C.

Profundidad de instalación 0,70 m.

Resistividad térmica del terreno 1 K.m/W.

(1) Incluye el conductor neutro, si existe.

(2) Para el caso de dos cables unipolares, la intensidad máxima admisible será la correspondiente a la columna de la tema de cables unipolares de la misma sección y tipo de aislamiento, multiplicada por 1,225.

(3) Para el caso de un cable bipolar, la intensidad máxima admisible será la correspondiente a la columna del cable tripolar o tetrapolar de la misma sección y tipo de aislamiento, multiplicada por 1,225.

Tabla 6. Factor de corrección F, para temperatura del terreno distinto de 25°C

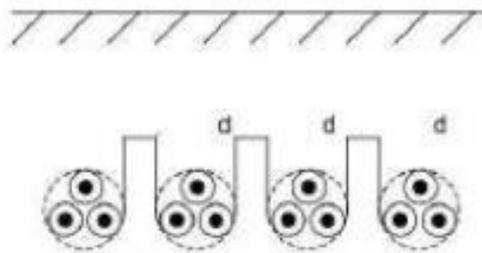
Temperatura de servicio θ_s (°C)	Temperatura del terreno, θ_t , en °C								
	10	15	20	25	30	35	40	45	50
90	1.11	1.07	1.04	1	0.96	0.92	0.88	0.83	0.78
70	1.15	1.11	1.05	1	0.94	0.88	0.82	0.75	0.67

Tabla 7. Factor de corrección para resistividad térmica del terreno distinta de 1 K. m/W.

Tipo de cable	Resistividad térmica del terreno, en K.m/W										
	0.80	0.85	0.90	1	1.10	1.20	1.40	1.65	2.00	2.50	2.80
Unipolar	1.09	1.06	1.04	1	0.96	0.93	0.87	0.81	0.75	0.68	0.66
Tripolar	1.07	1.05	1.03	1	0.97	0.94	0.89	0.84	0.78	0.71	0.69

Tabla 8. Factor de corrección para agrupaciones de cables trifásicos o ternas de cables unipolares

Factor de corrección								
Separación entre los cables o ternas	Número de cables o ternas de la zanja							
	2	3	4	5	6	8	10	12
D=0 (en contacto)	0,80	0,70	0,64	0,60	0,56	0,53	0,50	0,47
d= 0,07 m	0,85	0,75	0,68	0,64	0,6	0,56	0,53	0,50
d= 0,10 m	0,85	0,76	0,69	0,65	0,62	0,58	0,55	0,53
d= 0,15 m	0,87	0,77	0,72	0,68	0,66	0,62	0,59	0,57
d= 0,20 m	0,88	0,79	0,74	0,70	0,68	0,64	0,62	0,60
d= 0,25 m	0,89	0,80	0,76	0,72	0,70	0,66	0,64	0,62



En base a lo anterior, el conductor seleccionado será de Cu con una sección de 6 mm² aislamiento en EPR y cubierta de PVC (2x6 mm² Cu PV1-F 0,6/1 kV), el cual soporta una intensidad admisible de 53,59 A, valor muy superior a la intensidad máxima a soportar que es de 13,375 A.

Instalación en bandeja

A efectos de determinar la intensidad máxima admisible, se considera una instalación tipo con una terna de cables unipolares en contacto mutuo, con una colocación tal que permita la renovación eficaz de aire, siendo la temperatura de ambiente de 20 °C.

La intensidad admisible del cable viene determinada por las condiciones de instalación al aire y deberá corregirse teniendo en cuenta las magnitudes de la instalación real que difieran de las señaladas anteriormente.

Las condiciones de trabajo estimadas, quedando de lado de la seguridad son:

- Temperatura ambiente: 40 °C

- Tipo de instalación: Bandeja perforada.
- Número de bandejas: 1
- Número de circuitos: 3

Tabla 12. Intensidad máxima admisible, en amperios, en servicio permanente para cables con conductores de cobre en instalación al aire en galerías ventiladas (temperatura ambiente 40°C)

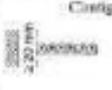
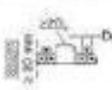
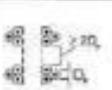
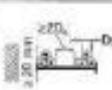
Sección nominal mm ²	Tres cables unipolares (1)			1 cable trifásico		
	TIPO DE AISLAMIENTO					
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
6	46	45	38	44	43	36
10	64	62	53	61	60	50
16	86	83	71	82	80	65
25	120	115	96	110	105	87
35	145	140	115	135	130	105
50	180	175	145	165	160	130
70	230	225	185	210	220	165
95	285	280	235	260	250	205
120	335	325	275	300	290	240
150	385	375	315	350	335	275
185	450	440	365	400	385	315
240	535	515	435	475	460	370
300	615	595	500	545	520	425
400	720	700	585	645	610	495
500	825	800	665	-	-	-
630	950	915	765	-	-	-

- Temperatura del aire: 40°C
- Un cable trifásico al aire o un conjunto (terna) de cables unipolares en contacto mutuo.
- Disposición que permita una eficaz renovación del aire.
- (1) Incluye el conductor neutro, si existiese.

Tabla 13. Coeficiente de corrección F para temperatura ambiente distinta de 40°C

Temperatura de servicio G _s en °C	Temperatura ambiente G _a en °C										
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
90	1.27	1.22	1.18	1.14	1.10	1.05	1	0.95	0.90	0.84	0.77
70	1.41	1.35	1.29	1.22	1.15	1.08	1	0.91	0.81	0.71	0.58

Tabla 14. Factor de corrección para agrupaciones de cables unipolares instalados al aire

Tipo de instalación		Nº de bandejas	Nº de circuitos trifásicos (2)			A utilizar para (1):
			1	2	3	
Bandejas perforadas (3)		1	0,95	0,90	0,85	Tres cables en capa horizontal
		2	0,95	0,85	0,80	
		3	0,90	0,85	0,80	
Bandejas verticales perforadas (4)		1	0,95	0,85	-	Tres cables en capa vertical
		2	0,90	0,85	-	
Bandejas escalera, soporte, etc. (3)		1	1,00	0,95	0,95	Tres cables en capa horizontal
		2	0,95	0,90	0,90	
		3	0,95	0,90	0,85	
Bandejas perforadas (3)		1	1,00	1,00	0,95	Tres cables dispuestos en trébol
		2	0,95	0,95	0,90	
		3	0,95	0,90	0,85	
Bandejas verticales perforadas (4)		1	1,00	0,90	0,90	
		2	1,00	0,90	0,85	
Bandejas escalera, soporte, etc. (3)		1	1,00	1,00	1,00	
		2	0,95	0,95	0,95	
		3	0,95	0,95	0,90	

NOTAS:

- (1) Incluye además el conductor neutro, si existiese.
- (2) Para circuitos con varios cables en paralelo por fase, a los efectos de la aplicación de esta tabla, cada grupo de tres conductores se considera como un circuito.
- (3) Los valores están indicados para una distancia vertical entre bandejas de 300 mm. Para distancias más pequeñas, se reducirán los factores.
- (4) Los valores están indicados para una distancia horizontal entre bandejas de 225 mm., estando las bandejas montadas dorso con dorso. Para distancias más pequeñas se reducirán los factores.

Se realizará el cálculo para el conductor de cobre de 6 mm² y aislamiento de etileno propileno.

$$I_{\text{soportada}} = 45 \cdot 0,85 = 38,25 \text{ A}$$

En base a lo anterior, el conductor seleccionado será de Cu con una sección de 6 mm² aislamiento en EPR y cubierta de PVC (2x6 mm² Cu PV1-F 0,6/1 kV), el cual soporta una intensidad admisible de 38,25 A, valor muy superior a la intensidad máxima a soportar que es de 13,375 A.

Cálculos por criterio de Máxima caída de tensión

La caída de tensión en el punto más alejado no sobrepasará el 1,5 %. Dicha caída de tensión la calcularemos mediante las siguientes expresiones:

$$\Delta U (V) = \frac{2 \times I \times L}{\gamma \times S}$$

$$\Delta U (\%) = \frac{\Delta V (V)}{V_{rama}} \times 100$$

Siendo:

- ΔU = caída de tensión admisible
- I = intensidad (A) = 9,93
- L = longitud de la línea (m)
- γ = conductividad del cable $\left(\frac{m}{\Omega \cdot mm^2}\right) = 45,48$
- S = sección del conductor (mm^2) = 6

$$- V_{rama1} = (N^{\circ} \text{ de módulos en serie}) \times (V_{mpp} \text{ módulo}) = 1.213,5 \text{ V}$$

Cálculos por criterio de Máxima caída de tensión

La caída de tensión en el punto más alejado no sobrepasará el 1,5 %. Dicha caída de tensión la calcularemos mediante las siguientes expresiones:

$$\Delta U (V) = \frac{2 \times I \times L}{\gamma \times S}$$

$$\Delta U (\%) = \frac{\Delta V (V)}{V_{rama}} \times 100$$

Caja de conexión (DC)-inversor

El cable seleccionado será el modelo XZ1FA3Z-K de EXZHELLENT SOLAR, e irá directamente enterrado en todo su recorrido hasta el inversor, sin tubo. Este conductor es cobre de clase 5, e aislamiento XLPE y su tensión es 1,8 kV DC - 0,6 / 1 kV AC. En este caso se opta por una solución directamente enterrada para evitar el robo de los conductores de cobre.

Para calcular las secciones correspondientes, debemos tener en cuenta el número de strings que llegan a cada caja, pues sus intensidades se sumarán. Según la disposición de nuestra planta, vamos a tener 6 tipos de tramos cajas-inversor, tal y como se representa y visualiza en la Figura 21. De esta forma, los tipos 1 y 2 se componen de 12 strings, los tipos 3, 4, 5 de 16 strings, y por último el tipo 6 está compuesto por 8 strings.

En primer lugar, al igual que para el tramo anterior, dimensionamos los cables con el criterio de caída de tensión, que vamos a establecer en un 1%. Además, para estar del lado de la seguridad, vamos a suponer distancias un 10% mayor de las medidas en el plano.

Con la expresión para el cálculo de la sección necesaria, siendo la intensidad de cortocircuito 11'6 y coeficiente de seguridad del 10% obtenemos los siguientes valores, para cada tipo de configuración

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot 1'1 \cdot I_{sc}}{\sigma \cdot \Delta U}$$

Pamplona, febrero de 2023
El Ingeniero de Caminos



Fdo: FERMÍN MANRIQUE LARRAZA
Colegiado Nº: 25.294 del C.I.C.C.P.

ENERGÍAS RENOVABLES ARNETUN, S.L.



**PROYECTO DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 2 MW
RADA III EN T.M. DE MURILLO EL CUENDE (NAVARRA)**

TÉRMINO MUNICIPAL DE MURILLO EL CUENDE

PROVINCIA DE NAVARRA

DOCUMENTO IV: Planos

AUTOR DEL PROYECTO: FERMÍN MANRIQUE LARRAZA

COLEGIADO Nº 25.294 DEL C.I.C.C.P.

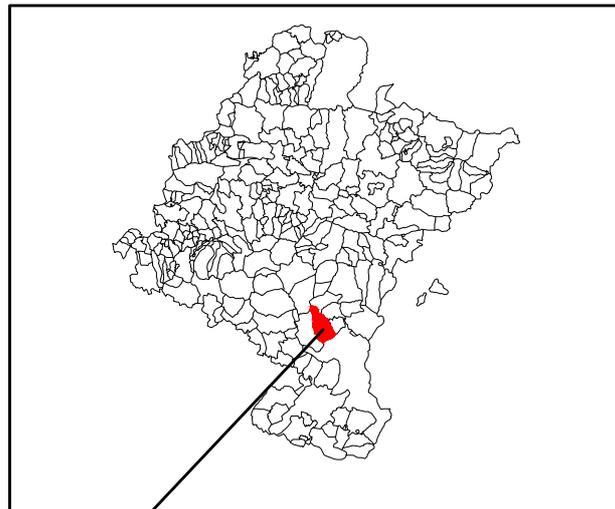
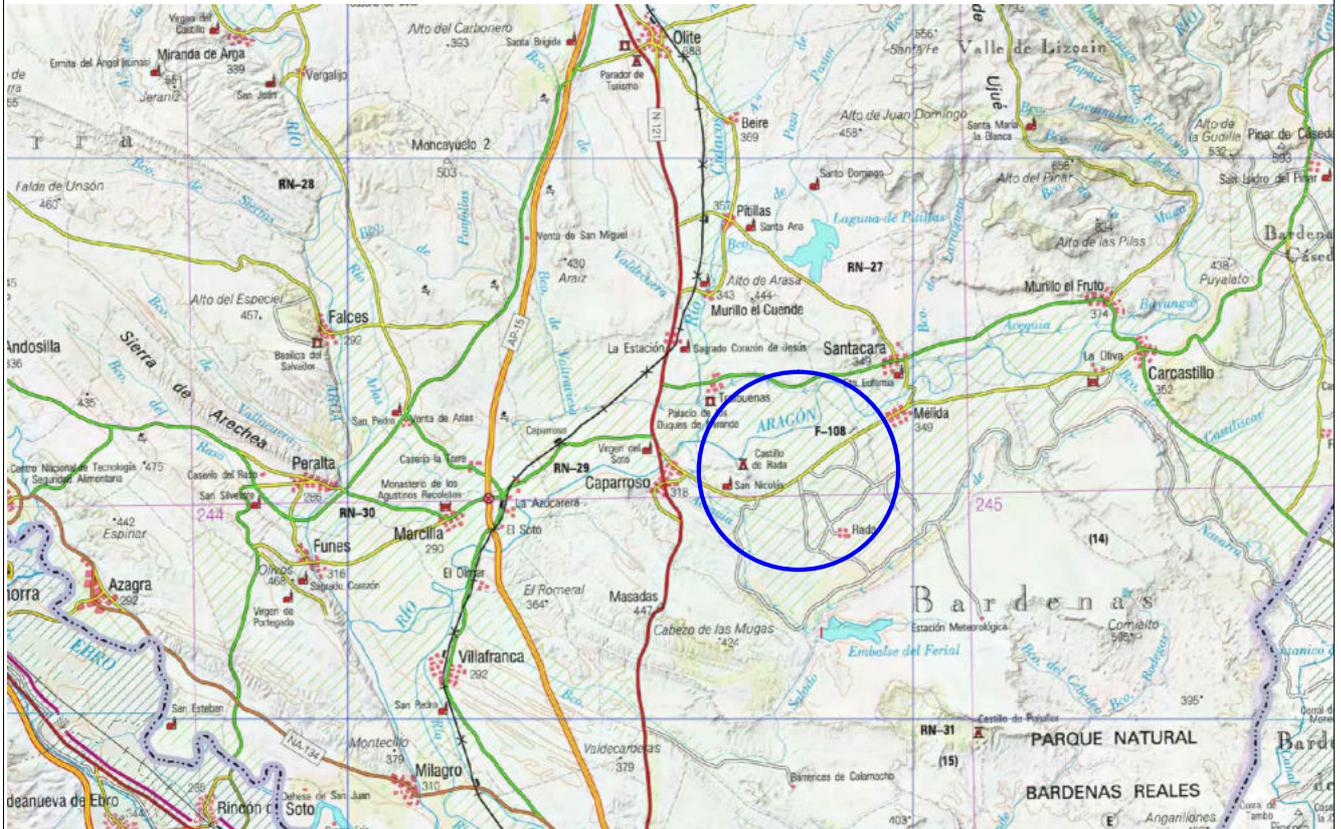


Índice de los planos

1. PLANO DE SITUACIÓN
2. PLANO DE EMPLAZAMIENTO
3. PLANCA EVACUACIÓN
4. ESQUEMA EVACUACIÓN
5. DIMENSIONES CENTRO DE MANIOBRA 1
6. DIMENSIONES CENTRO DE MANIOBRA 2
7. PLANO INSTALACIÓN ELÉCTRICA
8. ESQUEMA UNIFILAR PLANTA FV
9. CAJA DE CONEXIÓN - MÓDULOS
10. PLANO DE C.T.
11. PLANO EXCAVACIÓN C.T.
12. PLANO PLANTA Y SECCIONES DE C.T.
13. PLANO ESQUEMA UNIFILAR C.T.



T.M. MURILLO EL CUENDE



T.M. MURILLO EL CUENDE

 EL INGENIERO FERMIN MANRIQUE LARRAZA I.C.C.P.	FECHA	ENERO-2023	PROYECTO PLANTA FOTOVOLTAICA DE 2M DENOMINADA RADA 3 EN T.M MURILLO EL CUENDE (NAVARRA) PLANO DE SITUACIÓN	ANULA	ESCALA: S/E
	DIBUJADO			ARCHIVO	
	REVISADO			HOJA 1 DE 13	
	APROBADO				
				Nº	REV

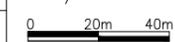


T.M. MURILLO EL CUENDE



EL INGENIERO  FERMIN MANRIQUE LARRAZA I.C.C.P.	FECHA	ENERO-2023
	DIBUJADO	F.M.L. SL

PROYECTO PLANTA FOTOVOLTAICA DE 2M
 DENOMINADA RADA 3
 EN T.M MURILLO EL CUENDE (NAVARRA)
 PLANO DE EMPLAZAMIENTO

ANULA	ESCALA: 1/250 
ARCHIVO	
HOJA 2 DE 13	

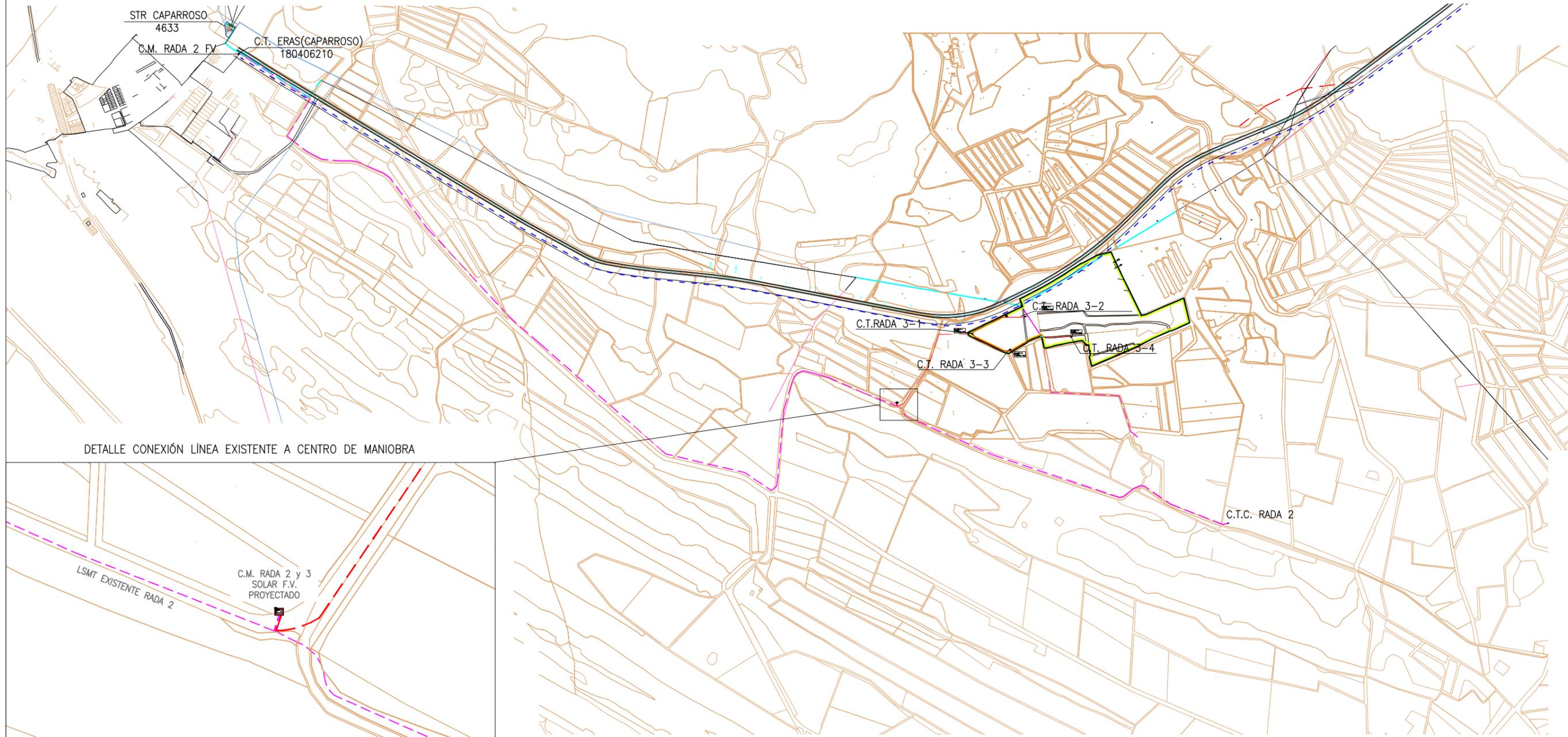
FECHA	REV	MODIFICACIONES
-------	-----	----------------



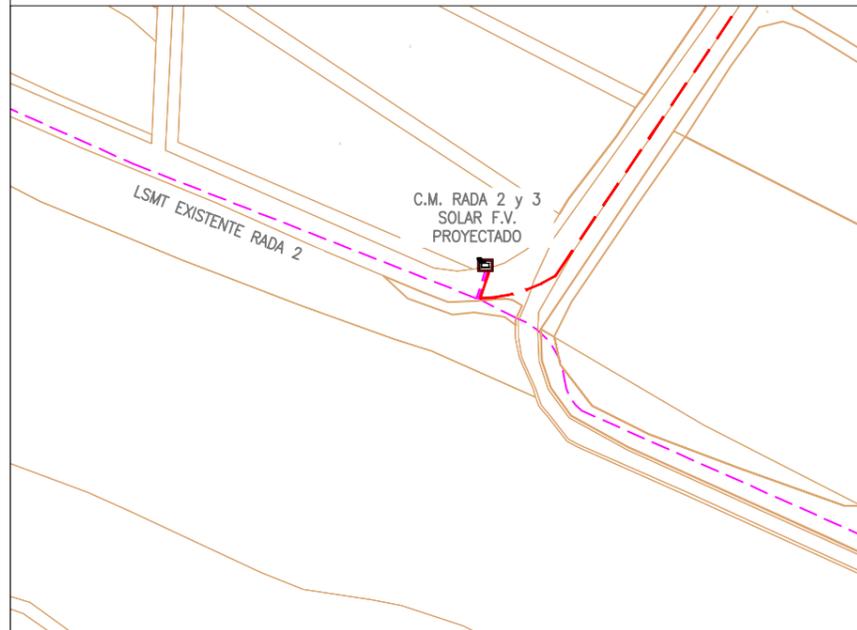
N°	REV
----	-----



T.M. MURILLO EL CUENDE



DETALLE CONEXIÓN LÍNEA EXISTENTE A CENTRO DE MANIOBRA



- ▣ APOYO METÁLICO EXISTENTE
- ▭ LÍMITES PARCELA
- ▭ VALLADO PERIMETRAL
- RED SUBTERRÁNEA 13,2 kV PROYECTADA
- RED SUBTERRÁNEA 13,2 kV A EXISTENTE
- RED AÉREA A.T. 13,2 kV EXISTENTE
- ▨ CARRETERA NA-128 PROYECTADA

FECHA	REV	MODIFICACIONES

EL INGENIERO

 FERMIN MANRIQUE LARRAZA
 I.C.C.P.

FECHA	SEP-2022
DIBUJADO	F.M.L. SL

PROYECTO VARIANTE LÍNEA AÉREA
 "CAPARROSO-SANTACARA"(13,2KV)
 EN T.M MURILLO EL CUENDE (NAVARRA)
 PLANO DE EVACUACIÓN

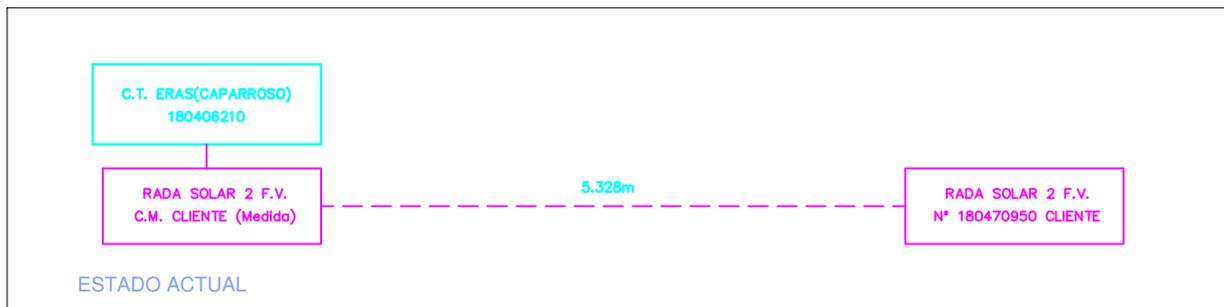
ANULA	
ARCHIVO	
HOJA	3 DE 13

ESCALA:
VARIAS

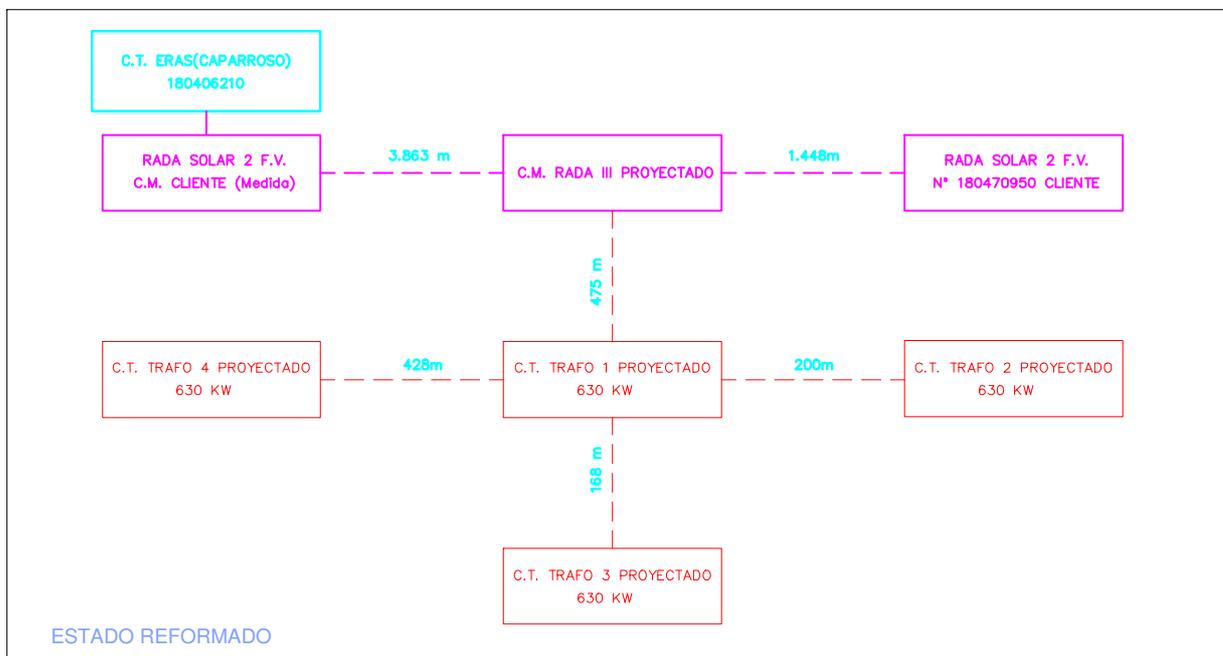


N°	
REV	

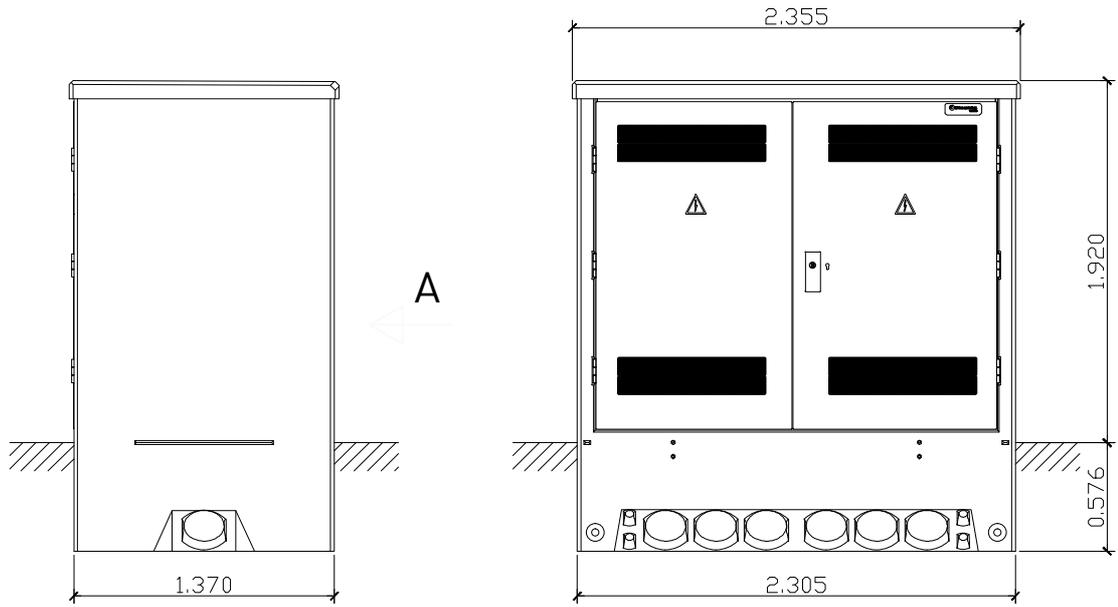
ESTADO ACTUAL LSMT RADA 2 A C.T. ERAS (CAPARROSO)



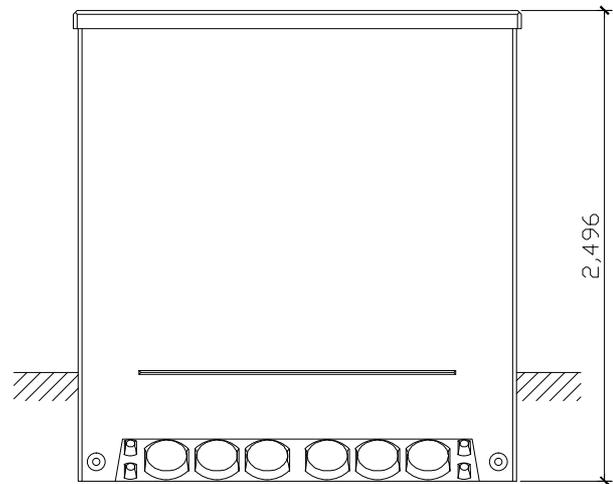
ESTADO PROYECTADO LSMT RADA 2 Y 3 A C.T. ERAS(CAPARROSO)



EL INGENIERO FERMIN MANRIQUE LARRAZA I.C.C.P.	FECHA	SEP-2022	PROYECTO PLANTA FOTOVOLTAICA DE 2M DENOMINADA RADA 3 EN T.M MURILLO EL CUENDE (NAVARRA) ESQUEMA UNIFILAR EVACUACIÓN	ANULA	ESCALA: S/E
	DIBUJADO			ARCHIVO	
	REVISADO			HOJA 4 DE 13	
	APROBADO				
				N°	REV



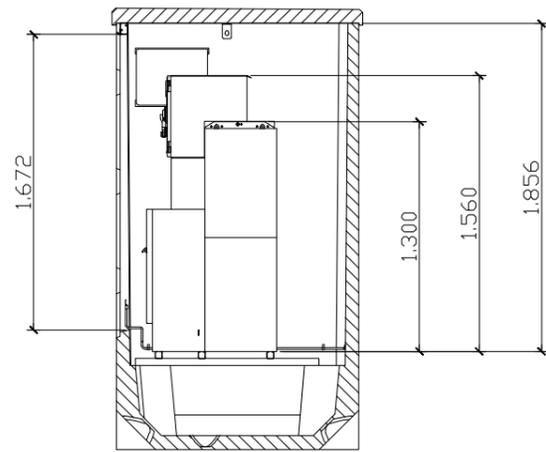
VISTA FRONTAL



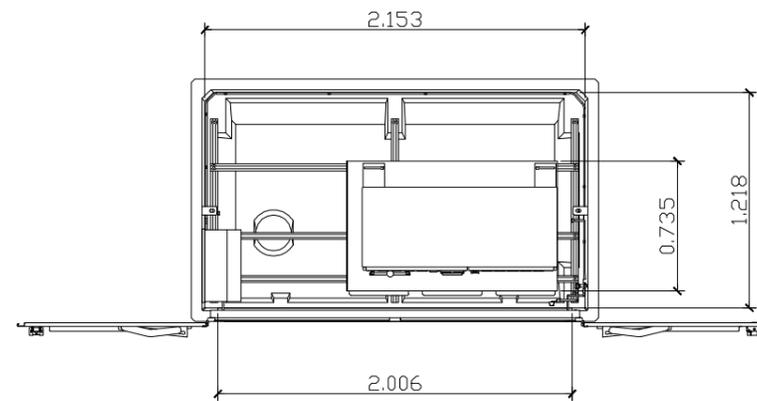
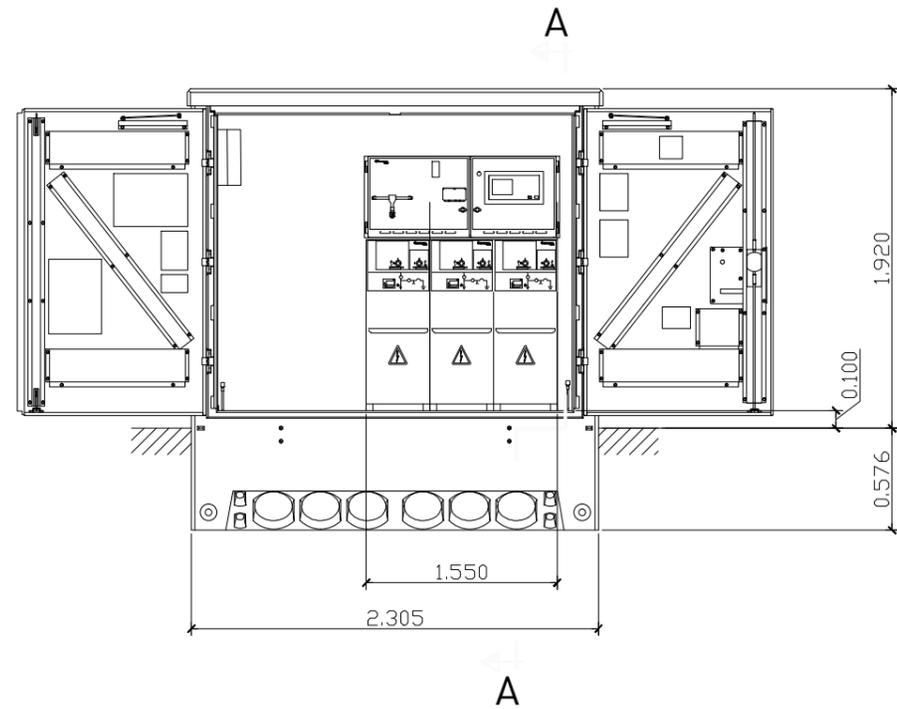
VISTO POR "A"

ormabloc cgmcosmos / cms.21
CONFIGURACIONES TELEMANDO IBERDROLA

EL INGENIERO  FERMIN MANRIQUE LARRAZA I.C.C.P.	FECHA	ENERO-2023	PROYECTO PLANTA FOTOVOLTAICA DE 2M DENOMINADA RADA 3 EN T.M MURILLO EL CUENDE (NAVARRA) PLANO DE DIMENSIONES DE C.M.	ANULA	ESCALA: 1/40	
	DIBUJADO			ARCHIVO		
	REVISADO			HOJA 5 DE 13		
	APROBADO					
					N°	REV



SECCIÓN A-A



FECHA	REV	MODIFICACIONES

EL INGENIERO

 FERMIN MANRIQUE LARRAZA
 I.C.C.P.

FECHA	ENERO-2023
DIBUJADO	F.M.L. SL

PROYECTO PLANTA FOTOVOLTAICA DE 2M
 DENOMINADA RADA 3
 EN T.M MURILLO EL CUENDE (NAVARRA)
 PLANO DE DIMENSIONES C.M.



ANULA
ARCHIVO
HOJA 6 DE 13

ESCALA:
 1/40

N°	REV
----	-----



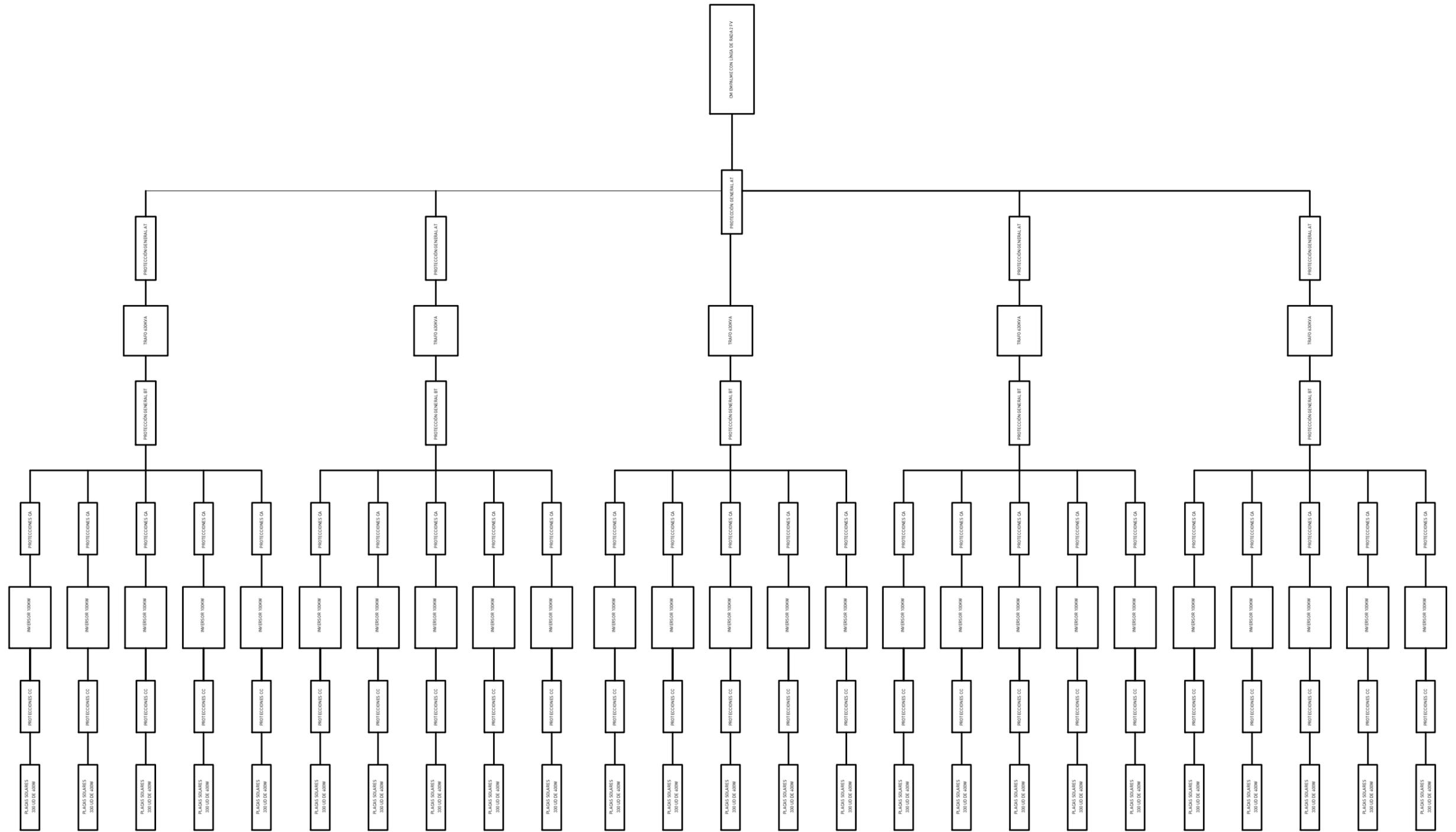
	APOYO METÁLICO EXISTENTE		RED SUBTERRÁNEA 13,2 kV PROYECTADA
	LÍMITES PARCELA		RED SUBTERRÁNEA 13,2 kV A EXISTENTE
	VALLADO PERIMETRAL		RED AÉREA A.T. 13,2 kV EXISTENTE
	PASO AÉRO-SUBTERRÁNEO EXISTENTE		CARRETERA NA-128 PROYECTADA
	CAJA CONEXIONES BT		RED BT FV PROYECTADA

FECHA	REV	MODIFICACIONES

EL INGENIERO	FECHA	ENERO-2023
	DIBUJADO	F.M.L. SL
FERMÍN MANRIQUE LARRAZA I.C.C.P.		

PROYECTO PLANTA FOTOVOLTAICA DE 2M DENOMINADA RADA 3 EN T.M MURILLO EL CUENDE (NAVARRA) PLANO INSTALACIÓN ELÉCTRICA	ANULA	ESCALA:
	ARCHIVO	1/2000
	HOJA 7 DE 13	
	N°	REV





EL INGENIERO

 FERMÍN MANRIQUE LARRAZA
 I.C.C.P.

FECHA	ENE-2022
DIBUJADO	F.M.L. SL

PROYECTO VARIANTE LÍNEA AÉREA
 "CAPARROSO-SANTACARA"(13,2KV)
 EN T.M MURILLO EL CUENDE (NAVARRA)
 ESQUEMA UNIFILAR PLANTA FV

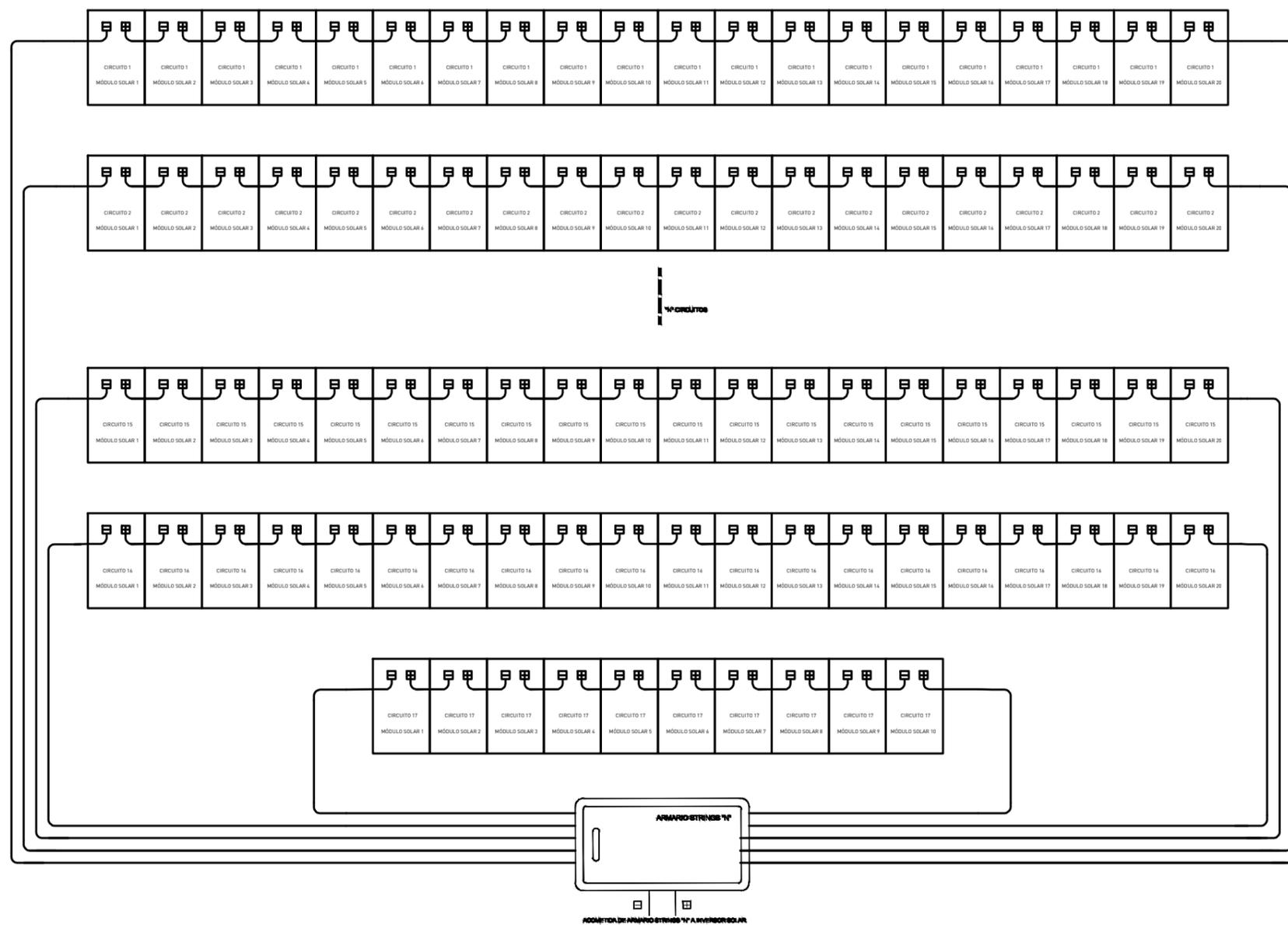
ANULA	
ARCHIVO	
HOJA	8 DE 13

ESCALA:
 1/250


FECHA	REV	MODIFICACIONES



N°	
REV	



CONEXION DE MODULOS A CUADRO STRING

FECHA	REV	MODIFICACIONES

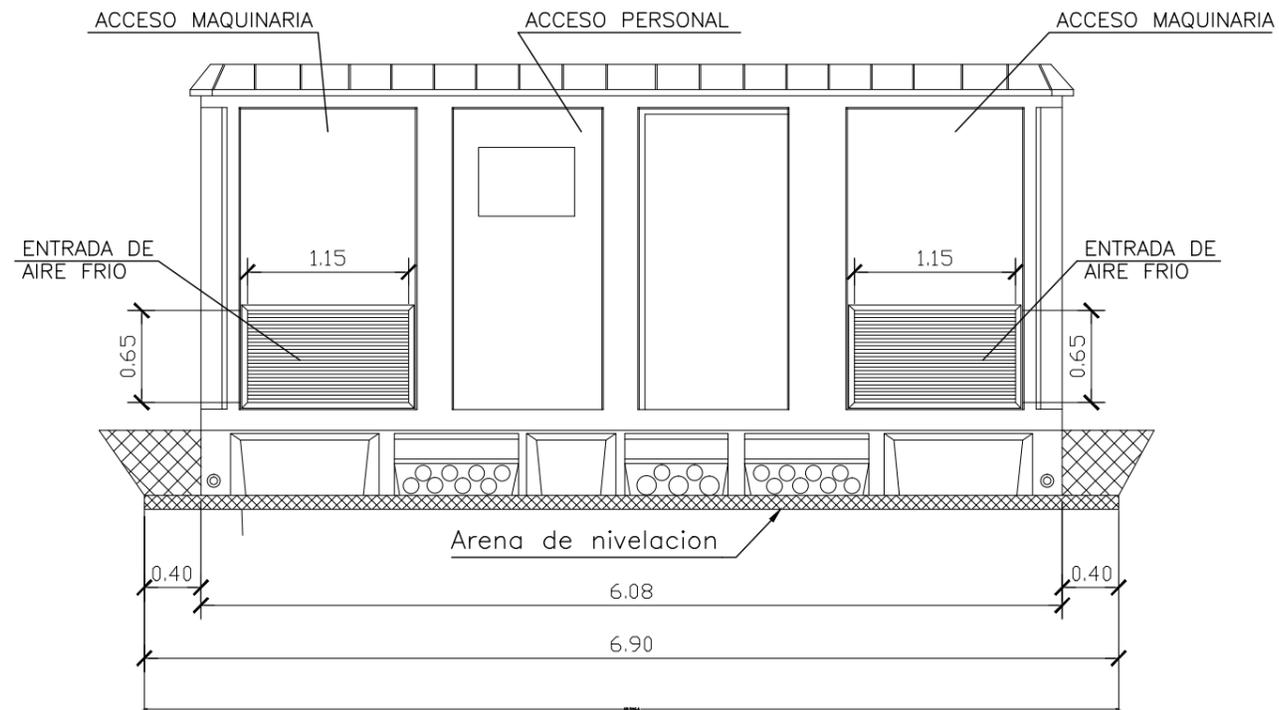
EL INGENIERO  FERMÍN MANRIQUE LARRAZA I.C.C.P.	FECHA	ENE-2023
	DIBUJADO	F.M.L. SL

PROYECTO VARIANTE LÍNEA AÉREA
 "CAPARROSO-SANTACARA"(13,2KV)
 EN T.M MURILLO EL CUENDE (NAVARRA)
 ØAJA DE CONEXIÓN - MÓDULOS

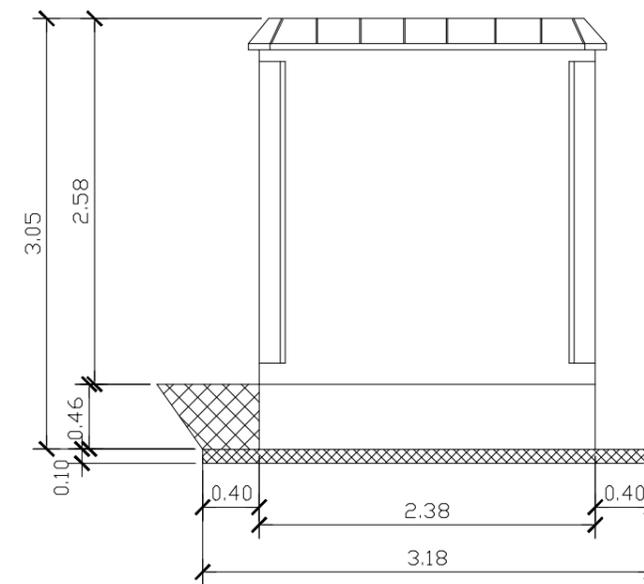
ANULA	ESCALA: 1/250 
ARCHIVO	
HOJA 9 DE 13	



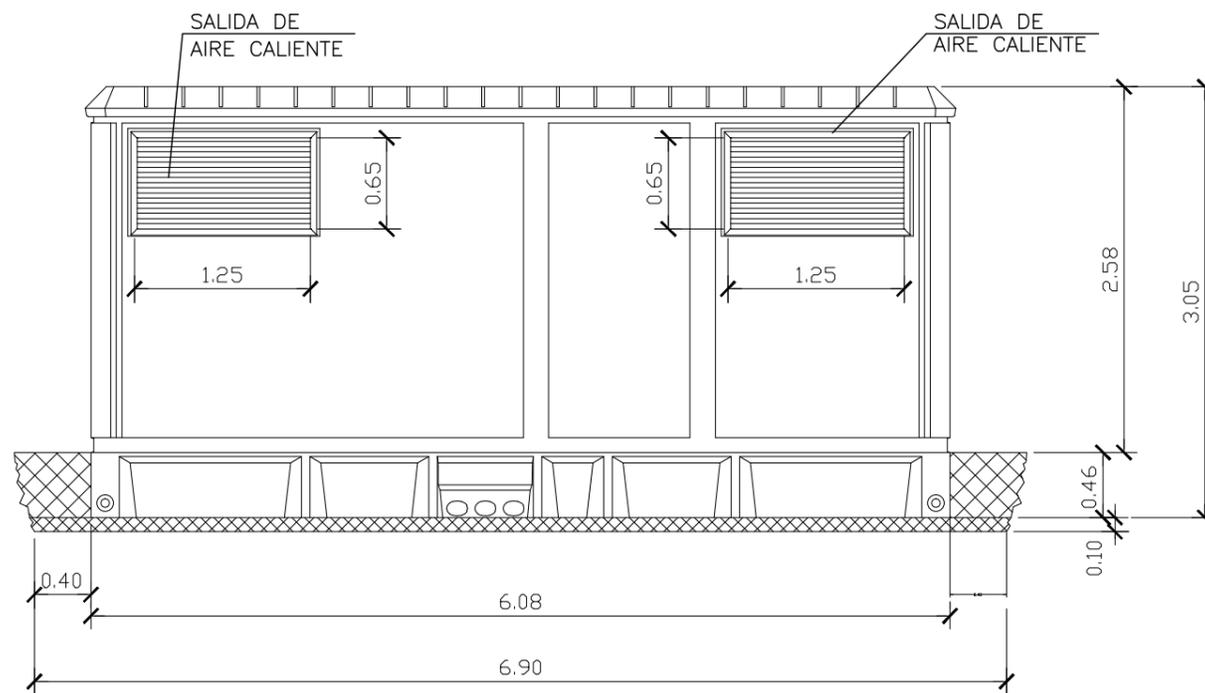
N°	REV
----	-----



VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL

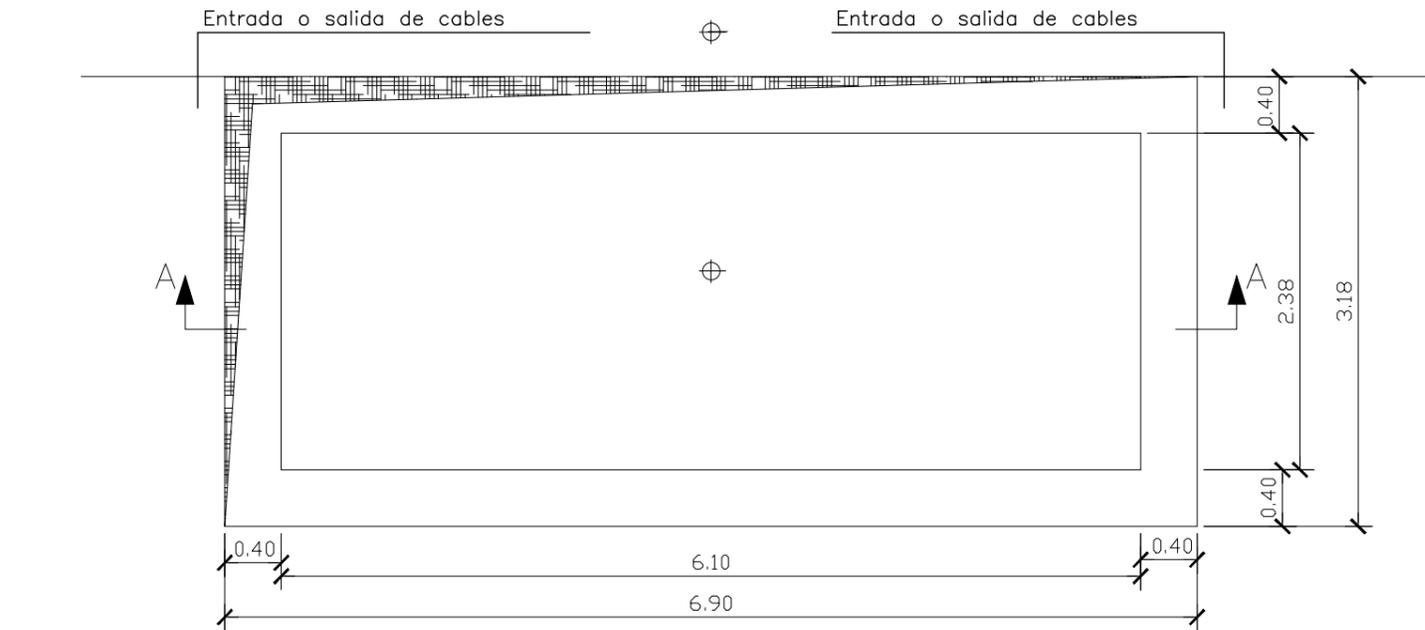


VISTA POSTERIOR

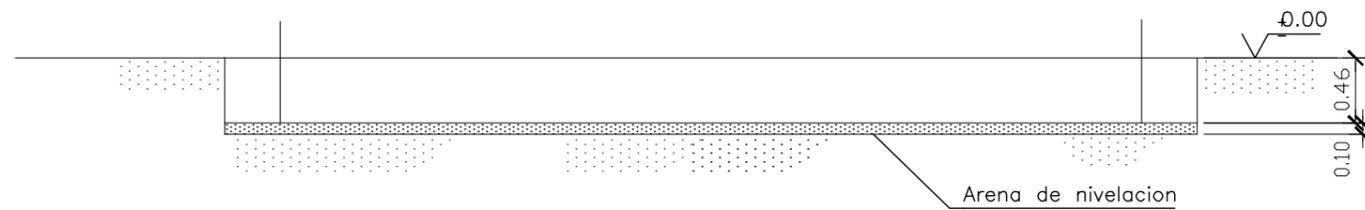
FECHA	REV	MODIFICACIONES

EL INGENIERO  FERMIN MANRIQUE LARRAZA I.C.C.P.	FECHA	SEP-2022	PROYECTO VARIANTE LÍNEA AÉREA "CAPARROSO-SANTACARA"(13,2KV) EN T.M MURILLO EL CUENDE (NAVARRA) PLANO DE C.T.	ANULA	ESCALA: 1/50 
	DIBUJADO	F.M.L. SL		ARCHIVO	
				HOJA 10 DE 13	
				N°	REV





EXCAVACION

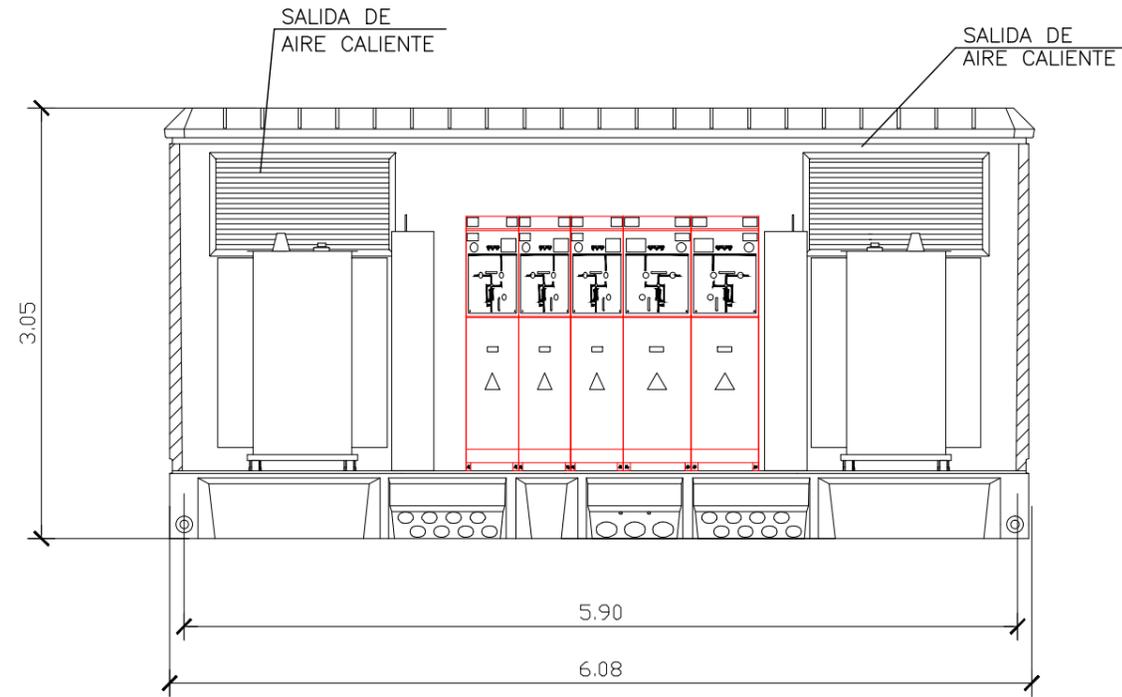


SECCION A-A

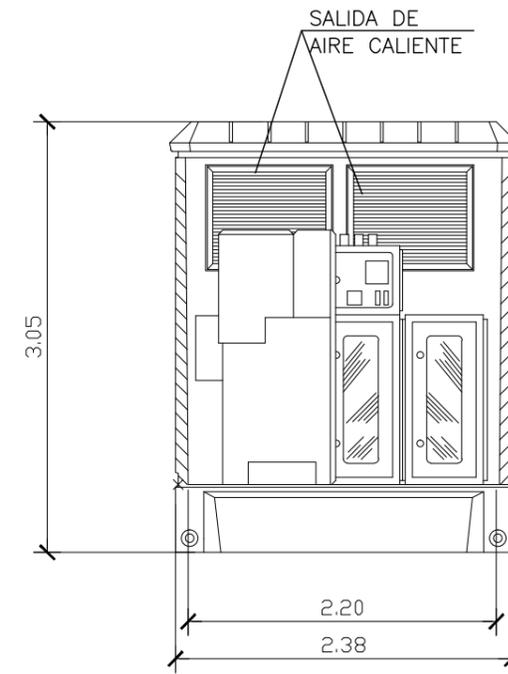
DIMENSIONES DE LA EXCAVACION
 6.90 m. ancho x 3.20 m. fondo x 0.56 m. profund.

		 EL INGENIERO FERMIN MANRIQUE LARRAZA I.C.C.P.	FECHA	ENE-2023	PROYECTO VARIANTE LÍNEA AÉREA "CAPARROSO-SANTACARA"(13,2KV) EN T.M MURILLO EL CUENDE (NAVARRA) PLANO DE EXCAVACIÓN C.T.	ANULA	ESCALA: 1/250
FECHA	REV		DIBUJADO	F.M.L. SL		ARCHIVO	
						HOJA 11 DE 13	
						N°	REV

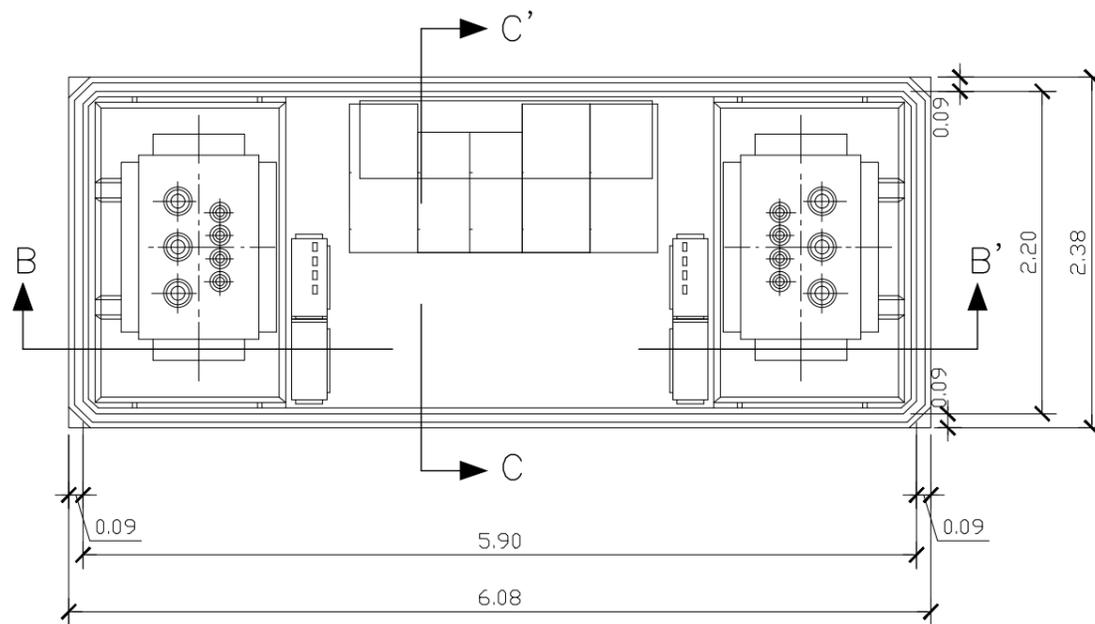




SECCION B-B'



SECCION C-C'



PLANTA

SUPERFICIE C.T. 14.47 m²

FECHA	REV	MODIFICACIONES

EL INGENIERO

 FERMIN MANRIQUE LARRAZA
 I.C.C.P.

FECHA	SEP-2022
DIBUJADO	F.M.L. SL

PROYECTO VARIANTE LÍNEA AÉREA
 "CAPARROSO-SANTACARA"(13,2KV)
 EN T.M MURILLO EL CUENDE (NAVARRA)
 PLANO PLANTA Y SECCIONES DE C.T.

ANULA
ARCHIVO
HOJA 12 DE 13

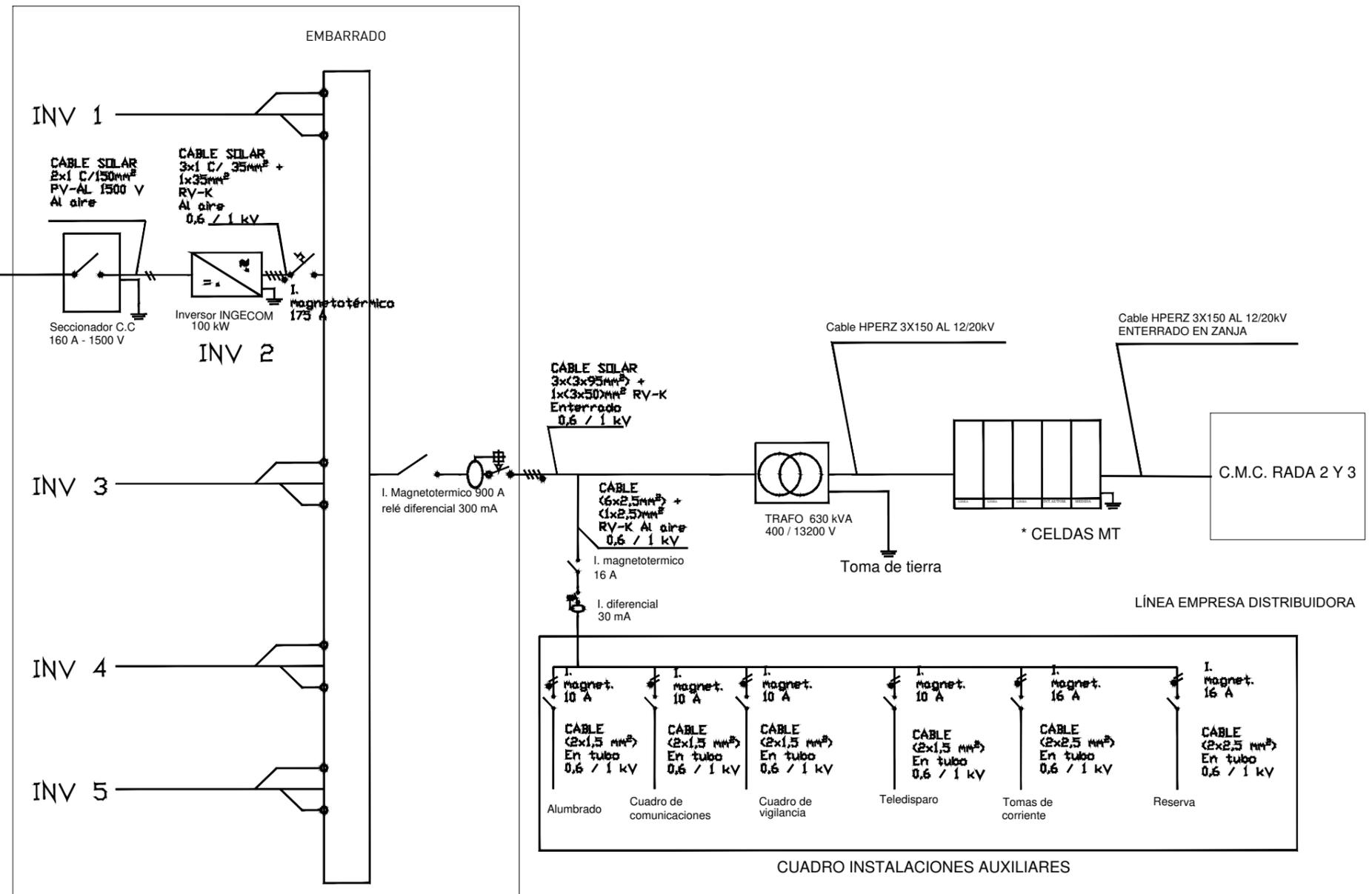
ESCALA:
 1/250




N°	REV
----	-----

MÓDULOS SOLARES

Secciones cables 6mm



Nota:
El esquema de celdas indicado es para el CT-1
Los CT 2, 3 y 4 tendrán una configuración de celdas 1L+1P

EL INGENIERO		FECHA	SEP-2022	PROYECTO VARIANTE LÍNEA AÉREA "CAPARROSO-SANTACARA"(13,2KV) EN T.M MURILLO EL CUENDE (NAVARRA) PLANO ESQUEMA UNIFILAR DE C.T.	ANULA	ESCALA: S/E 0 20m 40m	
		DIBUJADO	F.M.L. SL		ARCHIVO		
FERMÍN MANRIQUE LARRAZA I.C.C.P.					HOJA 13 DE 13		
FECHA	REV	MODIFICACIONES			fmi ingeniería	N°	REV

ENERGÍAS RENOVABLES ARNETUN, S.L.



**PROYECTO DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 2 MW
RADA III EN T.M. DE MURILLO EL CUENDE (NAVARRA)**

TÉRMINO MUNICIPAL DE MURILLO EL CUENDE

PROVINCIA DE NAVARRA

DOCUMENTO V: Presupuesto

AUTOR DEL PROYECTO: FERMÍN MANRIQUE LARRAZA

COLEGIADO Nº 25.294 DEL C.I.C.C.P



Índice del presupuesto

1. Presupuesto y mediciones.....	68
2. Resumen de presupuesto.....	71

1. Presupuesto y mediciones.

CAPÍTULO : OBRA CIVIL				
Unidades	Descripción		Precio Ud.	Total
2	Hectáreas de desbroce de parcela, limpieza de la misma eliminando los restos vegetales y adecuación de terreno mediante rodillo pesado, con el fin de adecuar la superficie a las labores de instalación.		2.720,00	5.440,00
1296	Unidad de contratación por metro lineal que recoge el alcance de construcción de una canalización directamente enterrada para 1 circuito conforme a MT 2.33.51, sobre asiento o lecho de arena, en acera o tierra. Están incluidos la rotura del pavimento y placa con las dimensiones necesarias para evitar resquebrajamientos o roturas en las superficies laterales, excavación en cualquier tipo de suelo con cualquier medio manual o mecánico		35,72	46.293,12
2110	Mt lineal de tubo de PVC corrugado color rojo de 160 mm de diámetro, para cableado de baja tensión. Totalmente colocado y puesto en obra.		3,5	7.385,00
1722	Mt lineal de tubo de PVC corrugado color rojo de 63 mm de diámetro, para cableado sistema de vigilancia de la planta solar.		1,85	3.185,70
5	Preparación de fosos, encofrado y hormigonado de zapata para colocación de edificio compacto de inversores y centro de transformación Y Centro de maniobra. Hormigón vibrado de calidad H250.		1820	9.100,00
64	Suministro y colocación de arquetas de registro para canalizaciones de baja tensión, de dimensiones 60 x 60 cms, con tapa de acero R400.		187	11.968,00
1060	Metro lineal de adecuación de camino desde puerta de entrada hasta centro de inversores y centro de transformación mediante la aplicación de extendido de zahorras, regado y compactado		24	25.440,00
2281	Mt lineal de realización de vallado perimetral mediante vallado galvanizado de simple torsión, sustentado con postes metálicos galvanizados cada 4 mts. Colocación de puerta de acceso a planta solar, de 6 mts de ancho y compuesta de dos hojas, realizada con perfil metálico galvanizado.		8,5	19.388,50
				128.200,32

CAPÍTULO 2 :MÓDULOS FOTOVOLTAICOS				
Unidades	Descripción		Precio Ud.	Total
6600	Uds de módulos solares que conforman el campo fotovoltaico, de 330 Wp de potencia unitaria de ultima tecnología de silicio cristalino, modelo TP672P, del fabricante Talesun o similar. Incluido transporte a pie de obra y colocación sobre estructura		109,50	722.700,00
4	Edificio centro de transformación, inversores y celdas de corte, protección, medida y maniobra de media tensión.		8.451,00	33.804,00
1	Edificio centro de maniobras y celdas de corte, protección y maniobra de media tensión.		4.008,59	4.008,59
20	Inversor electrónico fotovoltaico INGECON SUN 100TL, con capacidad de 100 kW de campo fotovoltaico.			20,00
4	Transformador monofásico de 630 KVA de potencia, fabricado bajo norma IEC 60076, refrigerado con aceite vegetal. Rendimiento del transformador mayor del 99%.		17.085,00	68.340,00
12	Celdas de media tensión, con funciones de corte, medida y maniobra, encapsuladas en SF6 y con capacidad de trabajo de hasta 36 KV.		7.777,60	93.331,20
1	Celda centro de amniobra TIPO CM/PT/24-TELE		6.622,80	6.622,80
				928.826,59

CAPÍTULO 3 : ESTRUCTURA SOPORTES				
Unidades	Descripción		Precio Ud.	Total
—	Base de sujeción de estructura realizas en acero galvanizado en caliente y colocadas en terreno mediante sistema de hincado. Diseñadas según especificaciones de estudio geotécnico y según zona geográfica.			43.846,40
—	Estructura metálica de sujeción de módulos solares realizada en acero galvanizado en caliente según normativa, montada sobre pilares hincados en el terreno. Inclinación de la estructura de 30º			110.174,48
—	Piezas de sujeción de módulos a estructura, compuesta por piezas de aluminio y tornillería con protección dracomet para evitar la corrosión de los materiales, bajo normativas UNE 37-501, UNE 37-508 y DIN.			6.596,20
				160.617,08

CAPÍTULO 4: CUADROS DE PROTECCIÓN				
Unidades	Descripción		Precio Ud.	Total
20	Cuadro de conexiones y seccionamiento de corriente continua denominado string box, con grado de protección IP65, incluyendo seccionador de corte en carga, fusibles de seccionamiento de 10A y protector de sobretensión. Componentes certificados para tensiones de trabajo de 1500 VCC. Incluido transporte a obra y colocación		1.172,00	23.440,00
4	Cuadro de conexiones de corriente alterna para servicios auxiliares de la planta solar, con grado de protección IP65, incluyendo magnetotermicos generales, diferenciales de protección contra contactos indirectos y descargadores de sobretension. Conexiones de los circuitos. Incluido transporte a obra, colocación y conexionado		5.850,00	23.400,00
				46.840,00

CAPÍTULO 5: CABLEADO DE BT DE CC				
Unidades	Descripción		Precio Ud.	Total
1	Cableado en C.C. paneles-string box-inversor, con conductor flexible de cobre de doble aislamiento apto para instalaciones en exteriores según norma UNE 21123 y servicio de 1500 VCC. Incluido transporte a obra, colocación y conexionado.		100.114,08	100.114,08
1	Material de conexión de circuitos y paneles solares. (terminales prensados, conectores MC4, punteras, etc).		3.567,20	3.567,20
5400	Mts de bandeja metálica tipo C, de la marca Rejiband o similar, de 100 a 160 mm de anchura y 60 mm de altura, para tendido de cableado de CC de 4 y 6 mm, de conexión de módulos solares. Incluidos soportes para sujeción y colocación.		4,20	22.680,00
				126.361,28

CAPÍTULO 6 : CABLEADO DE MT				
Unidades	Descripción		Precio Ud.	Total
1296	Cableado en C.A. para servicio de evacuación de energía eléctrica. Sistema trifásico en cable HPRZ de 150 mm ² de sección y de 24 KV de servicio, instalado bajo tubo		24,87	32.231,52
22	Mateial de conexión de cableado de media tension (botellas, terminales, etc).		78,50	1.727,00
				33.958,52

2. Resumen de presupuesto.

RESUMEN DE PRESUPUESTO POR INSTALACIÓN

CAPÍTULO 1 : OBRA CIVIL.....	125.014,62 €
CAPÍTULO 2: MÓDULOS FOTOVOLTAICOS, INVERSORES Y CT	928.826,59 €
CAPÍTULO 3: ESTRUCTURA SOPORTES	160.617,08 €
CAPÍTULO 4: CUADROS DE PROTECCIÓN	46.840,00 €
CAPÍTULO 5: CABLEADO DE BT DE CC.....	126.361,28 €
CAPÍTULO 6 : CABLEADO DE MT.....	33.958,52 €
TOTAL PRESUPUESTO (P.E.M.)	1.421.618,09€

Asciende el presente presupuesto a **UN MILLÓN CUATROCIENTOS VENTIUN MIL SEISCIENTOS DIECIOCHO EUROS CON 9 CÉNTIMOS**

ZIZUR MAYOR, Enero 2023

Ingeniero Autor del Proyecto



Fdo. Fermín Manrique Larraza
Colegiado Nº 25.294 DEL C. ING. CAMINOS CANALES Y PUERTOS

ENERGÍAS RENOVABLES ARNETUN, S.L.



**PROYECTO DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 2 MW
RADA III EN T.M. DE MURILLO EL CUENDE (NAVARRA)**

TÉRMINO MUNICIPAL DE MURILLO EL CUENDE

PROVINCIA DE NAVARRA

**DOCUMENTO III: Estudio básico de
seguridad y salud**

AUTOR DEL PROYECTO: FERMÍN MANRIQUE LARRAZA

COLEGIADO Nº 25.294 DEL C.I.C.C.P



Índice del estudio de seguridad y salud

DOCUMENTO VI: Estudio básico de seguridad y salud	72
1 Introducción	74
2 Definición de riesgos	74
2.1 Riesgos Generales	74
2.2 Riesgos Específicos.....	75
2.1.1 Acceso a la obra en vías urbanas	75
2.1.2 Montaje Electromecánico de equipos y accesorios	76
2.1.3 Riesgos debido al uso de máquinas fijas, herramientas y cuadros eléctricos	76
2.1.4 Medios de elevación	76
2.1.5 Medios de Transporte	77
2.1.6 Andamios, plataformas y escaleras	77
2.1.7 Equipos de soldadura y corte	80
3 Diseño de la instalación.....	80
3.1. Medidas de prevención de accidentes eléctricos	80
3.1.1 Contactos directos	81
3.1.2 Contactos indirectos	82
3.2. Protección contra el rayo	84
3.3. Señalización	85
3.4. Montaje y mantenimiento	85
3.2.1 Seguridad en el trabajo	86
3.2.2 Seguridad pública	87
4 INSTALACIONES PROVISIONALES Y ASISTENCIA SANITARIA	87
4.1 Características generales de la obra.....	89
4.1.1 Descripción de la obra y situación.	89
4.1.2 Suministro de energía eléctrica.	89
4.1.3 Suministro de agua potable.	89
4.1.4 Servicios higiénicos.	89
4.2 Previsiones e informaciones útiles para trabajos posteriores.....	90

1 Introducción

En las instalaciones solares fotovoltaicas interviene la corriente eléctrica y, según la configuración elegida, pueden presentarse riesgos de accidentes eléctricos para las personas. Para prevenir estos accidentes se tendrá que realizar un diseño, montaje y mantenimiento óptimo de la instalación.

Se van a definir las medidas de prevención que se deberán utilizar para evitar accidentes durante el montaje y el uso de esta instalación solar fotovoltaica.

2 Definición de riesgos

Se analizarán a continuación los riesgos previsible inherentes a las actividades de ejecución previstas, así como los derivados del uso de la maquinaria y los medios auxiliares o de la manipulación de instalaciones, máquinas o herramientas eléctricas.

Con el fin de no hacer necesariamente repetitiva la relación de riesgos generales, se analizarán primero los riesgos generales, que puedan darse en cualquiera de las actividades, y seguiremos después con el análisis de los específicos de cada actividad, incluyendo lo que puedan afectar a terceras personas ajenas a la obra.

2.1 Riesgos Generales

Entenderemos como riesgos generales aquellos que afectan a todas las personas que trabajen en las actividades objeto de este estudio, independientemente de la actividad concreta que realicen.

Se prevé que puedan darse los siguientes:

- Caída de objetos, o componentes de la instalación sobre personas.
- Caídas de personas a distinto nivel (por hueco, desde plataformas).
- Caídas de partículas a los ojos.
- Conjuntivitis por arco de soldadura u otros.
- Heridas, en manos o pies, por el manejo de materiales.
- Sobreesfuerzos.
- Golpes y cortes por el manejo de herramientas.
- Heridas por objetos punzantes o cortantes.
- Golpes contra objetos.

- Atropellos o golpes por vehículos en movimiento
- Polvo, ruido, etc.
- Atrapamiento entre objetos
- Quemaduras por contactos térmicos
- Exposición a descargas eléctricas
- Atrapamiento por vuelco de máquinas

2.2 Riesgos Específicos

En este apartado se hace solo referencia a los riesgos propios de actividades concretas que afectan solo al personal que realiza trabajos en la misma.

Este personal estará expuesto a los riesgos generales antes relacionados, más los específicos de su actividad.

En consecuencia, se analizarán a continuación las actividades más significativas:

- Acceso a la obra
- Montajes electromecánicos de equipos y de accesorios
- Riesgos derivados del uso de máquinas fijas, herramientas y cuadros eléctricos
- Medios de elevación
- Medios de transporte
- Andamios, plataformas y escaleras
- Equipos de soldadura y corte

2.1.1 Acceso a la obra en vías urbanas

Los riesgos existentes en este apartado son los atropellos y choques con vehículos.

Las medidas preventivas a seguir son:

- Delimitación y señalización adecuada del acceso a la obra.
- Señalización del peligro de atropellos.

2.1.2 Montaje Electromecánico de equipos y accesorios

Además de los riesgos generales, son previsibles los siguientes:

- Caídas de materiales por mala ejecución de maniobras de elevación y acoplamiento de los mismos o fallo mecánico de los equipos.
- Caída de los materiales
- Caídas de personas desde escaleras de mano o desde tuberías o estructuras
- Explosiones o incendios debido al uso de gases en trabajos con soplete.

2.1.3 Riesgos debido al uso de máquinas fijas, herramientas y cuadros eléctricos

Los riesgos más significativos son:

- Los característicos de trabajos en elementos con tensión eléctrica en los que pueden producirse accidentes por contacto tanto directo como indirecto.
- Lesiones por uso inadecuado, o malas condiciones, de máquinas giratorias o de corte.
- Proyecciones de partículas.
- Cortes en manos por manipulación de material residual.

2.1.4 Medios de elevación

Consideremos como riesgos específicos de estos medios, los siguientes:

- Caída de la carga por deficiente estrobado.
- Rotura de cable, gancho, estorbo, grillete o cualquier otro medio auxiliar de elevación.
- Golpes o aplastamientos por movimientos incontrolados de la carga.
- Vuelco de la Grúa.
- Exceso de carga con la consiguiente rotura, o vuelco, del medio correspondiente.
- Fallo de elemento mecánico o eléctrico.
- Caída de personas a distinto nivel durante las operaciones de movimiento de cargas.
- Atrapamiento de cualquier cuerpo durante las operaciones de estrobado o colocación de la carga.

2.1.5 Medios de Transporte

Nos referimos en este apartado a los medios de transporte interno de materiales, tales como plataformas, camiones, etc. y los riesgos previsibles tales como:

- Desprendimientos y caídas de la carga, o de una parte, por ser ésta excesiva o estar mal sujeta.
- Golpes contra partes salientes de la carga
- Atropellos de personas
- Vuelcos
- Choques contra otros vehículos o máquinas
- Golpes de la carga contra instalaciones.

Cualquier accidente o incidente que pudiera producirse por fallo de frenos, dirección señalización de maniobra, etc.

2.1.6 Andamios, plataformas y escaleras

En resumen, son previsibles los siguientes riesgos:

- Caídas de personas a distinto nivel.
- Vuelco de andamios por fallos de la base o faltas de arriostamiento.
- Derrumbamiento de andamios por fallo de los soportes de sujeción.
- Vuelco o deslizamiento de escaleras.
- Caída de materiales o herramientas desde el andamio.

Andamios

- Las medidas preventivas a seguir son:
- Los andamios se montarán y desmontarán, siguiendo las instrucciones del fabricante.
- Los andamios y sus alrededores deberán permanecer ordenados, libres de obstáculos y limpios de residuos.
- Los andamios deberán proyectarse, montarse y mantenerse, de manera que se evite el desplome o el desplazamiento.

- Las plataformas de trabajo, las pasarelas y las escaleras de andamios deberán construirse, dimensionarse, protegerse y utilizarse de forma que se evite que las personas caigan o estén expuestas a caídas de objetos y se ajusten al número de trabajadores que vayan a utilizarlos.
- Los apoyos de andamios y escaleras dispondrán de medidas contra el deslizamiento, y la superficie portante tendrá capacidad para garantizar la estabilidad.
- Las dimensiones, forma y disposición de las plataformas de un andamio serán apropiadas al trabajo, cargas y permitirá la circulación con seguridad.
- Los elementos que formen las plataformas no se desplazarán. No existirán vacíos en las plataformas ni entre estas y los dispositivos verticales de protección colectiva contra caídas.
- Cuando un andamio no esté listo para su utilización, contará con señales de advertencia de peligro (Real Decreto 485/1997) y se delimitará mediante elementos que impidan el acceso.
- El andamio contará con una nota de cálculo de resistencia y estabilidad y un plan de montaje, de utilización y de desmontaje del andamio, en los casos en que se establece en el R.D. 2177/2004.
- No será obligatorio el plan cuando los andamios dispongan del marcado "CE", se seguirán las instrucciones del fabricante
- Los andamios sólo podrán ser montados, desmontados o modificados sustancialmente bajo la dirección de una persona cualificada según el R.D. 2177/2004.
- Los andamios deberán ser inspeccionados por persona cualificada, antes de su puesta en servicio, periódicamente y tras cualquier modificación, período de no utilización, exposición a la intemperie, sacudidas sísmicas, o circunstancias que hubiera podido afectar su resistencia o estabilidad.

Escaleras de mano

Otro tipo de riesgo que suponen las escaleras de mano es el contacto eléctrico en caso de ser metálicas.

Las medidas preventivas a seguir son:

- El uso de escaleras de mano como puesto de trabajo en altura quedará limitada a aquellos casos en que la utilización de otros equipos más seguros no esté justificada por el bajo nivel de riesgo y por las características del emplazamiento que el empresario no pueda modificar.
- Las escaleras dispondrán de zapatas antideslizante, o elementos de fijación en la parte superior o inferior de los largueros, que impidan su desplazamiento.

- Las escaleras se transportarán con el extremo delantero elevado, para evitar golpes a otras persona u objetos. Si la longitud es excesiva, será transportada por 2 operarios.
- Las escaleras se apoyarán sobre superficies horizontales, con dimensiones adecuadas, estables, resistentes e inmóviles, quedando prohibido el uso de ladrillos, bovedillas o similares con este fin. Los travesaños quedarán en posición horizontal.
- La inclinación de la escalera será inferior al 75 % con el plano horizontal. La distancia del apoyo inferior al paramento vertical será $1/4$, siendo l la distancia entre apoyos.
- El extremo superior de la escalera sobresaldrá 1 m. del apoyo superior, medido en el plano vertical.
- El operario se colocará en posición frontal, es decir, mirando hacia los peldaños, para realizar el ascenso y descenso por la escalera, agarrándose con las 2 manos en los peldaños, y no en los largueros.
- Los operarios utilizarán las escaleras, de uno en uno, evitando el ascenso o descenso de la escalera por 2 o más personas a la vez
- Los trabajos que requieran el uso de las 2 manos o transmitan vibraciones, no podrán ser realizados desde la escalera.
- Será obligatorio el uso del cinturón de seguridad con dispositivo anticaída para trabajar sobre la escalera en alturas superiores a 3,5 m.
- No colocar escaleras aprisionando cables o apoyados sobre cuadros eléctricos.
- Las puertas estarán abiertas cuando se coloquen escaleras cerca de estas o en pasillos.
- Las escaleras suspendidas, se fijarán de manera que no puedan desplazarse y se eviten movimientos de balanceo.
- Escaleras compuestas de varios elementos adaptables o extensibles se utilizarán de forma que la inmovilización reciproca de los elementos esté asegurada
- Los trabajos que requieran movimientos o esfuerzo a peligrosos, solo se podrán realizar desde una escalera, si se utiliza un equipo de protección individual anticaída.
- Prohibido el uso de escaleras de construcción improvisada o cuya resistencia no ofrezca garantías. No se emplearán escaleras de madera pintadas.

Se revisará el estado de conservación y formas de uso de las escaleras periódicamente.

2.1.7 Equipos de soldadura y corte

Los posibles riesgos que pueden ocasionar son:

- Cefaleas y conjuntivitis agudas a causa de las radiaciones de la soldadura.
- Quemaduras.
- Explosión de botellas de gases
- Incendios y explosiones.
- Proyección de partículas incandescentes.
- Intoxicación por inhalación de humos y gases.
- Contactos eléctricos.

Medidas preventivas:

- Tanto los soldadores como los trabajadores que se encuentren en las inmediaciones han de disponer de protección visual adecuada no mirando en ningún caso con los ojos al descubierto.
- Previo al soldeo se eliminarán las pinturas u otros recubrimientos de que disponga el soporte.
- Es especialmente importante el empleo de protecciones individuales por lo que los operarios dispondrán de la formación adecuada para el empleo de los mismos.
- En locales cerrados en que no se pueda garantizar una correcta renovación de aire se instalarán extractores y preferiblemente se colocarán sistemas de aspiración localizada.
- En trabajos en altura, no podrán encontrarse personas debajo de los trabajos de soldadura.
- Siempre habrá un extintor de polvo químico accesible durante los trabajos de soldadura.

No podrá haber materiales inflamables o explosivos a menos de 10 metros de la soldadura.

3 Diseño de la instalación

Las medidas de prevención se han elegido según el tamaño y configuración de la instalación.

3.1. Medidas de prevención de accidentes eléctricos

La corriente eléctrica provoca a las personas, alteraciones más o menos graves según su intensidad, duración, frecuencia y dirección de paso. (Para que la corriente pase por el organismo es obvio, que tiene que haber un contacto entre este y un elemento conductor. Este contacto puede ser directo o indirecto.

3.1.1 Contactos directos

Se define como contacto directo, el producido con elementos activos normalmente bajo tensión.

Para su prevención se pueden tomar las siguientes medidas:

- Sistemas diferenciales
- Separación por distancia
- Interposición de obstáculos
- Recubrimiento

Sistemas diferenciales

Los sistemas diferenciales basan su actuación en la diferencia residual de las corrientes que convergen en un aparato con defecto a tierra. Si existe un fallo a tierra, la corriente no se cierra por el resto del circuito y crea una diferencia entre las corrientes que llegan al consumo, y las que retornan. Los sistemas diferenciales son sensibles a esta diferencia, disparando en caso de fallo a tierra; en este caso, la corriente total de tierra es la que atraviesa el cuerpo humano, por lo que se aconseja la instalación de interruptores diferenciales con sensibilidad de 300 mA.

Este es un método eficaz, para prevenir tanto contactos directos como indirectos, pero no actúa en las siguientes circunstancias:

- Cuando la distribución se realiza en corriente continua.
- No existe corriente de inducción que accione el interruptor diferencial.
- Contacto fase-neutro estando la persona aislada de tierra.

Separación por distancia

La separación por distancia se consigue mediante el alejamiento de las partes activas de las zonas próximas de operación o paso, de forma que sea imposible el contacto accidental con cualquier parte del cuerpo, por manipulación de elementos conductores cerca de la instalación.

Generalmente, se consideran zonas alcanzables con las manos. Está especialmente indicado, para lugares en los que pueden existir conductores desnudos o falta de aislamiento.

Interposición de obstáculos

Es la colocación de elementos rígidos que generalmente contienen en su interior al conductor, y estando depositados directamente sobre él. Con ello se tiende a evitar todo contacto accidental con partes de tensión.

Recubrimiento

Es la aplicación de material aislante directamente sobre el conductor, o partes susceptibles de quedar en tensión. Los conductores también pueden ir bajo tubo, para evitar las acciones anteriores si se estimase oportuno. Hay que tener en cuenta que, en instalaciones flotantes, y especialmente las de corriente continua, es muy importante evitar fallos de aislamiento que pueden ser debidos a un mal recubrimiento. Este método es importante en instalaciones solares fotovoltaicas, que tengan conductores expuesto a la radiación solar y/o a la posible acción de animales como pájaros. Por lo que, es necesario el uso de conductores con aislamientos adecuados a las condiciones a que van a estar sometidos.

3.1.2 Contactos indirectos

El contacto indirecto es aquel que se efectúa con las partes de los materiales eléctricos que no están bajo tensión en servicio normal, pero que pueden estarlo en caso de defecto. Para su prevención se pueden tomar las siguientes medidas:

- Separación de circuitos
- Utilización de pequeñas tensiones de alimentación.
- Inaccesibilidad simultánea de partes en tensión y masa.
- Protección por puesta a tierra.
- Aislamiento de protección.
- Conexiones equipotenciales.
- Reveladores de tensión e interruptores diferenciales.

Separación de circuitos

También se llaman separación galvánica, consiste en separar el circuito de utilización del circuito de alimentación. Se debe utilizar un transformador con bobinados separados y debidamente aislados, llamado transformador de separación. En instalaciones fotovoltaicas se recomienda a los inversores para separar, el circuito de corriente continua y el de corriente alterna.

Utilización de pequeñas tensiones de alimentación.

Con el fin de evitar cualquier conexión galvánica que cree un acoplamiento conductivo entre la línea de muy baja tensión y otra de tensión superior, se deben tomar las siguientes precauciones:

- Todos los puntos de la instalación de muy baja tensión estarán aislados de tierra, y de otras instalaciones.

- Los conductores de muy baja tensión, no deben tenderse junto a conductores de tensiones superiores, aprovechando canalizaciones comunes.
- Las masas de los aparatos alimentados con muy baja tensión no deben estar puestas a tierra, ni conectadas equipotencialmente entre sí.
- Cuando una instalación de muy baja tensión está conectada galvánicamente a otra de baja tensión, debe ser considerada, a efectos de la prevención de accidentes eléctricos, como de baja tensión. Esto sucede cuando en una instalación fotovoltaica se utilizan inversores de corriente continua a corriente alterna que elevan la tensión, o convertidores de corriente continua a corriente continua con tensiones diferentes, cuando alguna de estas tensiones supere los valores umbrales antes señalados.
- La mayoría de las instalaciones fotovoltaicas son pequeñas, y tienen una tensión de salida del campo solar igual o inferior a los 24 V, por lo que el tener estos niveles de tensión constituye el mejor método de prevención ante cualquier accidente eléctrico.
- Cuando la tensión nominal de la instalación es mayor de 24 V, hay que adoptar medidas de prevención.

Inaccesibilidad simultánea de partes en tensión y masas

Este sistema de protección consiste en disponer las masas y los elementos conductores de tal forma que no sea posible tocar simultáneamente e involuntariamente una masa, y un elemento conductor.

Es muy útil en el uso de materiales eléctricos de seguridad, tal como tomas de corriente con interruptor, enclavamiento y fusibles.

Protección por puesta a tierra

La puesta a tierra se entiende como toda ligazón metálica directa, sin fusibles ni protección alguna, de sección suficiente, entre determinados elementos o partes de la instalación y un electrodo o grupo de electrodos enterrados en el suelo, con objeto de conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficie próxima del terreno, no aparezcan diferencias de potencial peligrosas y que, al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de falta o la de descarga de origen atmosférico.

Su instalación viene regulada en la ITC-BT-18 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

La puesta a tierra en una instalación fotovoltaica tiene como objeto, además de asegurar su correcto funcionamiento, disminuir o eliminar el riesgo que cualquier instalación eléctrica pueda presentar.

La puesta a tierra permite:

- La unión de todas las masas y tierra, evitando las diferencias de potencial peligrosas de las partes metálicas respecto a tierra.
- Ser un circuito de descarga de las cargas electrostáticas o inducidas, evitando así sobretensiones de valores peligrosos.
- Limitar la tensión que, por avería de los equipos eléctricos, se pueda producir en las partes metálicas directamente o utilizando varistores y/o descargadores de sobretensión.

Aislamiento de protección.

En todos los equipos existe un aislamiento funcional y uno de protección. El aislamiento funcional es el necesario que debe tener un equipo en servicio para asegurar su correcto funcionamiento.

Se pueden presentar dos formas de aislamiento de protección:

- Aislamiento de protección de los elementos de servicio.
- Aislamiento de protección del puesto de trabajo.

El uso y empleo de materiales con aislamiento viene regulado por la norma UNE (6.5.66) "Instalaciones eléctricas receptoras de baja tensión. Sistemas de protección". Los aparatos de doble aislamiento no necesitan de conductor de protección. Está prohibido conectarlo al conductor de protección.

Conexiones equipotenciales

La alta resistencia de los contactos de apoyo entre los aparatos eléctricos y el suelo, puede dar a una situación peligrosa; en caso de defectos de los aislamientos funcionales, las corrientes entre las masas entre sí, y entre estas y el suelo, superiores al umbral de peligro. En estas condiciones una persona puede sufrir una electrocución al tocar una masa cuyo aislamiento tiene defecto o al tocar dos masas simultáneamente, aunque sus pies estuvieran aislados del suelo.

Reveladores de tensión e interruptores diferenciales

Estos métodos son sobradamente conocidos siendo muy frecuente su uso sobre todo de interruptores diferenciales, en prevenir los contactos indirectos, únicamente resaltar que los interruptores diferenciales no son adecuados en instalaciones de corriente continua.

3.2. Protección contra el rayo

Cuando la instalación fotovoltaica a proteger es alcanzada por un rayo, debe evitarse la aparición de una diferencia de potencial peligrosa para las personas o capaz de realizar, por la aparición de arcos, daños importantes o un incendio. Las diferencias de potencial pueden producirse:

- En el momento de una descarga atmosférica directa.
- Entre la instalación de protección contra el rayo y todas las partes metálicas que no están unidas a dicha instalación.
- Entre las partes metálicas unidas a la instalación de protección contra el rayo, si la conexión es excesivamente larga.
- En el momento de una descarga atmosférica en las inmediaciones.
- Las diferencias de potencial serán tanto más débiles cuanto más numerosas y cortas sean las vías que deriven a tierra la corriente del rayo.
- Cuando la resistencia de tierra de la instalación de protección contra el rayo sea suficientemente débil, el potencial absoluto de la instalación fotovoltaica con respecto a tierra será reducido y las diferencias de potencial tendrán menos facilidad de producirse.

Esta instalación que se está proyectando llevará descargadores de tensiones atmosféricas, tanto en la parte de continua como de alterna.

3.3. Señalización

Con objeto de que toda persona conozca los riesgos que se pueden producir en la instalación fotovoltaica, es necesario señalar adecuadamente la misma. Se utilizarán las señales de peligro y de riesgo eléctrico.

Las características de estas señales están reguladas por el Real Decreto 1403/86 (BOE 162 del 8/07/86 corregido en el BOE 243 del 10/10/87) "Señalización de Seguridad en los Centros y Locales de Trabajo". En una instalación es necesario el uso de estas señales cuando, a juicio del técnico competente sea necesario, y siempre que existan las siguientes circunstancias:

Cuando la tensión nominal de la instalación del campo solar sea mayor de 60 V se advertirá del peligro de riesgo eléctrico en el campo solar.

3.4. Montaje y mantenimiento

Durante el montaje de la instalación fotovoltaica se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- El contratista está obligado al cumplimiento de la Reglamentación del Trabajo correspondiente, la contratación del Seguro Obligatorio, Subsidio familiar y de vejez, Seguro de Enfermedad y todas aquellas reglamentaciones de carácter social vigentes o que en lo sucesivo se dicten. En particular, deberá cumplir lo dispuesto en la Norma UNE 24042 "Contratación de Obras. Condiciones Generales"

- Los instaladores tendrán la titulación requerida para la realización de instalaciones solares fotovoltaicas (Carné de instalador).

3.2.1 Seguridad en el trabajo

El contratista está obligado a cumplir la siguiente reglamentación:

- Normas técnicas de Red Eléctrica de España (REE).
- Recomendaciones UNESA.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, publicado en el BOE de 18/09/2002 (RD 842/2002 de 2 de Agosto), así como las Instrucciones Técnicas Complementarias MI-BT.
- Normas Tecnológicas en la Edificación NTE.
- Para la ejecución del proyecto y de las instalaciones, se tendrán en cuenta en todo momento las citadas Reglamentaciones, Normas y Disposiciones Mínimas, así como las Ordenanzas Generales de Seguridad e Higiene en el Trabajo (Orden de 9 de Marzo de 1971 y posteriores modificaciones). Además, deberá proveer cuando sea preciso para el mantenimiento de las máquinas, herramientas, materiales y útiles de trabajo en las debidas condiciones de seguridad.
- Mientras los operarios trabajen en circuitos o equipos en tensión, o en su proximidad, usarán ropa sin accesorios metálicos y evitarán el uso innecesario de objetos de metal.
- Se llevarán las herramientas o equipos en bolsas y se utilizará calzado aislante o al menos sin herrajes ni clavos en las suelas.
- El personal de la contrata está obligado a usar todas las disposiciones y medios de protección personal, herramientas y prendas de seguridad exigidas para eliminar o reducir los riesgos profesionales tales como casco, gafas, etc. Pudiendo el director de la obra suspender los trabajos, si estima que el personal de la contrata está expuesto a peligros que son corregibles.
- El director de obra podrá exigir del contratista, ordenándolo por escrito, el cese en la obra de cualquier empleado u obrero que, por imprudencia temeraria, fuera capaz de producir accidentes que hicieran peligrar la integridad física del propio trabajador o de sus compañeros.

El director de obra podrá exigir del contratista en cualquier momento, antes o después de la iniciación de los trabajos, que presente los documentos acreditativos de haber formalizado los regímenes de Seguridad Social de todo tipo (afiliación, accidente, enfermedad, etc.) en la forma legalmente establecida.

3.2.2 Seguridad pública

- El contratista deberá tomar todas las precauciones en las operaciones y usos de equipos para proteger a las personas, animales o cosas de los peligros procedentes del trabajo, siendo de su cuenta las responsabilidades que tales accidentes ocasionen.
- El contratista mantendrá póliza de seguros que proteja suficientemente a él y a sus empleados u obreros frente a las responsabilidades de daños, civil, etc. en que uno y otro pudieran incurrir para con el contratista o para terceros, como consecuencia de la ejecución de los trabajos.
- Se prestará especial interés a las siguientes indicaciones:
 - Cubrir las caras frontales de los paneles con un material opaco antes de realizar las conexiones eléctricas o abrir la caja de terminales.
 - Durante el montaje del campo solar se mantendrá los seccionadores abiertos si estos son necesarios instalarlos en el mismo.

4 INSTALACIONES PROVISIONALES Y ASISTENCIA SANITARIA

De acuerdo con el apartado 15 del Anexo 4 del R.D.1627/97, la obra dispondrá de los servicios higiénicos que se indican:

- Vestuarios con asientos y taquillas individuales, provistas de llave.
- Lavabos con agua fría, agua caliente, y espejo.
- Duchas con agua fría y caliente.
- Retretes.
- Comedor.

La utilización de los servicios higiénicos será no simultánea en caso de haber operarios de distintos sexos.

Deberá justificarse por la contrata la no instalación de algunos de los módulos de servicios, si se opta por una solución alternativa (alquiler de locales, etc.).

De acuerdo con el apartado A 3 del Anexo VI del R.D. 486/97, la obra dispondrá del material de primeros auxilios que se indica en la tabla siguiente, en la que se incluye además la identificación y las distancias a los centros de asistencia sanitaria más cercanos:

PRIMEROS AUXILIOS Y ASISTENCIA SANITARIA		
Nivel de Asistencia	Nombre/Ubicación	Distancia Aproximada
PRIMEROS AUXILIOS	Botiquín Portátil	En la Obra

ASISTENCIA PRIMARIA (Urgencias)	Centro de salud de Caparroso	3,8 Km
ASISTENCIA ESPECIALIZADA (Hospital)	Hospital San Juan de Dios (Tudela)	42,6Km

El botiquín portátil ubicado en la obra dispondrá, al menos, de:

- 1 Frasco conteniendo agua oxigenada.
- 1 Frasco conteniendo alcohol de 96 grados.
- 1 Frasco conteniendo tintura de yodo.
- 1 Frasco conteniendo mercurocromo.
- 1 Frasco conteniendo amoniaco.
- 1 Caja conteniendo gasa estéril.
- 1 Caja conteniendo algodón hidrófilo estéril
- 1 Rollo de esparadrapo.
- 1 Torniquete.
- 1 Bolsa para agua o hielo
- 1 Bolsa conteniendo guantes esterilizados.
- 1 Termómetro clínico.
- 1 Caja de apósitos autoadhesivos.
- Antiespasmódicos.
- Analgésicos.
- Tónicos cardiacos de urgencia.
- Jeringuillas desechables.

Asimismo, este Estudio Básico de Seguridad y Salud da cumplimiento a la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales en lo referente a la obligación del empresario titular de

un centro de trabajo de informar y dar instrucciones adecuadas, en relación con los riesgos existentes en el centro de trabajo y las medidas de protección y prevención correspondientes.

En base a este Estudio Básico de Seguridad y Salud, el Contratista elaborará su Plan de Seguridad y Salud, en el que tendrá en cuenta las circunstancias particulares de los trabajos objeto del contrato.

En obra y junto al botiquín se colocará un cartel que incluirá un plano con los itinerarios más cortos a seguir hasta los centros sanitarios más próximos con Servicio de Urgencia. En el constaran direcciones y números de teléfono, así como de las clínicas y puestos de socorro, privados y públicos, situados en el entorno de la obra

cerramiento provisional.

4.1 Características generales de la obra.

En este punto se analizan con carácter general, independientemente del tipo de obra, las diferentes servidumbres o servicios que se deben tener perfectamente definidas y solucionadas antes del comienzo de las obras.

4.1.1 Descripción de la obra y situación.

Dirección de la obra: La instalación objeto de este proyecto se ubica en el Polígono 9, parcelas 64, 65, 66, 70 y 71, en el Término Municipal de Murillo el Cuende.

Se deberán tener en cuenta las dificultades que pudieran existir en los accesos, estableciendo los medios de transporte y traslado más adecuados a la orografía del terreno.

4.1.2 Suministro de energía eléctrica.

El suministro de energía eléctrica provisional de obra será facilitado por la empresa constructora, proporcionando los puntos de enganche necesarios.

4.1.3 Suministro de agua potable.

El suministro de agua potable será a través de las conducciones habituales de suministro en la región, zona, etc., en el caso de que esto no sea posible dispondrán de los medios necesarios (cisternas, etc.) que garantice su existencia regular desde el comienzo de la obra.

4.1.4 Servicios higiénicos.

Dispondrá de servicios higiénicos suficientes y reglamentarios. Si fuera posible, las aguas fecales se conectarán a la red de alcantarillado, en caso contrario, se dispondrá de medios que faciliten su evacuación o traslado a lugares específicos destinados para ello, de modo que no se agreda al medio ambiente.

4.2 Previsiones e informaciones útiles para trabajos posteriores.

Entre otras se deberá disponer de:

- Instrucciones de operación normal y de emergencia.
- Señalización clara de mandos de operación y emergencia.
- Dispositivos de protección personal y colectiva para trabajos posteriores de mantenimiento.
- Equipos de rescate y auxilio para casos necesarios.

Pamplona, enero de 2023
El Ingeniero de Caminos



Fdo: FERMÍN MANRIQUE LARRAZA
Colegiado Nº: 25.294 del C.I.C.C.P.

ENERGÍAS RENOVABLES ARNETUN, S.L.



PROYECTO DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 2 MW RADA III EN T.M. DE MURILLO EL CUENDE (NAVARRA)

TÉRMINO MUNICIPAL DE MURILLO EL CUENDE

PROVINCIA DE NAVARRA

DOCUMENTO VII: Pliego de Condiciones Técnicas

AUTOR DEL PROYECTO: FERMÍN MANRIQUE LARRAZA

COLEGIADO Nº: 25.294 DEL C.I.C.C.P.



Índice del Pliego de Condiciones Técnicas

1	Introducción.....	123
1.1	REGLAMENTOS Y NORMAS.....	123
1.2	MATERIALES.....	123
1.3	EJECUCION DE LAS OBRAS.....	123
1.4	INTERPRETACION Y DESARROLLO DEL PROYECTO.....	124
1.5	OBRAS COMPLEMENTARIAS.....	124
1.6	OBRA DEFECTUOSA.....	124
1.7	CONSERVACION DE LAS OBRAS.....	124
1.8	RECEPCION DE LAS OBRAS.....	125
1.9	FIANZA.....	125
2	CONDICIONES FACULTATIVAS.....	125
2.1	NORMAS A SEGUIR.....	125
2.2	PERSONAL.....	126
2.3	RECONOCIMIENTOS Y ENSAYOS PREVIOS.....	126
3	CONDICIONES TECNICAS.....	126
3.1	CONDICIONES TECNICAS DE LAS LINEAS SUBTERRANEAS.....	126
3.2	CONDICIONES TECNICAS DE LOS CENTROS Y LA SUBESTACION.....	128
4	CERTIFICADOS Y DOCUMENTACION.....	132
5	LIBRO DE ORDENES.....	132

1 Introducción.

En el presente pliego de condiciones se tendrá por objeto el regular, garantizar y confrontar que tanto los materiales, aparatos, obras, instalaciones... se hagan de acuerdo a unas condiciones determinadas.

1.1 REGLAMENTOS Y NORMAS

Todas las unidades de obra se ejecutarán cumpliendo las prescripciones indicadas en los Reglamentos de Seguridad y Normas Técnicas de obligado cumplimiento para este tipo de instalaciones, tanto de ámbito nacional, autonómico como municipal, así como, todas las otras que se establezcan en la Memoria Descriptiva del mismo.

Se adaptarán, además, a las presentes condiciones particulares que complementarán las indicadas por los Reglamentos y normas citadas.

1.2 MATERIALES

Todos los materiales empleados serán de primera calidad. Cumplirán las especificaciones y tendrán las características indicadas en el proyecto y en las normas técnicas generales, para este tipo de materiales.

Toda especificación o característica de materiales que figuren en uno solo de los documentos del proyecto, aun sin figurar en los otros es igualmente obligatoria. En caso de existir contradicción u omisión en los documentos del proyecto, el Contratista tendrá la obligación de ponerlo de manifiesto al Técnico director de la obra, quien decidirá sobre el particular. En ningún caso podrá suplir la falta directamente, sin la autorización expresa.

Una vez adjudicada la obra definitivamente y antes de iniciarse esta, el Contratista presentara al Técnico Director los catálogos, cartas, muestra, certificados de garantía o de homologación de los materiales que vayan a emplearse. No podrán utilizarse materiales que no hayan sido aceptados por el Técnico Director.

1.3 EJECUCION DE LAS OBRAS

-Comienzo

El contratista dará comienzo a la obra en el plazo que figure en el contrato establecido con la Propiedad, o en su defecto a los quince días de la adjudicación definitiva o de la firma de contrato.

El contratista está obligado a notificar por escrito o personalmente en forma directa al Técnico director la fecha de comienzo de los trabajos.

-Plazo de ejecución

La obra se ejecutará en el plazo que se estipule en el contrato suscrito con la propiedad o en su defecto en el que figure en las

condiciones de este pliego.

Cuando el ritmo de trabajo establecido por el Contratista, no sea el normal, o bien a petición de una de las partes, se podrá convenir una programación de inspecciones obligatorias de acuerdo con el plan de obra.

-Libro de Ordenes

El contratista dispondrá en la obra de un Libro de Ordenes en el que se escribirán las que el Técnico Director estime darle a través del encargado o persona responsable, sin perjuicio de las que le de por oficio cuando lo crea necesario y que tendrá la obligación de firmar el enterado.

1.4 INTERPRETACION Y DESARROLLO DEL PROYECTO

La interpretación técnica de los documentos del proyecto, corresponde al Técnico Director. El Contratista está obligado a someter a este a cualquier duda, aclaración o contradicción que surja durante la ejecución de la obra por causa del proyecto, o circunstancias ajenas, siempre con la suficiente antelación en función de la importancia del asunto.

El Contratista se hace responsable de cualquier error de la ejecución motivado por la omisión de esta obligación y consecuentemente deberá rehacer su costa los trabajos que correspondan a la correcta interpretación del proyecto.

El Contratista notificara por escrito o personalmente en forma directa al Técnico Director y con suficiente antelación las fechas en que quedaran preparadas para inspección, cada una de las partes de obra para las que se ha indicado la necesidad o conveniencia de la misma.

1.5 OBRAS COMPLEMENTARIAS

El Contratista tiene la obligación de realizar todas las obras complementarias que sean indispensables para ejecutar cualquiera de las unidades de obra especificadas en cualquiera de los documentos del proyecto, aunque en él, no figuren explícitamente mencionadas dichas obras complementarias. Todo ello sin variación del importe del contrato.

1.6 OBRA DEFECTUOSA

Cuando el contratista halle cualquier unidad de obra que no se ajuste a lo especificado en el proyecto o en este Pliego de Condiciones, el Técnico Director podrá aceptarlo o rechazarlo; en el primer caso, este fijará el precio que crea justo con arreglo a las diferencias que hubiera, estando el Contratista a aceptar dicha valoración, en el otro caso, se reconstruirá a expensas del Contratista la parte mal ejecutada sin que ello sea motivo de reclamación económica o de ampliación del plazo de ejecución.

1.7 CONSERVACION DE LAS OBRAS

Es obligación del Contratista la conservación en perfecto estado de las unidades de obra realizadas hasta la fecha de la recepción definitiva por la Propiedad, y corren a su cargo los gastos derivados de ello.

1.8 RECEPCION DE LAS OBRAS

-Recepción provisional

Una vez terminadas las obras, tendrá lugar la recepción provisional y para ello se practicará en ellas un detenido reconocimiento por el Técnico Director y la Propiedad en presencia del Contratista, levantando acta y empezando a correr ese día el plazo de garantía.

-Plazo de garantía

El plazo de garantía será como mínimo de un año, contado desde la fecha de la recepción provisional, o bien el que se establezca en el contrato también contado desde la misma fecha. Durante este periodo queda a cargo del Contratista la conservación de las obras y arreglo de los desperfectos causados por asiento de las mismas o por mala construcción.

-Recepción definitiva

La recepción definitiva se realizará después de transcurrido el plazo de garantía de igual forma que la provisional. A partir de esta fecha cesará la obligación del Contratista de conservar y reparar a su cargo las obras si bien subsistirán las responsabilidades que pudiera tener por defectos ocultos y deficiencias de causa dudosa.

1.9 FIANZA

En el contrato se establecer la fianza que el Contratista deberá depositar en garantía del cumplimiento del mismo, o se convendrá una retención sobre los pagos realizados a cuenta de obra ejecutada.

En el caso de que el Contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos para ultimar la obra en las condiciones contratadas la Propiedad podrá ordenar ejecutarlas a un tercero, abonando su importe con cargo a la retención o fianza, sin perjuicio de las acciones legales a que tenga derecho la Propiedad si el importe de la fianza no bastase.

La fianza retenida se abonará al Contratista en un plazo de garantía no superior a treinta días una vez firmada el acta de recepción definitiva de la obra.

2 CONDICIONES FACULTATIVAS

2.1 NORMAS A SEGUIR

El diseño de la instalación eléctrica estará de acuerdo con las exigencias o recomendaciones expuestas en las últimas ediciones de los siguientes códigos:

1. Reglamento electrotécnico de Baja Tensión e Instrucciones Complementarias.

2. Reglamento sobre las Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, subestaciones y Centros de

Transformación e Instrucciones Técnicas Complementarias.

3. Reglamento de Líneas Eléctricas de Alta Tensión.
4. Recomendaciones UNESA y normas UNE.
5. Publicaciones del Comité Electrotécnico Internacional (C.E.I).
6. Plan Nacional y Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

Y además, también a lo indicado en este Pliego de Condiciones con preferencia a todos los códigos y normas.

2.2 PERSONAL

El Contratista tendrá al frente de la obra un encargado con autoridad sobre los demás operarios y conocimientos acreditados y suficientes para la ejecución de la obra.

El Contratista tendrá en la obra, el número y clase de operarios que haga falta para el volumen y naturaleza de los trabajos que se realicen, los cuales serán de reconocida aptitud y experimentados en el oficio. El Contratista estará obligado a separar de la obra, a aquel personal que a juicio del Técnico Director no cumpla con sus obligaciones, realice el trabajo defectuosamente, bien por falta de conocimientos o por obrar de mala fe.

2.3 RECONOCIMIENTOS Y ENSAYOS PREVIOS

Cuando lo estime oportuno el Técnico Director, podrá encargar y ordenar el análisis, ensayo o comprobación de los materiales, elementos o instalaciones, bien sea en fábrica de origen, laboratorios oficiales o en la misma obra, según crea más conveniente, aunque estos no estén indicados en este pliego. En el caso de discrepancia, los ensayos o pruebas se efectuaran en el laboratorio oficial que el Técnico Director de obra designe.

Los gastos ocasionados por estas pruebas serán a cargo de la empresa contratada.

3 CONDICIONES TECNICAS

3.1 CONDICIONES TECNICAS DE LAS LINEAS SUBTERRANEAS

3.1.1. CALIDAD DE LOS MATERIALES

Los cables que se emplearán en el tendido de las Líneas Subterráneas de Baja, Media y Alta Tensión serán unipolares de aislamiento de dieléctrico seco de las características descritas en la Memoria y Planos.

No se permitirán realizar empalmes. En caso de tener que hacerse alguno, solo se permitirá en los cableados de corriente continua y se mantendrá la continuidad de la pantalla metálica, por medio de conexiones adecuadas que garanticen la perfecta conexión eléctrica, así como el apantallamiento total del empalme. Estas conexiones deberán soportar corrientes de cortocircuito no inferiores a las específicas para las pantallas de los cables que forman el empalme. Los empalmes serán confeccionados de tal forma, que estén contenidos en una sola envolvente, una por fase, quedando todas las conexiones en el interior.

3.1.2. NORMAS DE EJECUCION DE LAS INSTALACIONES

1 - Todos los materiales utilizados en las obras e instalaciones, serán de constructores o fabricantes de reconocida solvencia. El contratista vendrá obligado a presentar cuantas especificaciones se requieran para comprobar la bondad de los citados materiales.

2 - Todos los elementos o materiales sometidos a reglamentaciones o especificaciones reglamentarias, deberán estar convenientemente homologados por las entidades oficiales, estatales o paraestatales que entienden del caso.

3 - Los materiales que lo requieran, deberán llevar grabadas de modo inconfundible sus características.

4 - No se admitirán elementos o materiales que no cumplan los requisitos anteriores no pudiendo presentar el contratista reclamación alguna por este motivo o por haber sido rechazado a causa de deficiencias o anomalías observadas en ellos.

5 - Todo el material utilizado deberá estar homologado por UNESA por la CEI, o en todo caso debe ser material que haya sido verificado por el Ministerio de Industria como cumplidor de las exigencias técnicas de funcionamiento requeridas para él. Deben de estar grabados en el material cuanto menos la tensión de servicio y la intensidad para la que han sido dimensionados.

6 - No se podrá modificar la instalación sin la intervención del instalador autorizado o técnico competente, según corresponda.

3.1.3. PRUEBAS REGLAMENTARIAS

Antes de la recepción de las instalaciones, deberán haber sido realizadas las siguientes mediciones, claro está, con resultados satisfactorios:

- Medición de la resistencia de aislamiento de la instalación.
- Medición del poder dieléctrico de la instalación
- Medición de la toma de tierra.

y haberse realizado las siguientes comprobaciones:

- Comprobación visual general de la instalación.
- Comprobación de disparo de los interruptores automáticos.

Debiendo hacerse constar todos estos extremos, en la certificación de Dirección y Terminación de Obra correspondiente a esta instalación.

3.1.4. CONDICIONES DE USO, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD

1o - Queda terminantemente prohibido el acceso a los apoyos. a toda persona ajena a su funcionamiento, exceptuando a todo el personal técnico de la misma o perteneciente a la empresa suministradora y también al Agente de la Administración o algún representante del mismo.

2o - El personal encargado de las manipulaciones, tendrá especial cuidado en conservar en perfecto estado de funcionamiento y limpieza todos los elementos y protecciones instalados. Asimismo, se asegurará con frecuencia que los conductores que unen los apoyos con las tomas de tierra estén en perfecto estado.

3o - No se efectuará ninguna manipulación tanto en la parte de alta tensión, como en la de baja, sin tener previa y absoluta seguridad de que la corriente ha sido cortada.

4o - La maniobra con los seccionadores se realizará siempre que previamente se haya desconectado el interruptor general. Para esta maniobra se utilizará siempre una pértiga de maniobra, situándose sobre una banqueta aislante y colocándose unos guantes de seguridad de 24 kV. de aislamiento.

5o - No obstante haber tomado las medidas de precaución a que se refiere el art. 3o, siempre que se tenga necesidad de manipular en un aparato de alta tensión (sin corriente), se hará a ser posible, con una sola mano y sin tocar masa con la otra. Se emplearán guantes aislantes.

6o - Siempre que se observe alguna anomalía se pondrá en conocimiento del superior inmediato.

3.2 CONDICIONES TECNICAS DE LOS CENTROS Y LA SUBESTACION

3.2.1. CALIDAD DE LOS MATERIALES

3.2.1.1. OBRA CIVIL

La envolvente empleada en la ejecución de este proyecto cumplirá las condiciones generales prescritas en el ITC-RAT 14, Instrucción Primera del Reglamento de Seguridad en Centrales Eléctricas, en lo referente a su inaccesibilidad, pasos y accesos, conducciones y almacenamiento de fluidos combustibles y de agua, alcantarillado, canalizaciones, cuadros y pupitres de control, celdas, ventilación, paso de líneas y canalizaciones eléctricas a través de paredes, muros y tabiques. Señalización, sistemas contra incendios, alumbrados, primeros auxilios, pasillos de servicio y zonas de protección y documentación.

3.2.1.2. APARAMENTA DE MEDIA Y ALTA TENSION

Las celdas empleadas serán prefabricadas, con envolvente metálica, y que utilicen gas para cumplir dos misiones:

- Aislamiento: El aislamiento integral en gas confiere a la aparamenta sus características de resistencia al medio ambiente, bien sea a la polución del aire, a la humedad, o incluso a la eventual sumersión del centro por efecto de riadas.

Por ello, esta característica es esencial especialmente en las zonas con alta polución, en las zonas con clima agresivo (costas marítimas y zonas húmedas) y en las zonas más expuestas a riadas o entradas de agua en el centro.

- Corte: El corte en gas resulta más seguro que el aire, debido a lo explicado para el aislamiento.

Igualmente, 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.

3.2.1.3. TRANSFORMADORES DE POTENCIA

El transformador o transformadores serán trifásicos, con neutro accesible en el secundario, refrigeración natural, en baño de aceite preferiblemente, con regulación de tensión primaria mediante conmutador.

Estos transformadores se instalarán, en caso de incluir un líquido refrigerante, sobre una plataforma ubicada encima de un foso de recogida, de forma que en caso de que se derrame e incendie, el fuego quede confinado en la celda del transformador, sin difundirse por los pasos de cables ni otras aberturas al resto del centro.

Los transformadores, para mejor ventilación, estarán situados en la zona de flujo natural de aire, de forma que la entrada de aire este situada en la parte inferior de las paredes adyacentes al mismo, y las salidas de aire en la zona superior de esas paredes.

3.2.1.4. EQUIPOS DE MEDIDA

Cuando el centro de transformación sea tipo "abonado", se instalará un equipo de medida compuesto por transformadores de medida, ubicados en una celda de medida de A.T., y un equipo de contadores de energía activa y reactiva, ubicado en el armario de contadores, así como de sus correspondientes elementos de conexión, instalación y precintado. Esta será redundante según se indique en la memoria del Proyecto.

Los transformadores de medida deberán tener las dimensiones adecuadas de forma que se puedan instalar en la celda de A.T. guardando las distancias correspondientes a su aislamiento. Por ello será preferible que sean suministrados por el propio fabricante de las celdas, ya instalados en ellas. En el caso de que los transformadores no sean suministrados por el fabricante de las celdas se le deberá hacer la consulta sobre el modelo exacto de transformadores que se van a instalar, a fin de tener la garantía de que las distancias de aislamiento, pletinas de interconexión, etc. serán las correctas.

Los contadores de energía activa y reactiva estarán homologados por el organismo competente.

Los cables de los circuitos secundarios de medida estarán constituidos por conductores unipolares, de cobre de 1 kV de tensión nominal, del tipo no propagador de la llama, de polietileno reticulado o etileno-propileno, de 4 mm² de sección para el circuito de intensidad y para el neutro y de 2,5 mm² para el circuito de tensión. Estos cables irán instalados bajo tubos de acero (uno por circuito) de 36 mm de diámetro interior, cuyo recorrido será visible o registrable y lo más corto posible.

La tierra de los secundarios de los transformadores de tensión y de intensidad se llevarán directamente de cada transformador al punto de unión con la tierra para medida y de aquí se llevará, en un solo hilo, a la regleta de verificación.

La tierra de medida estará unida a la tierra del neutro de Baja Tensión constituyendo la tierra de servicio, que será independiente de la tierra de protección.

En general, para todo lo referente al montaje del equipo de medida, protección, grado de protección, etc. se tendrán en cuenta lo indicado a tal efecto en la normativa de la compañía suministradora.

3.2.2. NORMAS DE EJECUCION DE LAS INSTALACIONES

Todos los materiales, aparatos, maquinas, y conjuntos integrados en los circuitos de instalación proyectada cumplen las normas, especificaciones técnicas, y homologaciones que le son establecidas como de obligado cumplimiento por el Ministerio de Ciencia y Tecnología.

Por lo tanto, la instalación se ajustará a los planos, materiales, y calidades de dicho proyecto, salvo orden facultativa en contra.

3.2.3. PRUEBAS REGLAMENTARIAS

Las pruebas y ensayos a que serán sometidos los equipos y/o edificios una vez terminada su fabricación serán las que establecen las normas particulares de cada producto, que se encuentran en vigor y que aparecen como normativa de obligado cumplimiento en el ITCRAT 02.

Asimismo, una vez ejecutada la instalación, se procederá, por parte de una entidad acreditada por los Organismos Públicos competentes al efecto, a la medición reglamentaria de los siguientes valores:

- Resistencia de aislamiento de la instalación.
- Medición de las Tensiones de Paso y Contacto.
- Resistencia de Puesta a Tierra.

3.2.4. CONDICIONES DE USO, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD

3.2.4.1. PREVENCIONES GENERALES

Queda terminantemente prohibida la entrada en el local de esta estación a toda persona ajena al servicio y siempre que el encargado del mismo se ausente, deberá dejarlo cerrado con llave.

Se pondrán en sitio visible del local, y a su entrada, placas de aviso de "Peligro de muerte".

En el interior del local no habrá más objetos que los destinados al servicio del centro de transformación o subestación, como banqueta, guantes, etc.

No está permitido fumar ni encender cerillas ni cualquier otra clase de combustible en el interior del local del centro de transformación o subestación y en caso de incendio no se empleará nunca agua.

No se tocará ninguna parte de la instalación en tensión, aunque se esté aislado.

Todas las maniobras se efectuarán colocándose convenientemente sobre la banqueta.

En sitio bien visible estarán colocadas las instrucciones relativas a los socorros que deben prestarse en los accidentes causados por electricidad, debiendo estar el personal instruido prácticamente a este respecto, para aplicarlas en caso necesario. También, y en sitio visible, debe figurar el presente Reglamento y esquema de todas las conexiones de la instalación, aprobado por la Consejería de Industria, a la que se pasara aviso en el caso de introducir alguna modificación en este centro o subestación, para su inspección y aprobación, en su caso.

3.2.4.2. PUESTA EN SERVICIO

Se conectará primero los seccionadores de alta y a continuación el interruptor de alta, dejando en vacío el transformador.

Posteriormente, se conectará el interruptor general de baja, procediendo en ultimo termino a la maniobra de la red de baja tensión.

Si al poner en servicio una línea se disparase el interruptor automático o hubiera fusión de cartuchos fusibles, antes de volver a conectar se reconocerá detenidamente la línea e instalaciones y, si se observase alguna irregularidad, se dará cuenta de modo inmediato a la empresa suministradora de energía.

3.2.4.3. SEPARACION DEL SERVICIO

Se procederá en orden inverso al determinado en apartado 8, o sea, desconectando la red de baja tensión y separando después el interruptor de alta y seccionadores.

Si el interruptor fuera automático, sus relés deben regularse por disparo instantáneo con sobrecarga proporcional a la potencia del transformador, según la clase de la instalación.

A fin de asegurar un buen contacto en las mordazas de los fusibles y cuchillas de los interruptores, así como en las bornas de fijación de las líneas de alta y de baja tensión, la limpieza se efectuará con la debida frecuencia. Si hubiera de intervenir en la parte de línea comprendida entre la celda de entrada y seccionador aéreo exterior se avisará por escrito a la compañía suministradora de energía eléctrica para que corte la corriente en la línea alimentadora, no comenzando los trabajos sin la conformidad de esta, que no restablecerá el servicio hasta recibir, con las debidas garantías, notificación de que la línea de alta se encuentra en perfectas condiciones, para la garantizar la seguridad de personas y cosas.

La limpieza se hará sobre banqueta, con trapos perfectamente secos, y muy atentos a que el aislamiento que es necesario para garantizar la seguridad personal, solo se consigue teniendo la banqueta en perfectas condiciones y sin apoyar en metales u otros materiales derivados a tierra.

3.2.4.4. PREVENCIONES ESPECIALES

No se modificarán los fusibles y al cambiarlos se emplearán de las mismas características de resistencia y curva de fusión.

No debe de sobrepasar los 60°C la temperatura del líquido refrigerante, en los aparatos que lo tuvieran, y cuando se precise cambiarlo se empleará de la misma calidad y características.

Deben humedecerse con frecuencia las tomas de tierra. Se vigilará el buen estado de los aparatos, y cuando se observase alguna anomalía en el funcionamiento del centro de seccionamiento, se pondrá en conocimiento de la compañía suministradora, para corregirla de acuerdo con ella.

4 CERTIFICADOS Y DOCUMENTACION

Se adjuntarán, para la tramitación de este proyecto ante los Organismos Publico competentes, las documentaciones indicadas a continuación:

Autorización administrativa de la obra.

Proyecto firmado por un técnico competente.

Certificado de tensión de paso y contacto, emitido por una empresa homologada.

Certificado de ensayos de los conductores.

Certificado de calidad y de ensayos de los seguidores solares, inversores, módulos solares, contadores de medida, transformadores de medida y cualquier otro equipo u elementos de la instalación.

Certificación de fin de obra.

Contrato de mantenimiento.

Escrito de conformidad por parte de la compañía suministradora.

5 LIBRO DE ORDENES

Se dispondrá en este centro de un libro de órdenes, en el que se registraran todas las incidencias surgidas durante la vida útil del citado Centro de Transformación, incluyendo cada visita, revisión, etc.

Pamplona, febrero de 2023
El Ingeniero de Caminos

Fdo: FERMÍN MANRIQUE LARRAZA
Colegiado Nº: 25.294 del C.I.C.C.P.