

PROYECTO DE DESARROLLO



UNIVERGY  
SOLAR

## INSTALACIÓN DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA

**“SON MULET” DE 999,00 kW  
CONECTADA A RED**

Noviembre de 2022

**Promotor: UNIVERGY ES SPC 43, S.L.**

**Emplazamiento: Polígono 19, Parcela 740, Lluçmajor (Mallorca)**

**El Ingeniero Técnico Industrial:**

**Ginés Martínez Pérez**

Nº Colegiado: 1280 - COGITI Albacete

## ÍNDICE GENERAL:

ÍNDICE GENERAL:

DOCUMENTO N.º 1: **MEMORIA TÉCNICA Y PROYECTO DE ACTIVIDAD**

DOCUMENTO N.º 2: **CÁLCULOS Y ANEXOS**

Anexo I: Cálculos eléctricos justificativos

Anexo II: Cálculo configuración instalaciones. Estudio potencial solar (PVSYST)

Anexo III: Documentación técnica módulos

Anexo IV: Documentación técnica inversores

Anexo V: Cronograma

DOCUMENTO N.º 3: **ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD**

DOCUMENTO N.º 4: **PLIEGO DE CONDICIONES**

DOCUMENTO N.º 5: **PRESUPUESTO**

DOCUMENTO N.º 6: **PLANOS**

DOCUMENTO N.º 7: **MEDIDAS Y CONDICIONANTES PARA INSTALACIONES FV, SEGÚN ANEXO F DEL PLAN DIRECTOR SECTORIAL ENERGÉTICO DE LAS ISLA BALEARES.**

Anexo I: Documento ambiental requerido

Anexo II: Salidas gráficas

Anexo III: Estudio de gestión de residuos

Anexo IV: Plan de desmantelamiento

Anexo V: Estudio de alternativas

Anexo VI: Descripción orla vegetal

Anexo VII: Estudio hídrico

# **DOCUMENTO N° 1. MEMORIA TÉCNICA**

## ÍNDICE

	Página
1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO .....	4
1.1 ANTECEDENTES .....	4
1.2 OBJETO DEL PROYECTO .....	4
1.3 PETICIONARIO .....	5
1.4 SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO .....	5
1.5 AUTOR DEL PROYECTO .....	7
1.6 CÓDIGO DE ACTIVIDAD .....	7
1.7 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ACTIVIDAD .....	7
2 PLAZO DE EJECUCIÓN DE OBRA .....	9
3 NORMATIVA Y REGLAMENTACIÓN .....	9
4 CONTENIDO DEL PROYECTO .....	10
5 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA (BT) .....	12
5.1 OBRA CIVIL .....	12
5.2 EQUIPOS .....	15
5.3 CABLEADO DE DC Y AC .....	18
5.4 PROTECCIONES .....	19
5.5 PUESTA A TIERRA .....	20
5.6 SISTEMA DE MONITORIZACIÓN .....	21
5.7 SERVICIOS AUXILIARES DE LA PSFV .....	21
5.8 SISTEMAS DE MEDIDA .....	22
6 DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES DE ALTA TENSIÓN .....	23
6.1 LÍNEA AÉREA DE ALTA TENSIÓN .....	23
6.2 LÍNEA SUBTERRÁNEA DE ALTA TENSIÓN .....	26
6.3 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN .....	30
7 CICLO DE VIDA .....	37
7.1 FINAL DE LA VIDA ÚTIL .....	37
7.2 FINALIZADA LA ACTIVIDAD .....	38
8 CONCLUSIONES Y FIRMA .....	39

# 1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

## 1.1 ANTECEDENTES

El consumo energético en la sociedad de la que todos formamos parte activa, crece de forma considerable año tras año por lo que llegará un momento en que los recursos energéticos naturales de los que se dispone en la actualidad corran peligro de agotarse. Por otra parte, el sistema energético actual basado en las centrales de generaciones térmicas y nucleares presenta impactos negativos importantes sobre el medioambiente que es necesario corregir con urgencia. Estas razones hacen que sea necesaria la búsqueda de nuevas fuentes alternativas de energía que contribuyan a diversificar la actual oferta energética de forma que se pueda hacer frente al incremento de consumo a la vez que se es respetuoso con el medio.

La energía solar fotovoltaica, consiste en la transformación de la energía procedente de la radiación solar en energía eléctrica, es quizá, dentro de las energías renovables, la que podíamos considerar más ecológica debido al bajísimo impacto ambiental que presenta y está llamada a ser una de las energías del futuro. Los sistemas fotovoltaicos se caracterizan por reducir la emisión de agentes contaminantes (CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y SO<sub>x</sub>, principalmente), no necesitar ningún suministro exterior, presentar un reducido mantenimiento y utilizar para su funcionamiento un recurso, el sol, que es inagotable.

De las distintas aplicaciones de la energía solar fotovoltaica, los sistemas de conexión a red son los que presentan mayores expectativas de incremento en el mercado fotovoltaico. Un sistema fotovoltaico conectado a red se caracteriza por inyectar toda la energía que produce en la red general de distribución.

## 1.2 OBJETO DEL PROYECTO

El presente proyecto técnico lleva como título: Instalación PSFV (Planta Solar Fotovoltaica) “SON MULET” de 999,00 kW conectada a red, y se redacta con el objeto de describir el diseño y cálculo de los componentes de la instalación, así como la descripción constructiva, valoración de las obras, materiales e instalaciones, considerando todos los condicionantes requeridos en las distintas administraciones a lo largo de las tramitaciones.

La consecución de estos objetivos implicará la utilización de equipos y materiales de la más alta calidad que además permitirán garantizar en todo momento la seguridad tanto de las personas como de la propia red y los restantes sistemas que están conectados a ella.

La instalación consta de un campo fotovoltaico que genera electricidad en corriente continua, un conjunto de inversores que transforman esa corriente continua en corriente alterna de baja tensión. Para poder evacuar esa energía a la red será necesaria la construcción de un centro de transformación (de aquí en adelante CT) que eleva la tensión de baja a alta tensión. La energía generada se evacuará a la red de distribución eléctrica, mediante la instalación de una red de líneas subterráneas de alta tensión, que se conectará a través de un Órgano de Corte de Red (de aquí en adelante OCR), que se cederá a la compañía distribuidora. Para la conexión a red se utilizará un apoyo de función alineación-amarre, doble entronque aéreo-subterráneo, del tipo C-1000-12, para realizar la entrada-salida de la línea aérea, mediante una línea subterránea de alta tensión a 15 kV en doble circuito, que une el CT con el apoyo.

### 1.3 PETICIONARIO

- Nombre del Titular: **UNIVERGY ES SPC 43 SL**
- CIF: **B-8630231**
- Domicilio: Calle Serrano, Nº 41, puerta 7 derecha, Madrid 28001
- Representante: D. Ignacio Javier Blanco Cuesta, NIF: 12.762.477-F

### 1.4 SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

La instalación fotovoltaica objeto de este proyecto se ubicará en **Polígono 19, parcela 740**, del Término Municipal de **Llucmajor (Islas Baleares)**. La referencia catastral es 07031A019007400000EF.

PARÁMETROS DEL PROYECTO	
Coordenadas UTM ETRS89 zona 30N	X: 494658 m Y: 4 368 373 m
Municipio /Provincia	Llucmajor (Islas Baleares)
País	España

*Tabla 1. Datos geográficos del lugar*

El suelo en el que se encuentra ubicado el presente proyecto es rústico permitiéndose el uso para albergar actividades de venta de energía.

SUPERFICIES	
Superficie parcela (ha)	2,11
Superficie de vallado (ha) de la parcela: 07031A019007400000EF	1,63
Superficie de vallado total (ha)	1,63
Superficie módulos (m <sup>2</sup> )	6088

*Tabla 2. Superficies de la parcela y el vallado*

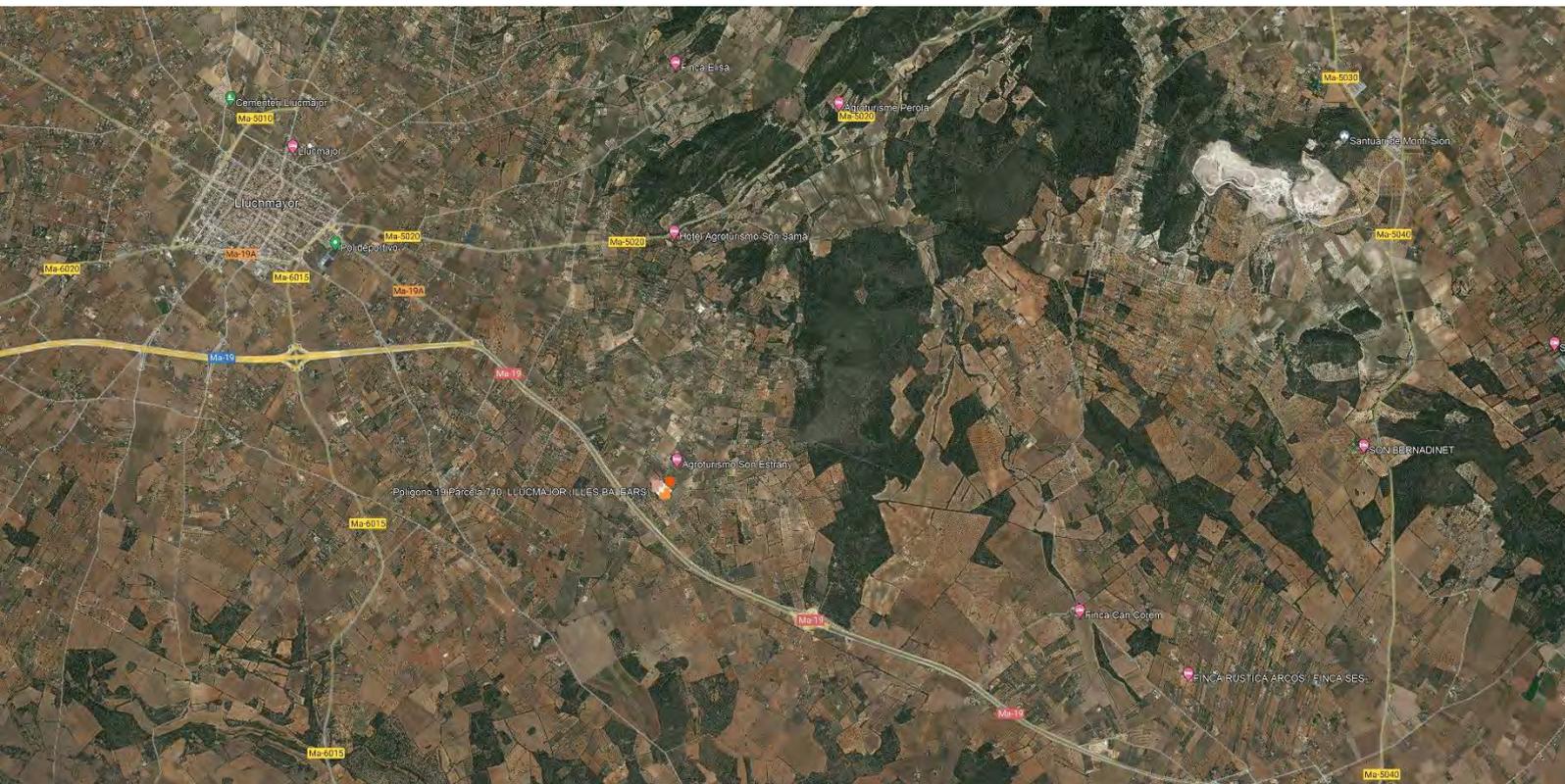


Imagen 1. Localización del proyecto

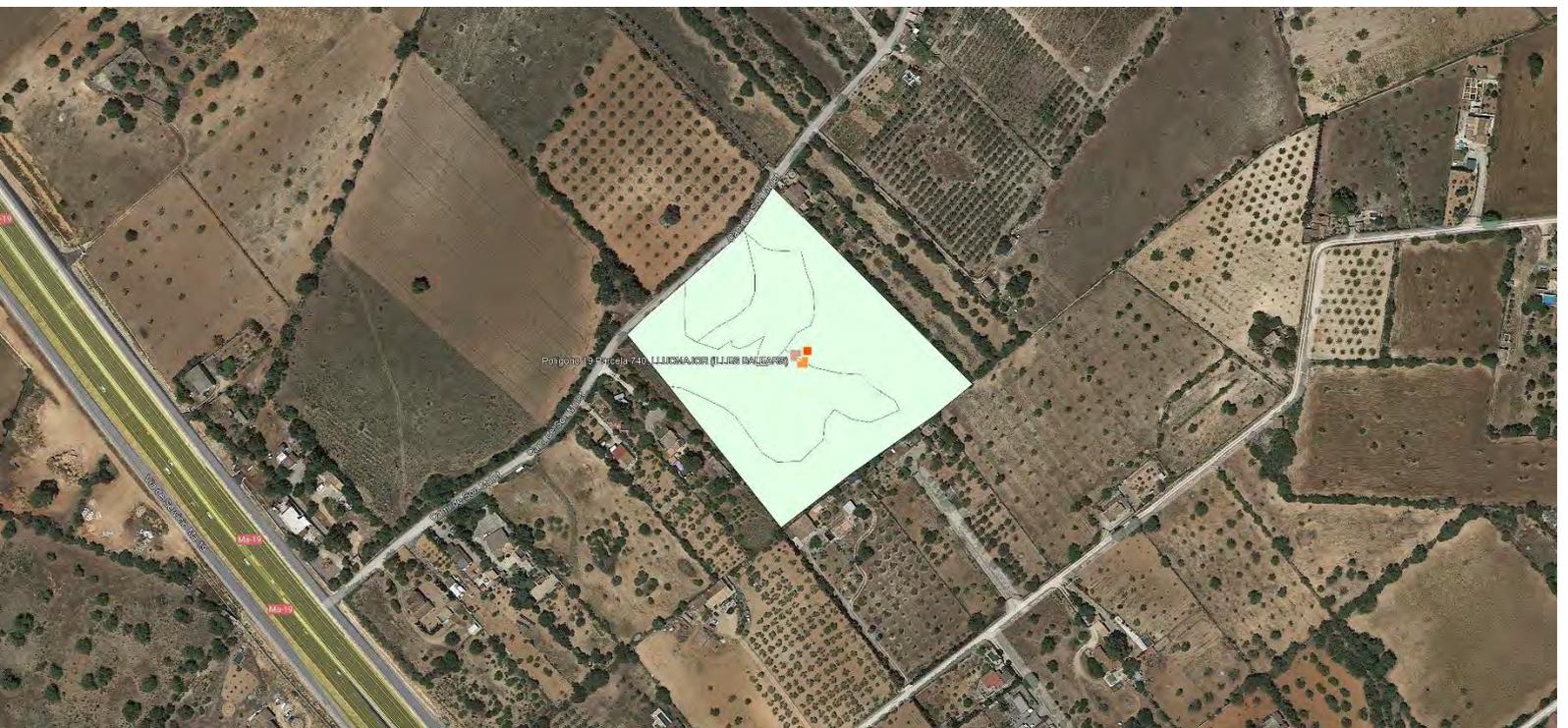


Imagen 2. Emplazamiento del proyecto

## 1.5 AUTOR DEL PROYECTO

El siguiente proyecto es redactado por **D. Ginés Martínez Pérez**, Ingeniero Técnico Industrial, con número de colegiado 1280, del colegio oficial de graduados e ingenieros técnicos de Albacete.

La empresa redactora del proyecto es **UNIVERGY INTERNATIONAL, S.L.**

Teléfono de contacto: +34 967 25 70 33

Dirección: Avda. de la Guardia Civil, Nº 48, 02005 Albacete.

web: [www.univergysolar.com](http://www.univergysolar.com)

## 1.6 CÓDIGO DE ACTIVIDAD

La actividad es la de producción de energía eléctrica.

Código de actividad CNAE: 3519-Producción de energía eléctrica de otros tipos.

## 1.7 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ACTIVIDAD

El objeto de la actividad es el de generación de energía eléctrica mediante fuentes de energía renovable, en este caso mediante la tecnología solar fotovoltaica que absorbe la energía producida por el sol y la transforma en energía eléctrica para evacuación a la red de distribución de la compañía distribuidora.

El suelo en el que se encuentra ubicado el presente proyecto es de **clase rústico**, su uso principal es **agrario**, permitiéndose el uso para albergar actividades de venta de energía.

La parcela ha sido vallada para proteger los equipos que componen las instalaciones fotovoltaicas. Se ha realizado un vallado perimetral a una distancia mínima de 5 m. del borde del camino. Se ha instalado una puerta de entrada a la parcela, esta puerta está igualmente situada a 5 m. como mínimo del borde del camino. También se han realizado caminos de servicio para el futuro mantenimiento de las instalaciones.

La instalación dispone de los siguientes servicios:

- Centro de transformación y medida
- Caminos de servicio
- Soportes de las placas fotovoltaicas
- Valla

### 1.7.1 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

La instalación fotovoltaica se compone de 1960 módulos BIFACIALES, TRINA modelo TSM660-DEG21 C.20, conectados a 4 inversores con 70 strings, donde cada serie está compuesta de 28 módulos. Los inversores, elementos encargados de transformar la corriente continua en corriente alterna, son 4 HUAWEI SUN2000-330KTL-H1. La instalación cumple y dispone de todos los elementos de medida y protección necesarios para el correcto funcionamiento conforme a lo descrito en el Reglamento electrotécnico de baja tensión (REAL DECRETO 842/2002) y Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad e instalaciones eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias (RD 337/2014). Existe un elemento de

transformación para elevar la corriente de baja tensión (800 V) a alta tensión (15 kV) y evacuar la electricidad generada.

### 1.7.2 INSTALACIÓN ELÉCTRICA.

La línea eléctrica de evacuación de 15kV de la instalación solar fotovoltaica "SON MULET", discurrirá desde la salida del centro de transformación de 1320,00 KVA, en forma subterránea, hasta el apoyo con OCR que conecta la planta con la línea M.T. LANDA perteneciente a la SET LLUCMAJOR

Se dota la instalación de una red en baja tensión en alterna para conexionado de inversores a centro de transformación y de redes de baja tensión en corriente continua para conexión de módulos a inversores.

Toda la instalación estará dotada de conductor de tierra para protección tanto de equipos como de personas.

La ejecución de esta instalación se realizará conforme a planos y según el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, Normas de la compañía suministradora, reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación y demás normas vigentes.

### 1.7.3 ACTUACIONES

Es una parcela con acceso desde un camino, comunicado a su vez con EL Cami de Son Mulet, y está situada en suelo rústico cuyo uso principal es agrario.

Se colocarán los módulos fotovoltaicos sobre mesa fija, separados a una distancia de 3,95 m libre entre ellas. Se colocará un total de 1960 módulos. Los inversores se situarán directamente sobre su estructura.

La dimensión del centro de transformación viene reflejada en los planos.

También se construirá un camino de servicio para acceder a todos los equipos. El camino se realizará con el terreno existente escarificado y recom pactado.

Toda la zona donde se ubican las estructuras con las placas solares, los centros de transformación y los inversores ha sido vallada para protegerlos de posibles daños y evitar la entrada a la zona de toda persona ajena a ella. El recorrido de este vallado se realiza según planos.

### 1.7.4 RESIDUOS SÓLIDOS.

Durante el desarrollo de la actividad los únicos residuos que se producirán será el aceite de los Centros de transformación, el cual será retirado por una empresa autorizada encargada del mantenimiento de los mismos.

### 1.7.5 RUIDOS Y VIBRACIONES

Los ruidos y vibraciones se concentrarán en la fase de construcción, ligados a la maquinaria.

Durante la fase de funcionamiento únicamente podrán percibirse ruidos procedentes del centro de transformación.

El ruido transmitido a las parcelas contiguas es inferior a 60 dB, tal y como se justifica en 9.2 RUIDOS Y VIBRACIONES.

### 1.7.6 COMBUSTIBLE

No procede. La energía necesaria para el funcionamiento de la planta proviene de la energía eléctrica generada a partir del recurso del sol.

### 1.7.7 PINTURA

No procede. Los equipos vienen pintados de fabrica

### 1.7.8 RENOVACIÓN DE AIRE

No procede. La instalación estará situada al aire libre.

## 2 PLAZO DE EJECUCIÓN DE OBRA

La puesta en marcha de las instalaciones recogidas, en este proyecto, se estima en 12 meses, una vez se tengan todas las autorizaciones necesarias.

## 3 NORMATIVA Y REGLAMENTACIÓN

**REAL DECRETO 1955/2000**, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica

**REAL DECRETO 842/2002**, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.

**REAL DECRETO 337/2014**, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas complementarias.

**REAL DECRETO 314/2006**, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.

**REAL DECRETO 413/2014**, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.

**REAL DECRETO 1627/1997**, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las obras de construcción.

**REAL DECRETO 485/1997**, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.

**REAL DECRETO 773/1997**, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

**REAL DECRETO 1215/1997**, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

**REAL DECRETO LEGISLATIVO 1/2016**, de 16 de diciembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de prevención y control integrados de la contaminación.

**REAL DECRETO 1110/2007**, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.

**REAL DECRETO-LEY 7/2006**, de 23 de junio, por el que se adoptan medidas urgentes en el sector energético.

**REAL DECRETO 223/2008**, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias

**LEY 54/1997** de 27 de noviembre del Sector Eléctrico.

**LEY 15/2012**, de 27 de diciembre, de medidas fiscales para la sostenibilidad energética

**LEY 31/1995**, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales.

**LEY 34/2007**, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera.

**LEY 82/1980 de 30/12**, sobre conservación de la energía.

**ORDEN DE 5 DE SEPTIEMBRE DE 1985** por la que se establecen normas administrativas y técnicas para funcionamiento y conexión a las redes eléctricas de centrales hidroeléctricas de hasta 5.000 KVA y centrales de autogeneración eléctrica.

**DECRETO 1432/2008, de 29 de agosto**, por el que se establecen medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y la electrocución en líneas eléctricas de alta tensión.

Normas UNE de aplicación:

De carácter general:

**UNE-EN 61194:1997**, parámetros característicos de los sistemas fotovoltaicos

**UNE-EN 61725:1998**, Expresión analítica para los perfiles solares diarios.

**UNE-EN 61277:2000**, Sistemas fotovoltaicos terrestres generadores de potencia. Generalidades y guía.

**UNE-EN 61724:2000**, Monitorización de sistemas fotovoltaicos. Guías para la medida, el intercambio de datos y el análisis.

**UNE-EN ISO 9488:2001**, Energía solar. Vocabulario

## **4 CONTENIDO DEL PROYECTO**

El contenido del proyecto consta de los siguientes documentos:

- DOCUMENTO Nº 1: MEMORIA TÉCNICA. En este documento se describe toda la obra a realizar, así como los equipos e instalaciones que componen la planta fotovoltaica.
- DOCUMENTO Nº 2: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS Y DATA SHEET. En este documento se describen los cálculos eléctricos y solares de la instalación. Y se adjuntan las hojas técnicas de los equipos utilizados en la instalación.
- DOCUMENTO Nº 3: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD. En este documento se evalúan los riesgos de la obra y describen las medidas de seguridad adoptadas para proteger a las personas
- DOCUMENTO Nº4: PLIEGO DE CONDICIONES. En este documento se describen las obras y se regulará su ejecución, con expresión de la forma en que ésta se llevará a cabo, las obligaciones de orden técnico que correspondan al contratista, y la manera en que se llevará a cabo la medición de las unidades ejecutadas y el control de calidad de los materiales empleados y del proceso de ejecución.
- DOCUMENTO Nº 5: PRESUPUESTO. En este documento se recoge el precio de todos los elementos y acciones que conforman el presente proyecto.
- DOCUMENTO Nº 6: PLANOS. Este documento se compone de los planos de conjunto

y de detalle de la instalación con suficiente detalle para que quede claro la obra que se pretende instalar

- DOCUMENTO N.º 7: MEDIDAS Y CONDICIONANTES PARA INSTALACIONES FV, SEGÚN ANEXO F DEL PLAN DIRECTOR SECTORIAL ENERGÉTICO DE LAS ISLA BALEARES.

## 5 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA (BT)

El campo fotovoltaico se compone de módulos bifaciales Trina Solar TSM660-DEG21.C20, que producen electricidad en corriente continua y ésta es transformada en alterna mediante inversores HUAWEI modelo SUN2000-330KTL-H1.

Los módulos se conectan en serie formando **70 strings**.

La siguiente tabla muestra las características principales de la instalación.

CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO FOTOVOLTAICO	
FV Potencia Pico módulos (CC)	1.240.000 W
FV Potencia Pico módulos (Ganancia bifacialidad)* (ver nota 1)	1.383.760 W
Potencia máxima (nominal) de los inversores (CA)_POTENCIA LIMITADA** (ver nota 2)	4 x 249.750= 999.000 W
Potencia instalada	999.000 W
Módulos Fotovoltaicos	Trina Solar TSM660-DEG21.C2, bifacial
N. de módulos	1960
Strings en paralelo por cada inversor	Inversores 1 al 2: 18 strings Inversores 3 al 4: 17 strings
Nº. de módulos en serie	28 módulos
Nº de inversores y modelo	4 x HUAWEI SUN2000-330KTL-H1

**Tabla 3. Características principales del campo fotovoltaico**

\*Nota 1: 10% irradiancia con respecto a condiciones STC

\*\*Nota 2: La potencia de salida de los inversores se limita de fabrica por la empresa fabricante del equipo.

### 5.1 OBRA CIVIL.

#### 5.1.1 Preparación del terreno

El terreno es completamente llano, por lo que no es necesaria la adaptación del mismo para realizar la instalación. Se han minimizado los movimientos de tierras respetando la topografía existente, atendiendo especialmente al encuentro con los terrenos colindantes. La disposición de los módulos ha sido adaptada a las pendientes de la parcela, no generándose en ningún caso aterrazamientos ni construcción de plataformas que supondrían una gran alteración del paisaje.

Para la ejecución de la planta, de la forma menos invasiva posible, se limitarán los desbroces, la retirada de tierra vegetal y las afecciones al suelo, a los puntos de instalación de los colectores de energía, centros de transformadores, edificios, caminos y apertura de zanjas para líneas

eléctricas. Se distribuirá la tierra vegetal sobrante por el resto de la parcela, como mejora del terreno.

Se asegurará el mantenimiento del suelo original, la tierra vegetal y las especies herbáceas en las zonas de los paneles y bajo los mismos.

No se pavimentará el suelo, en general. En aquellos puntos donde resulte imprescindible pavimentar, como es el caso del Centro de transformación se evitará el sellado del terreno, utilizando para ello materiales permeables para la acera perimetral de 1.20m. Además, se evita la compactación de los suelos, limitando la circulación a los caminos de acceso.

Debido al gran radio de giro del camión necesario en el proceso de obra de la instalación y para asegurar una buena circulación interna se ha escogido el acceso a la parcela en el punto zona 31: 49558,6443; 4368392,3162, para ello será necesario retirar parte del muro de piedra en seco existente. El uso de este acceso será destinado exclusivamente a la instalación y mantenimiento de la planta, por ello, después de su vida útil se reconstruirá con los materiales originales que se almacenarán dentro de la parcela.

### 5.1.2 Estructura de montaje de los módulos fotovoltaicos

Se propone una estructura estática que permita colocar dos filas de módulos en posición vertical, ya que se ha comprobado que este tipo de montaje puede reducir los costos de montaje.

El sistema ha sido especialmente diseñado para parques solares donde el montaje rápido y el ahorro de tierra son aspectos determinantes. El sistema se caracteriza por su versatilidad, fiabilidad y fácil instalación. Los paneles fotovoltaicos van instalados en la propia estructura.

Dicha estructura se clava en el suelo mediante hinca directa en el suelo, sin cimentaciones, lo cual permite una fácil adaptación a terrenos que no sean totalmente planos. La profundidad a la que se clavan las hincas depende de las características del terreno y se calcula después de realizar las correspondientes comprobaciones in-situ. Obviamente, en el caso de roca, la profundidad de la cimentación es mucho menor.

La tornillería de la estructura será de acero galvanizado o inoxidable para prevenir y evitar oxidación. La de fijación de módulos estará, sin embargo, realizada en acero inoxidable. El modelo de fijación garantizará las dilataciones térmicas necesarias, sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los módulos. Como elementos de unión entre paneles se emplearán unas pletinas/grapas de fijación metálicas.

La fijación al terreno se realizará según las recomendaciones establecidas en el estudio geotécnico. Para un terreno medio, la estructura irá hincada directamente al terreno, salvo que las características del terreno no lo permitan u obliguen a adaptar otro tipo de cimentación alternativa. La cimentación de la estructura ha de resistir los esfuerzos derivados de:

- Sobrecargas del viento en cualquier dirección
- Peso propio de la estructura y módulos soportados
- Sobrecargas de nieve sobre la superficie de los módulos
- Solicitaciones por sismo según la normativa

La estructura soporte metálica de los paneles fotovoltaicos será conectada al sistema de puesta a tierra construido.

### 5.1.3 Canalizaciones

Las zanjas para el tendido de los cables ha de ser de la anchura suficiente para permitir el trabajo de un hombre, salvo que el tendido se haga por medios mecánicos. Sobre el fondo de la zanja

se colocará una capa de arena o material de características equivalentes de espesor mínimo 0,05 m y exenta de cuerpos extraños. Los laterales de la zanja han de ser compactos y no deben desprender piedras o tierra. La zanja se protegerá con estribas u otros medios para asegurar su estabilidad, conforme a la normativa de riesgos laborales. Por encima del cable se dispondrá otra capa de 0,1 m de espesor que podrá ser de arena o material con características equivalentes.

Para proteger el cable frente a excavaciones, estos deben de tener una protección mecánica que en las condiciones de instalación soporte un impacto puntual de una energía de 20 J y que cubra la proyección en planta de los cables, así como una cinta de señalización que advierta de la existencia del cableado. Se admitirá también la colocación de placas con doble misión de protección mecánica y de señalización.

Las canalizaciones de baja tensión serán enterradas bajo tubo conforme a las especificaciones del apartado 1.2.4. de la ITC-BT-21. No instalándose más de un circuito por tubo.

Se evitarán, en lo posible, los cambios de dirección de los tubos. En los puntos donde se produzcan y para facilitar la manipulación de los cables, se dispondrán arquetas con tapa, registrables o no. Para facilitar el tendido de los cables, en los tramos rectos se instalarán arquetas intermedias como máximo cada 40 m. Esta distancia podrá variarse en función de cruces o derivaciones. A la entrada en las arquetas, los tubos deberán quedar debidamente sellados en sus extremos para evitar la entrada de roedores y de agua.

#### 5.1.4 Viales internos

Se dispondrá de un camino perimetral para permitir el paso a la hora de realizar labores de operación y mantenimiento, así como el paso de vehículos y acceso a las instalaciones colindantes con un ancho de 3,50 m. Las distancias existentes entre los módulos y el camino perimetral serán como mínimo de 0,5 m.

#### 5.1.5 Vallado

Se realizará un vallado parcial de la parcela, vallando la zona donde se sitúa la instalación, con el objeto de proteger los equipos e impedir la entrada de personas ajenas a la instalación. La valla tendrá una longitud total de 513 m y una altura de 2 m. Estará formada por malla metálica de simple torsión de alambre galvanizado.

El vallado se compone de postes tubulares con tapón metálico, protección de aguas, orejetas y ganchos soldados a postes para sujeción de la tela metálica. Tanto los postes como la tela serán galvanizados por inmersión en caliente para asegurar la estabilidad en condiciones atmosféricas adversas.

Se prevé la colocación de, al menos, una puerta de doble hoja de simple torsión que permita la entrada de material y personas a la instalación una vez vallado la parcela.

## 5.2 EQUIPOS

### 5.2.1 Módulos fotovoltaicos

#### 5.2.1.1 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

##### Descripción

El tipo de panel elegido para esta instalación es del fabricante TRINA, modelo TSM660-DEG21C.20, bifacial de potencia 660 W. Se han elegido estos paneles por sus características técnicas y su excelente rendimiento. Se ha dimensionado la planta solar con un total de 1.960 módulos.

**Tabla 4. Características módulos fotovoltaicos**

#### **CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS**

<b>Condiciones</b>	<b>STC</b>	<b>10% Relación de Irradiancia</b>
Potencia máxima (W)	660	706
Tensión de funcionamiento óptimo Vmp (V)	38,10	38,1
Corriente de funcionamiento óptimo Imp (A)	17,35	18,56
Tensión de circuito abierto Voc (V)	45,90	45,9
Corriente de cortocircuito Isc (A)	18,42	19,74
Eficiencia del módulo (%)		21,2
Temperatura de funcionamiento (°C)		-40, +85
Tensión máxima del sistema (V)		1500 V
Capacidad máxima de los fusibles (A)		35
Tolerancia de potencia (W)		0, +3 %

#### **CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS**

Tipo de célula	Monocrystalina
Distribución de las células	120
Dimensiones del módulo (mm)	2384×1303×35
Peso (kg)	38,7
Cubierta frontal	2,0 mm, alta transmisión, vidrio reforzado con calor revestido AR
Cubierta trasera	2,0 mm, vidrio termoendurecido (vidrio de rejilla blanca)
Marco	35 mm, Aleación de aluminio anodizado
Caja de conexiones	IP68
Cable	Cable de tecnología fotovoltaica de 4.0 mm <sup>2</sup> , Retrato: 280/280 mm Paisaje: 1400/1400 mm
Conector	MC4 EVO2 / TS4

### **CARACTERÍSTICAS DE TEMPERATURA**

Coeficiente de temperatura de Pmax	-0,34%/°C
Coeficiente de temperatura de Voc	-0,25%/°C
Coeficiente de temperatura de Isc	0,04%/°C
Temperatura de operación nominal de la célula (NOCT)	43 ± 2°C

#### 5.2.1.2 CONFIGURACIÓN DE LA CONEXIÓN DE LOS MÓDULOS

La configuración de conexión entre los paneles y entre estos y el inversor, se ha determinado considerando tanto las características eléctricas de los módulos como de los inversores. Los parámetros que se han tenido en cuenta son:

- Tensiones máxima y mínima del panel en función de la temperatura.
- Rango de tensión operativo para MPPT del inversor.
- Tensión máxima soportada por el panel.
- Tensión máxima soportada por los inversores.
- Intensidad de cortocircuito del panel.
- Máxima intensidad soportada por el inversor.
- Potencia pico del panel.
- Máxima potencia soportada por el inversor.

Se van a realizar enseriados con 28 módulos en serie. En la siguiente tabla se describe el tipo de configuración:

**Tabla 5. Características de strings**

<b>Nº MÓDULOS EN SERIE</b>	<b>28</b>
Nº TOTAL DE STRINGS	70
Potencia (W)	18 480
Imp a 25 °C (A)	18,56
Vmp a 25 °C (V)	1066,80
Vmp mínima a 60 °C (V)	954,35
Voc máxima a -10 °C (V)	1399,44

#### 5.2.1.3 ORIENTACIÓN DE LOS MÓDULOS.

La altitud de la instalación será la siguiente: 151 m

Base de datos de radiación solar empleada: Meteonorm

La estructura tendrá una orientación N-S.

#### 5.2.1.4 ANÁLISIS DE SOMBRAS.

- Tipos de sombras

Distinguimos entre sombras temporales y debidas a la situación.

##### **Sombras temporales:**

Son por nieve, hojas de los árboles, excrementos de aves, polvo, etc. Las pérdidas de rendimiento de los paneles por estas razones, no se han de menospreciar y, por tanto, deberá hacerse limpieza periódica o en función de una vigilancia visual. La limpieza está prevista mediante agua a temperatura ambiente y con ayuda de esponja. Es necesario evitar la utilización de herramientas que puedan rallar el vidrio y tampoco se ha de limpiar en seco por el mismo motivo.

##### **Sombras por situación**

Se producen por elementos del alrededor tales como árboles, edificios y barreras naturales que tapen el sol en algún momento del día. En el caso que nos ocupa no hay ningún tipo de barrera que proyecte sombras sobre la instalación.

- Sombras producidas por la propia instalación. Diagrama de trayectoria solar.

#### 5.2.2 INVERSORES DE RED

El inversor es el equipo encargado de transformar la corriente eléctrica generada y regularla para su inyección a red.

Para el control de la potencia generada se utilizará la solución de HUAWEI, utilizando 4 inversores HUAWEI SUN2000-330KTL-H1, con potencia limitada de fábrica a 249,75 kW.

Las características técnicas de los inversores a instalar son las siguientes:

**Tabla 6. Características técnicas de los inversores**

<b>MODELO DE INVERSOR</b>	<b>SUN2000-330KTL-H1</b>
<b>VALORES DE ENTRADA (DC)</b>	
Tensión máxima de entrada (Vdc)	1500 V
Rango de tensión MPPT	500 – 1500 V
Corriente máxima por MPPT	65 A
Nº de Entradas	28
Nº de MPPTs	6
<b>VALORES DE SALIDA (AC)</b>	
Potencia nominal limitada de fábrica	249,75 kW
Máx. temperatura a potencia nominal	40 °C
Corriente máxima de salida	238,2 A
Tensión nominal	800 V
Frecuencia nominal	50 / 60 Hz
Factor de Potencia	-

Factor de Potencia ajustable	0,8 LG ... 0,8 LD
Distorsión armónica total TDH	< 3%
<b>RENDIMIENTO</b>	
Eficiencia máxima	99,00%
Eficiencia europea	98,8%
<b>DATOS GENERALES</b>	
Dimensiones (alto/ancho/profundo)	1048 x 732 x 395 mm
Peso	≤ 108 kg
Sistema de refrigeración	Ventilación inteligente
Caudal de aire	-
Consumo en standby	-
Consumo nocturno	-
Temperatura de funcionamiento	-25 °C a 60 °C
Humedad relativa (sin condensación)	0 -100%
Grado de protección	IP66
Interruptor diferencial	-
Altitud máxima	4000 m
Conexión	CA: Conector resistente al agua + Terminal OT/DT CC: Staubli MC4 EVO2

### 5.3 CABLEADO DE DC Y AC

Para el cableado se tendrá en cuenta lo establecido en la ITC-BT-40, y la tabla 52-B2 de la norma UNE 20460-5-523.

#### 5.3.1 Cableado de corriente continua

Todos los cables están fabricados en cobre y aluminio. La sección de los cables permite que la caída de tensión entre los módulos fotovoltaicos y el inversor sea inferior al 1,5% y, por lo tanto, la pérdida de potencia debido al cableado será inferior al 1,5%.

Sin perjuicio de esta norma, las secciones mínimas de los cables son las siguientes:

- Cableado entre módulos: se harán con el propio cable incluido en el módulo.
- Cableado entre los módulos terminales y el inversor: 1 x 6/10 mm<sup>2</sup> Cu

Los cables utilizados cumplen con la normativa vigente en cuanto a aislamiento y grado de protección. En particular poseen aislamiento mayor de 1000V y son de doble aislamiento (clase II).

Los cables utilizados para la interconexión de los módulos FV estarán protegidos contra la degradación por efecto de la intemperie: radiación solar, UV y condiciones ambientales de elevada temperatura: PV-ZZ-F Cu

El cableado de los string con los inversores se efectúa mediante cable flexible y de longitud adecuada para que no exista peligro de cizalladura.

Los cableados estarán debidamente etiquetados de acuerdo con los esquemas eléctricos.

Para el conexionado entre líneas eléctricas, se utilizarán los conectores tipo MC-4, con un índice de protección mínimo de IP-65 y carcasa de poliamida resistente a impactos

En el plano de planta de instalación eléctrica de DC y en el plano del esquema unifilar que se adjuntan, se puede ver todas las secciones y protecciones de las líneas.

En el anexo de cálculo se describen la forma de calcular estas líneas y los resultados de caída de tensión obtenida.

### 5.3.2 Cableado de corriente alterna

Este cable será de aluminio con aislamiento de poliolefina, tipo XZ1(S) Al.

El cable utilizado para la conexión en alterna a la salida de los inversores será de aluminio con aislamiento de poliolefina: 0,6/1kV, XZ1(S) Al

La sección mínima de los cables serán las siguientes:

- Entre inversores y transformador: 3x150/240 mm<sup>2</sup> Al

La sección de los cables permite que la caída de tensión entre los módulos fotovoltaicos y el inversor sea inferior al 1,5% y, por lo tanto, la pérdida de potencia debido al cableado será inferior al 1,5%.

En el anexo de cálculo se describen la forma de calcular estas líneas.

## 5.4 PROTECCIONES

Las protecciones de la instalación se dimensionarán según la normativa. Se dispondrá un cuadro general de protección a la salida de la instalación y se equiparán en la instalación las medidas de protección contra cortocircuitos, derivaciones CC, sobretensiones, subtensiones, sobrefrecuencias y subfrecuencias, contactos directos e indirectos; así como la puesta a tierra según la normativa R.D. 842/2002 de 2 de agosto y R.D. RD 337/2014 de 9 de mayo por los que se articulan los reglamentos electrotécnicos de baja y alta tensión.

En el plano de esquema unifilar se pueden ver todas las protecciones calculadas.

### 5.4.1 Protecciones del inversor

Cada inversor estará protegido por un fusible de 250 A en el cuadro de BT a la entrada del centro de transformación compacto.

### 5.4.2 Protecciones contra cortocircuitos y derivaciones cc

El inversor va equipado con un dispositivo de vigilancia de aislamiento en el parque fotovoltaico al que está conectado. En caso de fallo de aislamiento, el inversor desconectará la conexión del generador.

### 5.4.3 Protección contra sobretensiones y subtensiones

El inversor dispone de protecciones contra sobretensiones de la red según exigencias reglamentarias. En tal caso, el inversor desconectará el generador fotovoltaico de la red, hasta que las condiciones vuelvan a ser las adecuadas.

El inversor ha de cumplir la norma UNE-EN 61000-4-5:2015 sobre protección contra sobretensiones.

Las protecciones del inversor por tensión desconectarán la instalación de la red según lo especificado en ITC-BT-40 apartado 7, de manera que:

- El relé de mínima tensión desconectará en un tiempo inferior a 0,5 segundos, a partir de que la tensión llegue al 85 % de su valor nominal.
- El relé de máxima tensión desconectará en un tiempo inferior a 0,5 segundos, a partir de que la tensión llegue al 110% de su valor nominal.

Además, el inversor desconectará la instalación generadora de la red en caso de ausencia de tensión.

#### 5.4.4 Protección contra sobrefrecuencias y subfrecuencias

El inversor dispondrá de protecciones contra sub y sobrefrecuencias según las exigencias reglamentarias. En tal caso, el inversor desconectará el generador fotovoltaico de la red, hasta que las condiciones vuelvan a ser las adecuadas.

Las protecciones del inversor por frecuencia desconectaran la instalación de la red según lo especificado en la ITC-BT-40 apartado 7, de manera que:

- El relé de frecuencia actuará cuando la frecuencia sea inferior a 49 Hz o superior a 51 Hz por más de 5 ciclos.

#### 5.4.5 Protección contra contactos directos e indirectos

Contra los contactos directos se han considerado las siguientes medidas en toda la instalación tanto de corriente continua como de corriente alterna:

- Protección por aislamiento de las partes activas
- Protección por medio de barreras y envolventes.
- Protección por medio de obstáculos
- Protección por alejamiento.

Como medidas complementarias, se utilizarán diferenciales de sensibilidad de 300 mA en los circuitos de corriente alterna. En los circuitos de corriente continua se utiliza principalmente el aislamiento de las partes activas y la vigilancia de este que, si fallase, provocaría la desconexión del circuito afectado y el aviso del personal responsable.

## 5.5 PUESTA A TIERRA

La instalación contra rayos y puesta a tierra se construirá según normas y reglas VDE y DIN, aplicando piezas de construcción según normas DIN48801 hasta 48852. Se dejará completa y lista para el servicio.

Además de todas estas medidas de protección se tomarán todas aquellas medidas que sean necesarias encaminadas a hacer la instalación intrínsecamente segura contra el daño de las personas y a los equipos que la componen, se contará con las protecciones que incorporan los inversores fotovoltaicos para conexión a red. Los fabricantes de estos equipos cumplirán con las normativas europeas vigentes

Se unirán al sistema de tierras las partes metálicas de las estructuras, así como las carcasas de los inversores y todos los elementos metálicos con posibilidad de entrar en contacto con partes activas de la instalación. Esta red de tierras será independiente de la tierra del neutro del

transformador, así como de la de protección del centro de transformación. La descripción de la red de tierras es la siguiente:

- Se tratará de un cable de cobre desnudo, de 50 mm<sup>2</sup> de sección, el cual discurrirá siguiendo el trazado de las zanjas de corriente continua. Se instalará a una profundidad mínima de 80 cm sobre la rasante. A este cable se conectarán, en diferentes puntos y mediante cable aislado de las mismas características indicadas, las estructuras soportes de los módulos, así como todos los elementos metálicos con posibilidad de entrar en contacto con partes activas de la instalación.
- En el centro de transformación, se dispondrá de una arqueta de verificación de tierras.

## 5.6 SISTEMA DE MONITORIZACIÓN

El sistema de control y monitorización de la instalación debe mostrar y almacenar una serie de datos relacionados con el estado de la instalación en cualquier momento.

Está dividido en tres subsistemas principales:

- Subsistema de adquisición: Está formado por los elementos que reciben los valores de cada una de las variables a medir y las transforman en señales de tensión (rango mV) o de intensidad (rango mA).
- Subsistema de transmisión: Está formado por los elementos de conexión entre el subsistema de adquisición y el equipo donde se va a realizar el tratamiento de los datos adquiridos. Esta conexión puede ser local (vía RS-485 o bien onda portadora) o remota (vía módem).
- Subsistema de tratamiento de la información: Estará formado por el equipo PC que recibirá vía local o remota la información procedente del subsistema de adquisición.

La colocación de los contadores estará de acuerdo con el R.E.B.T. Los puestos de los contadores estarán señalizados de forma indeleble, de manera que la asignación al titular de la instalación quede patente sin lugar a confusión. Además, estará indicado si se trata de un contador de entrada de energía procedente de la empresa distribuidora o de un contador de salida de energía de la instalación fotovoltaica. Los contadores estarán ajustados a la normativa metrológica vigente.

Las características del equipo de medida de salida serán tales que la intensidad correspondiente a la potencia nominal de la instalación fotovoltaica se encuentre entre el 50 por 100 de la intensidad nominal y la intensidad máxima de precisión de dicho equipo.

## 5.7 SERVICIOS AUXILIARES DE LA PSFV

Los servicios auxiliares del Centro de transformación y de la planta solar fotovoltaica (alumbrado) estarán atendidos necesariamente por dos subsistemas de tensión (AC y DC), entre otros sistemas servirán para alimentar los sistemas de control, protección y medida.

Se va a instalar un transformador de 10 kVA para la alimentación exclusiva de los SS.AA. CS, CPyM, CT y PSFV, (iluminación, sistema de monitorización, etc.).

Para la canalización de los cables de B.T. dentro del CT se utilizarán bandejas metálicas, estarán ancladas a la pared o al techo mediante los soportes adecuados. La conexión desde la bandeja de cada equipo se realizará mediante tubo corrugado.

- Potencia total instalada:

LÍNEA EXTRACCIÓN	600 W
LÍNEA RESISTENCIA CALEFACCIÓN	700 W
LÍNEA DISPARO CELDAS	50 W

ALUMB. CASETA	230 W
SAI (SIST. SEG.)	3100 W
MONITORIZACION	1500 W
CLIMATIZACIÓN	3000 W
RECTIFICADOR	200 W
<b>TOTAL....</b>	<b>9.380 W</b>

## **5.8 SISTEMAS DE MEDIDA**

La **medida de energía de la planta solar fotovoltaica** se realizará en una celda de medida de Alta tensión. La medida y facturación de esta instalación se realizará según lo dispuesto en el RD 1699/2011(ver apartado 7.3.3.).

Para la **medida de los servicios auxiliares**, se utilizará un contador normalizado por la compañía y cumplirá con la normativa vigente.

## 6 DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES DE ALTA TENSIÓN

La línea eléctrica de evacuación de 15 kV de la PSFV "SON MULET", discurrirá desde la salida del centro de transformación (CT) de 1.320 kVA, en forma subterránea, hasta el nuevo apoyo situado entre NODOS A655/J337 de la Línea M.T. LANDA perteneciente a la SET LLUCMAJOR a través de un OCR.

- CENTRO DE TRANSFORMACIÓN, DE 1.320 kVA

El Centro de Transformación compacto está compuesto por tres elementos; la caja de conexiones de cableado de corriente alterna procedente de inversores de 300 kW, el transformador de 1.320 kVA a 40º y las celdas de protección de trafo, la celda de medida y la celda de línea de alta tensión (15 kV). La refrigeración del transformador es natural aceite, de tensión primaria 800 V y tensión secundaria 15 kV en vacío (B2)

Ver punto 7.2. del proyecto.

### 6.1 LÍNEA AÉREA DE ALTA TENSIÓN

#### 6.1.1 EMPLAZAMIENTO

El nuevo apoyo a instalar donde se realiza el doble entronque aéreo-subterráneo, está ubicado en el polígono 19, parcela 765, Lluçmajor (Islas Baleares).

El nuevo apoyo se intercalará entre los nodos A655/J337, de la línea aérea de alta tensión 'M.T. LANDA'.

#### 6.1.2 PLAZO DE EJECUCIÓN

Se estima el plazo de ejecución de 7 días.

#### 6.1.3 DATOS GENERALES DE LA LÍNEA

- Tensión:	15 kV
- Categoría:	TERCERA
- Zona:	A
- Velocidad de viento considerada:	120 km/h
- Tipo de montaje:	Simple circuito
- N.º de conductores por fase:	1
- Frecuencia:	50 Hz

#### 6.1.4 POTENCIA A TRANSPORTAR

La máxima potencia a transportar limitada por la intensidad máxima es:

$$P_{\text{máx}} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_{\text{máx}} \cdot \cos \phi$$

como:  $I_{\text{máx}} = 317,24 \text{ A}$

tendremos que para un factor de potencia del 0,90 la potencia máxima que puede transportar la línea en función de la tensión nominal será:

Un: 15 kV, Pmáx: 6.594 kW

### 6.1.5 DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES

Se procederá a la instalación de un apoyo de celosía constituida por perfiles angulares de acero galvanizado con cables de Aluminio – Acero, denominado LA-110(94-AL1/22-ST1A). Una vez instalado el nuevo apoyo se procederá al retensado del conductor.

#### 6.1.5.1 APOYOS

Todos los apoyos utilizados en este proyecto serán metálicos y galvanizados en caliente.

Núm.	Función	Tipo torre	Comp. Dist. Entre cond. en el apoyo		Comp. Dist. Entre cond. En el vano (m)		Comprobación dist. A masa		
			Dist. Entre fases exigida mín.	Distancia exist. F-F	Dist. Entre fases exig. Vano anterior	Dist. Entre fases exig. Vano posterior	L. puente.	D1	D2
2	AL-AM	C-1000-12	0,82	1,39	0,34	0,82	1,32	1,24	0,52

#### 6.1.5.2 TRAZADO

Al consistir los trabajos en instalar un nuevo bajo en un vano existente no producirá ninguna longitud extra en la línea existente.

#### 6.1.5.3 TÉRMINOS MUNICIPALES AFECTADOS

Las líneas discurren dentro del término municipal de Lluçmajor (Islas Baleares), según se observa en los planos adjuntos a este proyecto.

#### 6.1.5.4 RELACIÓN DE CRUZAMIENTOS

No se presentan cruzamientos con líneas aéreas en el presente proyecto.

#### 6.1.5.5 RELACIÓN DE PARALELISMOS

No se presentan paralelismos con líneas aéreas en el presente proyecto.

#### 6.1.5.6 RELACIÓN DE PROPIETARIOS AFECTADOS

Se muestra a continuación una tabla indicando cada una de las parcelas por las que discurrirán las líneas de alta tensión, para posteriormente comunicar a los afectados la servidumbre de cada uno de los trazados:

PARCELAS AFECTADAS		
POLÍGONO	PARCELA	APOYOS COLOCADOS
19	765	1

#### 6.1.5.7 CARACTERÍSTICAS DEL CONDUCTOR

Los conductores que contempla este Proyecto son de Aluminio – Acero galvanizado de 54,6 mm<sup>2</sup> de sección, según Norma UNE-EN 50182, denominado LA-110(94-AL1/22-ST1A), cuyas características son:

Sección de aluminio

94,2 mm<sup>2</sup>

Sección de acero	22 mm <sup>2</sup>
Sección total	116,2 mm <sup>2</sup>
Composición	30 + 7
Diámetro de los alambres aluminio	2 mm
Diámetro de los alambres acero	2 mm
Diámetro aparente	14 mm
Carga mínima de rotura	4400 kg
Módulo de elasticidad	8200 daN/mm <sup>2</sup>
Coefficiente dilatación lineal	17,8 x 10 <sup>-6</sup> °C <sup>-1</sup> .
Masa aproximada	733Kg / Km
Resistencia eléctrica a 20°C	0,3066 Ohm/Km
Densidad de corriente máxima	2,73 A/mm <sup>2</sup>

#### 6.1.5.8 CARACTERÍSTICAS DE LOS AISLADORES

Para mantener el nivel de aislamiento mínimo exigido en el apdo. 2.3 de la ITC-LAT 07, se usará un aislador de composite tipo CS70YB30AV-1170 con las siguientes características:

- Material	Polimérico (Silicona HTV)
- Tensión nominal	30 kV
- Carga de rotura	7.000 daN
- Línea de fuga	1.350 mm
- Distancia de aislamiento	1.020 mm
- Tensión de contorneo bajo lluvia a 50 Hz durante un minuto.	95 kV eficaces
-Tensión de impulso rayo, valor cresta	215 kV
- Nivel de polución	'E' (muy fuerte)

#### 6.1.5.9 CARACTERÍSTICAS DE LOS APOYOS Y CRUCETAS

Todos los apoyos serán metálicos galvanizados por inmersión en caliente, de estructura soldada y atornillada. Tendrán la resistencia adecuada al esfuerzo que haya de soportar.

#### 6.1.5.10 PARARRAYOS AUTOVALVULAR

- Frecuencia asignada	50 Hz
- Tensión asignada	21 kV
- Tensión máxima servicio continuo	17 kV
- Utilización tensión de red	20 kV
- Corriente nominal de descarga	10 kA
- Clase de descarga de línea	1

#### 6.1.5.11 PLACAS DE SEÑALIZACIÓN, NUMERACIÓN, ANTIESCALOS Y POSAPIES

Todos los apoyos llevarán instalado una placa de señalización de riesgo eléctrico tipo CE 14, situada a una altura visible y legible desde el suelo, pero sin acceso directo desde el mismo, con

una distancia mínima de 2 metros. En las zonas frecuentadas o de pública concurrencia, se colocarán 2 placas.

Por otro lado, se numerarán los apoyos con pintura negra, de acuerdo con la que figura en el perfil de la Línea, y las cifras serán legibles desde el suelo.

Los apoyos ubicados en zonas frecuentadas o de pública concurrencia, presentarán una superficie lisa hasta una altura de 2 m. y se recubrirán al efecto, con chapas de acero galvanizado.

En los apoyos de maniobra llevarán posapies a una distancia de los elementos en tensión entre 3,30 y 3,80 m.

#### 6.1.5.12 PUESTA A TIERRA

El nuevo apoyo a instalar en el presente proyecto será considerado FRECUENTADO, ya que es previsible que una persona pueda estar cerca del apoyo un corto periodo de tiempo. Es por ello, que se instalará un mallazo electrosoldado con ello se consigue que la tensión de contacto en el apoyo sea nula, al encontrarse la persona al mismo potencial entre la parte del cuerpo que se encuentre en contacto con el apoyo y la parte del cuerpo que esté en contacto con la base de hormigón que cubrirá el mallazo electrosoldado. El mallazo electrosoldado con redondos de diámetro no superior a 4 mm formará una retícula no superior a 0,30 x 0,30 m, este mallazo tendrá como mínimo 0,10 m de hormigón por encima, con una pendiente del 4%. El borde de la acera equipotencial estará situado a 1,20 m de la cimentación, tal y como se indica en el plano de tierras en apoyos frecuentados.

## 6.2 LÍNEA SUBTERRÁNEA DE ALTA TENSIÓN.

En la instalación solar existen una línea subterránea de alta tensión

LSAT: Línea subterránea de interconexión entre el centro de transformación y el apoyo. La longitud total del trazado es de 155 m, usándose para ello conductor 3x95mm<sup>2</sup> RHZ1 12/20 H16.

### 6.2.1 POTENCIA MÁXIMA A TRANSPORTAR

Para obtener la potencia máxima a transportar se tiene en cuenta la instrucción complementaria ITC-LAT-06 del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.

La potencia máxima a transportar y los cálculos obtenidos se reflejan en el Documento Nº2: Cálculos Justificativos. El valor obtenido es de 5.196,15 kW, valor que es mayor que el de la potencia de la planta solar; de 999,00 kW.

### 6.2.2 DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES

#### 6.2.2.1 TRAZADO

➤ Tramo 1: Del Centro de Transformación al Apoyo.

La LSAT de 15 kV tiene su origen en la celda de línea del CT y finaliza en el OCR del apoyo, cuya canalización será enterrada bajo tubo.

El conductor a utilizar será del tipo HEPRZ1 12/20 kV, Al 3x(1x95) mm<sup>2</sup> H16, siendo la longitud de este trazado de 155 m.

#### 6.2.2.2 TÉRMINOS MUNICIPALES AFECTADOS

Las líneas discurren dentro del término municipal de Lluçmajor (Islas Baleares)

#### 6.2.2.3 RELACIÓN DE CRUZAMIENTOS

No se presentan cruzamientos en las líneas subterráneas del presente proyecto.

#### 6.2.2.4 RELACIÓN DE PARALELISMOS

No se presentan paralelismos en las líneas subterráneas del presente proyecto.

#### 6.2.2.5 RELACIÓN DE PROPIETARIOS AFECTADOS

Se muestra a continuación una tabla indicando cada una de las parcelas por las que discurrirán las líneas de alta tensión, para posteriormente comunicar a los afectados la servidumbre de cada uno de los trazados:

PARCELAS AFECTADAS				
LSAT	POLÍGONO	PARCELA	LONGITUD DE ZANJA (m)	SUPERFICIE SERVIDUMBRE (m <sup>2</sup> )
Nº 1	19	9810	239	119,5
Nº 2	19	765	25	12,5
TOTALES			264	132

### 6.2.3 CLASIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS

De acuerdo con el vigente Reglamento de líneas eléctricas de alta tensión, art 3, la línea se clasifica como de “TERCERA CATEGORÍA”.

Las principales características serán:

- Tensión nominal: 12/20 kV
- Tensión más elevada: 24 kV
- Tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo: 125 kV
- Tensión soportada de corta duración a frecuencia industrial (30 min): 50 kV

## 6.2.4 PUNTO DE CONEXIÓN

El punto de entronque con la red de E-Distribución, se realizará en la línea "M.T. LANDA" de la SET LLUCMAJOR.

### 6.2.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS CONDUCTORES DE A.T.

Las características esenciales para el cable tipo HEPRZ1 12/20 kV 3x95mm<sup>2</sup> Al son las siguientes:

- Conductor: Aluminio compacto, sección circular, clase 2 UNE 21-022
- Semiconductora interna: Capa de mezcla semiconductora aplicada, por extrusión, sobre el conductor.
- Aislamiento: Etileno propileno de alto módulo (HEPR).
- Semiconductora externa: Una capa de mezcla semiconductora no metálica y pelable en caliente, aplicada, por extrusión, sobre el aislamiento.
- Pantalla: Constituida por una corona de alambre de Cu dispuesto en hélice a paso largo y una contraespira (un fleje de Cu).
- Cubierta: Compuesto termoplástico a base de poliolefina y sin contenido de componentes clorados u otros contaminantes.

Que corresponden al tipo y características esenciales siguientes:

- Tipo constructivo: HEPRZ1
- Tensión nominal: 12/20 kV
- Naturaleza y sección conductor: Al 95 mm<sup>2</sup>

Algunas otras características más importantes son:

- Resistencia máx. a 105 °C: 0,427  $\Omega$  /km
- Reactancia por fase: 0,116  $\Omega$  /km
- Capacidad: 0,231  $\mu$  F/km
- Temperatura máxima en servicio permanente: 105°C
- Temperatura máxima en cortocircuito t < 5s: 250°C

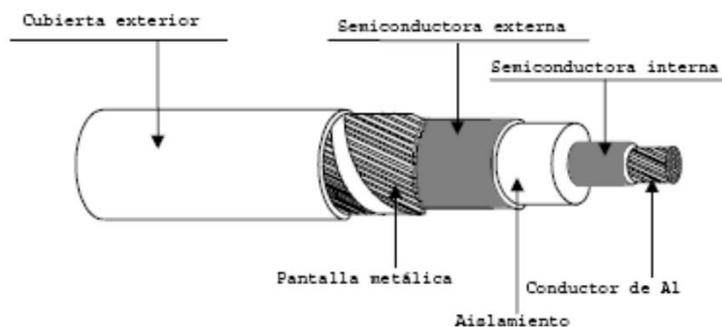


Imagen 1. Componentes del conductor de alta tensión

### 6.2.1.1 ACCESORIOS

Los terminales serán adecuados a la naturaleza, composición y sección de los cables, y no deberán aumentar la resistencia eléctrica de éstos. Los terminales deberán ser, asimismo, adecuados a las características ambientales (interior, exterior, contaminación, etc.)

Los terminales se realizarán siguiendo las instrucciones del fabricante.

### 6.2.2 CANALIZACIONES

Las canalizaciones donde se enterrarán las líneas serán entubadas, constituida por tubos plásticos, dispuestos sobre lecho de arena. En cada uno de los tubos se instalará un solo circuito eléctrico

Los cables se alojarán en zanjas de 1,5 m de profundidad y una anchura de 0,80 m.

Se instalarán arquetas en el principio y final de la línea. En la entrada de las arquetas las canalizaciones entubadas quedarán debidamente selladas en sus extremos.

Los laterales de la zanja serán compactos y no deben desprender piedras o tierra. La zanja se protegerá con estribas u otros medios para asegurar su estabilidad y además debe permitir las operaciones de tendido de los tubos.

La parte superior del tubo más próximo a la superficie no será menor de 0,6 m en acera o tierra, la zanja tendrá una profundidad mínima 0,85 m, y tendrá una anchura que permitan las operaciones de apertura y tendido para la colocación de dos tubos de 160 mm.

En el fondo de la zanja y en toda la extensión se colocará una solera de limpieza de unos 0,05 m aproximadamente de espesor de arena, sobre la que se depositarán los tubos dispuestos por planos.

A continuación, se colocará otra capa de arena con un espesor de al menos 0.10 m sobre el tubo o tubos más cercanos a la superficie y envolviéndolos completamente. Sobre esta capa de arena y a 0,10 m del firme se instalará una cinta de señalización a todo lo largo del trazado del cable las características de las cintas de aviso de cables eléctricos, “Cinta de plástico para señalización de cables subterráneos”.

Para el relleno de la zanja, dejando libre el firme y el espesor del pavimento, se utilizará todo-uno, zahorra o arena. Después se colocará una capa de tierra vegetal de unos 0,12 m de espesor y por último se repondrá el suelo a ser posible del mismo tipo y calidad del que existía antes de realizar la apertura.

Los tubos irán colocados en un plano. Al objeto de impedir la entrada del agua, suciedad y material orgánico, los extremos de los tubos estarán sellados. Los tubos de reserva tendrán tapones.

Antes del tendido se eliminará del interior de todos los tubos, incluido el multitubo para los cables de control y comunicaciones, la suciedad o tierra garantizándose el paso de los cables mediante mandrilado acorde a la sección interior del tubo o sistema equivalente. Durante el tendido se deberán embocar los tubos en la arqueta correctamente para evitar la entrada de tierra o de hormigón.

### 6.2.3 Puesta a tierra

Se conectarán a tierra las pantallas y armaduras de todas las fases en cada uno de los extremos y en puntos intermedios. Esto garantiza que no existan grandes tensiones inducidas en las cubiertas metálicas.

### 6.2.4 Protecciones

#### 6.2.4.1 PROTECCIONES CONTRA SOBREINTENSIDADES

Los cables estarán debidamente protegidos contra los efectos peligrosos, térmicos y dinámicos que puedan originar las sobreintensidades susceptibles de producirse en la instalación, cuando éstas puedan dar lugar a averías y daños en las citadas instalaciones. La salida de línea estará protegida mediante un interruptor automático, colocado en el inicio de la instalación. Las características de funcionamiento de dichos elementos corresponderán a las exigencias del conjunto de la instalación de la que el cable forme parte integrante, considerando las limitaciones propias de éste. Los interruptores de protección de la línea estarán ubicados en el centro de transformación particular, cumpliendo con lo establecido en la ITC MIE-RAT 09 del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación.

#### 6.2.4.2 PROTECCIONES CONTRA CORTOCIRCUITOS

La línea está protegida a protección contra cortocircuitos por medio de interruptores automáticos.

La protección contra cortocircuitos por medio de interruptores automáticos se establecerá de forma que la falta sea despejada en un tiempo tal, que la temperatura alcanzada por el conductor durante el cortocircuito no dañe el cable.

Las intensidades máximas de cortocircuito admisibles para los conductores y las pantallas correspondientes a tiempos de desconexión comprendidos entre 0,1 y 3 segundos serán las indicadas en la Norma UNE 20-435. Podrán admitirse intensidades de cortocircuito mayores a las indicadas en aquellos casos en que el fabricante del cable aporte la documentación justificativa correspondiente.

#### 6.2.4.3 PROTECCIONES CONTRA SOBRETENSIONES

Los cables aislados deberán estar protegidos contra sobretensiones por medio de dispositivos adecuados, cuando la probabilidad e importancia así lo aconsejen.

Para ello se utilizará pararrayos de óxido metálico, cuyas características estarán en función de las probables intensidades de corriente a tierra que puedan preverse en caso de sobretensión. Deberán cumplir también en lo referente a coordinación de aislamiento y puesta a tierra de autoválvulas, lo que establece en las instrucciones MIE-RAT 12 y MIERAT 13, respectivamente, del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.

## 6.3 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

### 6.3.1 OBRA CIVIL

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

## 6.3.2 EDIFICIO DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

### 6.3.2.1 DESCRIPCIÓN

El edificio, de superficie y maniobra interior (tipo caseta), consta de una envolvente de hormigón, de estructura monobloque, en cuyo interior se incorporan todos los componentes eléctricos, desde la apartamentada AT, hasta los cuadros de BT, incluyendo el transformador, dispositivos de control e interconexiones entre los diversos elementos.

La principal ventaja que presentan estos edificios prefabricados es que tanto la construcción como el montaje y equipamiento interior pueden ser realizados íntegramente en fábrica, garantizando con ello una calidad uniforme y reduciendo considerablemente los trabajos de obra civil y montaje en el punto de instalación. Además, su cuidado diseño permite su instalación tanto en zonas de carácter industrial como en entornos urbanos.

### 6.3.2.2 ENVOLVENTE

La envolvente de estos centros es de hormigón armado vibrado. Se compone de dos partes: una que aglutina el fondo y las paredes, que incorpora las puertas y rejillas de ventilación natural, y otra que constituye el techo.

Las piezas construidas en hormigón ofrecen una resistencia característica de 300 kg/cm<sup>2</sup>. Además, disponen de una armadura metálica, que permite la interconexión entre sí y al colector de tierras. Esta unión se realiza mediante latiguillos de cobre, dando lugar a una superficie equipotencial que envuelve completamente al centro. Las puertas y rejillas están aisladas eléctricamente, presentando una resistencia de 10 kOhm respecto de la tierra de la envolvente.

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

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

El espacio para el transformador, diseñado para alojar el volumen de líquido refrigerante de un eventual derrame, dispone de dos perfiles en forma de "U", que se pueden deslizar en función de la distancia entre las ruedas del transformador

### 6.3.2.3 PLACA PISO

Sobre la placa base y a una altura de unos 400 mm se sitúa la placa piso, que se sustenta en una serie de apoyos sobre la placa base y en el interior de las paredes, permitiendo el paso de cables de MT y BT a los que se accede a través de unas troneras cubiertas con losetas.

### 6.3.2.4 ACCESOS

En la pared frontal se sitúan dos puertas, una de acceso de peatones y otra de acceso al transformador (ambas con apertura de 180°) y rejillas de ventilación. Todos estos materiales están fabricados en chapa de acero.

Las puertas de acceso de peatón disponen de un sistema de cierre con objeto de garantizar la seguridad de funcionamiento para evitar aperturas intempestivas de las mismas.

### 6.3.2.5 VENTILACIÓN

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

### 6.3.2.6 ENTORNO

Para todas las instalaciones auxiliares se emplearán colores y acabados acordes con las edificaciones protegidas del entorno de la parcela consideradas como recurso paisajístico. En la pintura de las casetas auxiliares se imitará su color ocre o marrón claro (para lo cual se solicitará al fabricante el pintado de las casetas en color RAL 1014), la carpintería será color imitación madera y se resolverán las cubiertas inclinadas con teja árabe, como imitación de los tejados tradicionales.

### 6.3.2.7 ACABADO

El acabado de las superficies exteriores se efectúa con pintura de color que permita mimetizarse con el entorno, en las paredes, y marrón en el perímetro de las cubiertas o techo, puertas y rejillas de ventilación.

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

### 6.3.2.8 CIMENTACIÓN

En los planos adjuntos se figuran las dimensiones de las excavaciones a realizar según las recomendaciones del fabricante.

### 6.3.2.9 CARACTERÍSTICAS DETALLADAS

- Nº. de transformadores:	1
- Tipo de ventilación:	natural
- Puertas de acceso peatón:	1
- Puertas de acceso a transformador:	1
- Dimensiones exteriores:	
- Longitud:	6.080 mm
- Ancho:	2.380 mm
- Altura:	3.220 mm
- Altura vista:	2.660 mm
- Dimensiones interiores:	
- Longitud:	5.910 mm
- Ancho:	2.180 mm
- Altura:	2.355 mm
- Dimensiones de la excavación:	
- Longitud:	7.600 mm
- Ancho:	3.720 mm
- Profundo:	530 mm

### 6.3.3 INSTALACIÓN ELÉCTRICA

#### 6.3.3.1 CARACTERÍSTICAS DE LA RED DE EVACUACIÓN

La red de evacuación del CT (conexión entre el parque FV con la red de distribución) será de tipo subterráneo con una tensión de 15 kV y 50 Hz de frecuencia. La potencia de cortocircuito máxima de la red será de 134 MVA, según datos proporcionados por la compañía distribuidora.

#### 6.3.3.2 CARÁCTERÍSTICAS GENERALES CELDAS EN SF<sub>6</sub>, 24 kV

- Tensión asignada: 24 kV
- Tensión soportada entre fases, y entre fases y tierra:
  - a frecuencia industrial (50 Hz), 1 minuto: 20 kV ef.
  - A impulso tipo rayo: 125 kV cresta
- Intensidad asignada en funciones de línea: 400 A
- Intensidad asignada en int. automático: 400 A
- Intensidad asignada en ruptofusible: 400 A
- Intensidad asignada en medida: 400 A
- Intensidad nominal admisible durante 1 segundo: 16 kA ef
- Grado de protección de la envolvente: IP2XC / IK08.
- Puesta a tierra:

El conductor de puesta a tierra estará dispuesto a todo lo largo de las celdas según UNE-EN 62271-200, y estará dimensionado para soportar la intensidad admisible de corta duración.

- Embarrado

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

#### 6.3.3.3 CELDA DE LÍNEA

Se instalará un total de una (2) celdas de línea en el CT, una de ellas será el enlace entre la instalación del abonado y la instalación de la compañía dentro del propio edificio, esto queda detallado en el Documento N°6 del proyecto. Las características de ambas celdas serán similares

Celda de línea con función de interruptor-seccionador de dimensiones: 375 mm de ancho, 940 mm de profundidad y 1.600 mm de altura, y conteniendo:

- Juego de barras tripolar de 400 A.
- Interruptor-seccionador de corte en SF<sub>6</sub> de 400A, tensión de 24 kV y 16 kA.
- Seccionador de puesta a tierra en SF<sub>6</sub>.
- Indicadores de presencia de tensión.
- Mando manual.
- Embarrado de puesta a tierra.
- Bornes para conexión de cable.

Estas celdas estarán preparadas para una conexión de cable seco monofásico de sección máxima de 240 mm<sup>2</sup>.

#### 6.3.3.4 CELDA DE REFERENCIA DE TENSIÓN DE LA RED

Celda de medida de tensión protegida mediante fusibles para albergar un transformadore de tensión para la obtención de referencia de la red, con dimensiones: 750 mm de ancho, 940 mm de profundo y 1.600 mm de altura y conteniendo:

- Juego de barras tripolar de 400 A, tensión de 24 kV y 16 kA para conexión superior de celdas adyacentes.
- Interruptor-seccionador en SF<sub>6</sub> de 400 A tensión de 24 kV y 16 kA, equipado con bobina de apertura.
- Mando manual.
- Señalización mecánica de fusión de fusibles.
- Seccionador de puesta a tierra de doble brazo sin poder de cierre.
- Embarrado de puesta a tierra.
- 3 transformadores de tensión unipolares, de relación 15.000:V3/110:V3-110:3, 10 VA, CL.0,5, 10 VA 3P y aislamiento de 24 kV.
- 3 fusibles 24 kV, 6 A

#### 6.3.3.5 CELDA DE PROTECCIÓN CON INTERRUPTOR AUTOMÁTICO

Celda de protección con interruptor automático motorizado, de dimensiones: 750 mm de ancho, 1.220 mm de profundo y 1.600 mm de altura, conteniendo:

- Juegos de barras tripolares de 400 A para conexión superior con celdas adyacentes, de 16 kA y 24 kV.
- Seccionadores en SF<sub>6</sub>.
- Mando motorizado.
- Interruptor automático en SF<sub>6</sub> (hexafluoruro de azufre), de 24 kV, 400 A y poder de corte de 16 kA, con bobina de apertura a emisión de tensión 220 V c.a., 50 Hz.
- 3 transformadores de intensidad toroidales para la alimentación del relé.
- Embarrado de puesta a tierra.
- Seccionador de puesta a tierra.
- Enclavamiento por cerradura tipo E24 impidiendo el cierre del seccionador de puesta a tierra y el acceso al compartimento inferior de la celda en tanto que el disyuntor genera BT no esté abierto y enclavado. Dicho enclavamiento impedirá además el acceso al transformador si el seccionador a tierra de la celda de int. automático no se ha cerrado previamente.
- Relé destinado a la protección general o a transformador (con las funciones requeridas por la compañía distribuidora). Dispondrá de las siguientes protecciones y medidas:
  - 50/51: defecto de fase (sobrecarga y cortocircuito)
  - 50N/51N: defecto a tierra (sobrecarga y cortocircuito)
  - 50G/51G: protección sobre corriente
  - 50BF: protección falla de interruptor
  - 67/67N: defecto a tierra direccional (sobrecarga y cortocircuito)
  - 46: protección contra desequilibrio de fases
  - 47: voltímetro de secuencia de fases
  - 64: máxima tensión homopolar para detector faltas a tierra y provocar el disparo
  - 27/27S: mínima tensión

- 59: máxima tensión
- 59N: máxima tensión residual
- 81M/81m: máxima y mínima frecuencia
- RA1: protección anti-isla

#### 6.3.3.5.1 CELDA DE MEDIDA

Celda de medida de tensión e intensidad con entrada inferior por cable y salida inferior por cable, en gas SF6, de dimensiones: 750 mm de ancho, 1.038 mm de profundo y 1.600 mm de altura, y conteniendo:

- Juego de barras tripolar de 400 A, 16 kA y 24 kV
- Entrada y salida por cable seco
- 3 transformadores de intensidad de relación 100/5 A, CL.0,5S, 10 VA, con aislamiento de 24 kV
- 3 transformadores de tensión unipolares, de relación de 15.000:V3/110V3-110:3, CL.05, 10 VA, con aislamiento de 24 kV

#### 6.3.3.6 TRANSFORMADOR

Transformador trifásico elevador de tensión, construido según normativa vigente, sumergido en éster biodegradable con refrigeración natural (ONAN), con las siguientes características:

- Potencia: 1.320 kVA
- Regulación en el primario: +2.5%, +5%, +7.5%, +10%
- Tensión de cortocircuito: 4%
- Tensión primaria: 15.000 V
- Tensión secundaria: 800 V
- Grupo de conexión: Dy11
- Protecciones: relé buchlozt y termómetro

#### 6.3.3.7 DESCRIPCIÓN DEL CUADRO DE BAJA TENSIÓN

El cuadro de baja tensión es un conjunto de apartamento de BT cuya función es recibir los circuitos principales de baja tensión procedentes de los inversores, unirlos en un embarrado y llevarlo a través de una única línea al terminal de BT del transformador.

El cuadro posee las siguientes características:

- 4 fusibles seccionadores tripolares de 250 A, 800 V, curva gG, para la protección de las líneas de los inversores.
- 1 fusible seccionador tripolar de 35 A, 800 V, curva gG, para la protección del SMARTACU.
- 1 fusible seccionador tripolar de 125 A, 800 V, curva gG, para la protección del descargador de sobretensiones.
- 1 fusible seccionador tripolar de 16 A, 800 V, curva gG, para la protección del TSA.
- 1 descargador de sobretensiones tipo 2, para tensión máxima de 880 V.
- 1 interruptor automático de 1.000 A, 800 V, con relé para diferencial de 300 mA de

sensibilidad.

#### 6.3.3.8 DESCRIPCIÓN DEL CUADRO DE BAJA TENSIÓN DE SS.AA.

Se instalará en el edificio un cuadro de baja tensión a 400 V para los servicios auxiliares del centro, tales como iluminación, tomas de corriente y comunicaciones.

La instalación consta de un transformador de 10 kVA, 800/400-230 V, Dyn11, y un cuadro con los siguientes elementos:

- 1 Interruptor automático, 4 polos, 16 A, curva D, con diferencial de 30 mA tipo AC
- 3 interruptor automático, 2 polos, 10 A
- 2 interruptores automáticos, 2 polos, 16 A, curva C

### 6.3.4 MEDIDA DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

En el centro de transformación se llevará a cabo la medida de la energía generada por la instalación fotovoltaica.

La potencia de la instalación de generación es de 999,00 kW. Según el RD 1110/007 de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico, se trata de un punto de medida situado en frontera de generación, cuya potencia nominal es superior a 450 kVA, por tanto, se trata de un punto de medida 'TIPO 2'.

La medida de energía generada se realiza de forma indirecta mediante un contador electrónico conectado a regleta de verificación con módem de comunicación remota para la telemida, ubicado en un armario normalizado por la compañía distribuidora

### 6.3.5 PUESTA A TIERRA

#### 6.3.5.1 TIERRA DE PROTECCIÓN

Se conectarán a tierra los elementos metálicos de la instalación que no estén en tensión normalmente, pero que puedan estarlo a causa de averías o circunstancias externas (puertas, rejillas, valla metálica, celdas, etc.).

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

#### 6.3.5.2 TIERRA DE SERVICIO

Se conectarán a tierra el neutro de los transformadores, según se indica en el apartado de cálculo de puesta a tierra del anexo de cálculos del presente proyecto.

#### 6.3.5.3 TIERRAS INTERIORES

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

La tierra interior de protección se realizará con cable de 50 mm<sup>2</sup> de cobre desnudo formando un anillo. Este cable conectará a tierra los elementos indicados en el apartado anterior e irá sujeto a las paredes mediante bridas de sujeción y conexión, conectando el anillo a una caja de seccionamiento.

La tierra interior de servicio se realizará con cable de 50 mm<sup>2</sup> de cobre aislado formando un anillo. Este cable conectará a tierra los elementos indicados en el apartado anterior e irá sujeto

a las paredes mediante bridas de sujeción y conexión, conectando el anillo al final a una caja de seccionamiento.

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

## 6.3.6 INSTALACIONES SECUNDARIAS

### 6.3.6.1 ALUMBRADO

En el interior del CT se instalará un mínimo de dos puntos de luz capaces de proporcionar un nivel de iluminación suficiente para la comprobación y maniobra de los elementos del mismo.

Se dispondrá de un punto de luz de emergencia de carácter autónomo que señalará los accesos al centro de transformación.

### 6.3.6.2 PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

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

### 6.3.6.3 MEDIDAS DE SEGURIDAD Y SEÑALIZACIÓN

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

- No será posible acceder a las zonas normalmente en tensión, si éstas no han sido puestas a tierra. Por ello, el sistema de enclavamientos interno de las celdas debe afectar al mando del aparato principal, del seccionador de puesta a tierra y a las tapas de acceso a los cables.
- Las celdas de entrada y salida serán con aislamiento integral y corte en gas, y las conexiones entre sus embarrados deberán ser apantalladas, consiguiendo con ello la insensibilidad a los agentes externos, y evitando de esta forma la pérdida del suministro en los Centros de Transformación interconectados con éste, incluso en el eventual caso de inundación del Centro de Transformación.
- Las bornas de conexión de cables y fusibles serán fácilmente accesibles a los operarios de forma que, en las operaciones de mantenimiento, la posición de trabajo normal no carezca de visibilidad sobre estas zonas.
- Los mandos de la apartamenta estarán situados frente al operario en el momento de realizar la operación, y el diseño de la apartamenta protegerá al operario de la salida de gases en caso de un eventual arco interno.

## 7 CICLO DE VIDA

Una vez que la instalación ha alcanzado su vida útil, se procede a realizar las actividades que se describen en los siguientes apartados.

### 7.1 FINAL DE LA VIDA ÚTIL

Al final de la vida útil del parque, se procederá a desmantelar la instalación, recuperando la calidad paisajística de la zona y garantizando la posibilidad de reversión de la parcela al uso agrario original.

Para ello se procederá a:

- Desmantelamiento de la instalación eléctrica BT.

- Desmantelamiento de los módulos fotovoltaicos.
- Desmantelamiento de la estructura soporte de los módulos y sus motores.
- Desmantelamiento de LSATs, báculos y casetas.
- Desmantelamiento de la instalación eléctrica de AT.
- Desmantelamiento del vallado perimetral.
- Restitución de los nuevos viales internos y sus cunetas.
- Restauración de las zanjas.
- Restauración del muro del punto de acceso (muro de piedra seca)
- Acondicionamiento del terreno

En todo momento, se prestará una especial atención a la posibilidad de escapes y/o vertidos de sustancias contaminantes. En caso de dicha situación llegara a producirse, se actuaría de forma adecuada, recogiendo el vertido y tratando el suelo mediante un Gestor Autorizado.

En caso de no reutilización de los módulos fotovoltaicos se podrán utilizar medios mecánicos para el achatarramiento y compactación, con objeto de minimizar el volumen.

## **7.2 FINALIZADA LA ACTIVIDAD.**

Una vez finalizada la actividad de la planta solar fotovoltaica, se procederá a su desmantelamiento.

Los materiales serán clasificados y reciclados. Aquellos materiales que no puedan ser reciclados serán transportados a vertederos autorizados por parte de un Gestor de Residuos Autorizado.

En las zonas en las que existiera cableado subterráneo, éste será extraído, y las zanjas serán recubiertas a fin de devolver la zona a su estado inicial.

Dado que el terreno que nos ocupa se trata de suelo rústico usado en agricultura, se requiere restaurar el terreno para volver a darle el mismo uso.

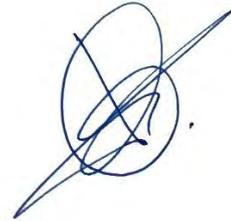
Todas las medidas necesarias están contempladas en el Anexo Proyecto de Desmantelamiento.

## **8 CONCLUSIONES Y FIRMA**

Por todo lo expuesto anteriormente, el técnico que suscribe el presente proyecto técnico de planta solar fotovoltaica conectada a red, considero que la instalación cumple con las normativas aplicadas, quedando a su disposición para cuantas aclaraciones consideren oportunas.

Albacete, noviembre de 2022

El Ingeniero Técnico Industrial



**Fdo.: Ginés Martínez Pérez**

**Nº colegiado:1280, COGITI Albacete**

# **DOCUMENTO Nº2. CÁLCULOS Y ANEXOS**

## ÍNDICE

ANEXO I. CÁLCULOS ELECTRICOS JUSTIFICATIVOS .....	5
1 CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS BAJA TENSIÓN .....	6
1.1 FÓRMULAS UTILIZADAS.....	6
1.2 CÁLCULO DE LÍNEAS DE CORRIENTE CONTINUA .....	10
1.2.1 DEMANDA DE POTENCIA CORRIENTE CONTINUA.....	10
1.2.2 RESUMEN DE CALCULOS OBTENIDOS.....	11
1.2.3 CÁLCULO DE FUSIBLES DE LAS CADENAS DE MÓDULOS .....	12
1.3 CÁLCULO DE LÍNEAS DE CORRIENTE ALTERNA INVERSORES A CUADRO BT13	
1.3.1 DEMANDA DE POTENCIAS DE CORRIENTE ALTERNA Y RESULTADOS DE CÁLCULOS DE LINEAS .....	13
1.3.2 RESULTADOS DE CÁLCULOS DE LÍNEAS DE CORRIENTE ALTERNA.....	13
1.3.3 CABLES DE CONEXIÓN .....	18
1.3.4 CÁLCULO DE INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS .....	18
1.3.5 CÁLCULO DE FUSIBLES DE LOS INVERSORES .....	18
1.4 CÁLCULO DE LÍNEAS DE CORRIENTE ALTERNA SERVICIOS AUXILIARES.....	21
1.4.1 DEMANDA DE POTENCIAS DE CORRIENTE ALTERNA Y RESULTADOS DE CÁLCULOS DE LINEAS .....	21
2 CÁLCULOS ELÉCTRICOS JUSTIFICATIVOS DE ALTA TENSIÓN.....	29
2.1 LÍNEA AÉREA DE ALTA TENSIÓN.....	29
2.1.1 VANO DE REGULACIÓN.....	29
2.1.1 ECUACIÓN DE CAMBIO DE CONDICIONES.....	30
2.1.2 FLECHA MÁXIMA .....	30
2.1.3 TABLA DE TENDIDO ZONA ‘A’ CONDUCTOR LA-110(94-AL1/22-ST1A) – TENSE LÍMITE ESTÁTICO DINÁMICO.....	31
2.1.4 DISTANCIAS DE SEGURIDAD .....	33
2.1.5 APOYOS .....	34
2.1.6 CIMENTACIONES.....	39
2.1.7 AISLAMIENTO Y HERRAJES.....	40
2.1.8 CÁLCULOS ELÉCTRICOS POR CIRCUITO.....	41
2.1.9 CÁLCULO DE PUESTA A TIERRA .....	44
2.2 LINEA SUBTERRÁNEA DE ALTA TENSIÓN.....	49
2.2.1 INTENSIDAD DE LA LÍNEA.....	49
2.2.2 SECCIÓN POR INTENSIDAD ADMISIBLE .....	49
2.2.3 SECCIÓN POR INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO .....	52
2.2.4 POTENCIA MÁXIMA A TRANSPORTAR .....	53
2.2.5 SECCIÓN POR CAÍDA DE TENSIÓN .....	53
2.2.6 PÉRDIDAS DE POTENCIA.....	55

2.2.7	CONDUCTOR ELEGIDO .....	56
2.3	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN .....	56
2.3.1	Intensidad de Alta Tensión .....	56
2.3.2	Intensidad de Baja Tensión .....	56
2.3.3	Cortocircuitos.....	56
2.3.4	Dimensionado del embarrado .....	57
2.3.5	Protección contra sobrecargas y cortocircuitos .....	58
2.3.6	Dimensionado de los puentes AT .....	58
2.3.7	Dimensionado de la Ventilación del C.T. ....	58
2.3.8	Cálculo puesta a tierra centro de transformación .....	58
3	PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES .....	64
3.1	Sistema de protección contra sobretensiones .....	64
3.1.1	Categoría de las sobretensiones.....	64
3.1.1	Tipos de protectores de sobretensiones .....	64
3.1.2	Tensión nominal .....	65
3.1.3	Tensión máxima de servicio permanente.....	65
3.1.4	Corriente nominal de descarga .....	65
3.2	Sistema de protección contra el rayo .....	66
3.2.1	Frecuencia esperada de impactos .....	66
3.2.2	Riesgo admisible .....	68
3.3	Justificación .....	69
4	CÁLCULO DE PUESTA A TIERRA DE LA PLANTA.....	71
4.1	Elementos de las instalaciones de puesta a tierra y condiciones de montaje .....	71
4.1.1	Líneas de puesta a tierra.....	72
4.1.2	Instalación de líneas de puesta a tierra.....	72
4.1.3	Electrodos de puesta a tierra .....	72
4.2	Características del suelo y de los electrodos de puesta a tierra.....	73
4.2.1	Resistividad del terreno .....	73
4.2.2	Resistencia de tierra de la línea de puesta a tierra.....	73
4.2.3	Resistencia de tierra de los electrodos de puesta a tierra .....	73
4.2.4	Resistencia de puesta a tierra total .....	74
4.2.5	Protección contra contactos indirectos.....	74
5	CÁLCULO DE CAMPOS MAGNÉTICOS .....	76
5.1	INTRODUCCIÓN.....	76
5.2	CÁLCULO DEL CAMPO MAGNÉTICO .....	77
5.2.1	CAMPO MAGNÉTICO GENERADO POR CABLEADO TRENZADO .....	78
5.2.1	CAMPO MAGNÉTICO GENERADO POR CABLEADO EN EL TRANSFORMADOR	81



5.1	ENSAYOS Y PRUEBAS .....	83
6	PROTECCIÓN CONTRA LOS CONTACTOS DIRECTOS E INDIRECTOS .....	84
6.1	ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN.....	84
6.2	ESQUEMA IT .....	84
6.3	PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS EN EL SISTEMA DE BAJA TENSIÓN .....	85
6.4	PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS INDIRECTOS EN EL SISTEMA DE BAJA TENSIÓN .....	85
6.4.1	Protección por corte automático de la alimentación .....	86
6.4.2	Protección por empleo de equipos de la clase II o por aislamiento equivalente ....	88
6.4.3	Protección en los locales o emplazamientos no conductores .....	88
6.4.4	Protección mediante conexiones equipotenciales locales no conectadas a tierra .	91
6.4.5	Protección por separación eléctrica .....	91
6.5	PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS EN EL SISTEMA DE ALTA TENSIÓN .....	92
	ANEXO II. CÁLCULO CONFIGURACIÓN INSTALACIONES. ESTUDIO POTENCIAL SOLAR (PVSYST).....	94
7	CÁLCULO DE LA DISTRIBUCIÓN DE CADENAS POR INVERSOR .....	95
7.1.1	Número máximo de módulos por string. ....	95
7.1.2	Número de cadenas (“strings”) en paralelo.....	96
8	ESTUDIO POTENCIAL SOLAR. INFORME PVSYST.....	99
	ANEXO III. DOCUMENTACIÓN TÉCNICA MÓDULOS .....	108
	ANEXO IV. DOCUMENTACIÓN TÉCNICA INVERSORES .....	111
	ANEXO V. CRONOGRAMA.....	118

# **ANEXO I. CÁLCULOS ELECTRICOS JUSTIFICATIVOS**

## 1 CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS BAJA TENSION

En el siguiente apartado se realizará el estudio de cada tramo de la instalación, considerando las líneas eléctricas, canalizaciones y protecciones.

Para el cálculo de las líneas se tendrá en cuenta las siguientes expresiones, bien sea en continua, alterna monofásica o alterna trifásica.

### 1.1 FÓRMULAS UTILIZADAS.

Se emplean las siguientes fórmulas para el cálculo de las líneas de corriente continua y corriente alterna:

#### Sistema Trifásico de corriente alterna.

$$I = P_c / \sqrt{3} \times U \times \cos\phi \times R = \text{amp (A)}$$

$$e = (L \times P_c / k \times U \times n \times S \times R) + (L \times P_c \times X_u \times \text{Sen}\phi / 1000 \times U \times n \times R \times \cos\phi) = \text{voltios (V)}$$

#### Sistema Monofásico de corriente alterna:

$$I = P_c / U \times \cos\phi \times R = \text{amp (A)}$$

$$e = (2 \times L \times P_c / k \times U \times n \times S \times R) + (2 \times L \times P_c \times X_u \times \text{Sen}\phi / 1000 \times U \times n \times R \times \cos\phi) = \text{voltios (V)}$$

#### Sistema corriente continua:

$$I = P_c / U = \text{amp (A)}$$

$$e = (2 \times L \times P_c / k \times U \times n \times S \times R) = \text{voltios (V)}$$

En donde:

P<sub>c</sub> = Potencia de Cálculo en Watios.

L = Longitud de Cálculo en metros.

e = Caída de tensión en Voltios.

K = Conductividad.

I = Intensidad en Amperios.

U = Tensión de Servicio en Voltios (Trifásica ó Monofásica).

S = Sección del conductor en mm<sup>2</sup>.

Cos φ = Coseno de fi. Factor de potencia.

R = Rendimiento. (Para líneas motor).

$n$  = Nº de conductores por fase.

$X_u$  = Reactancia por unidad de longitud en  $m\Omega/m$ .

### **Fórmula Conductividad Eléctrica**

$$K = 1/\rho$$

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

$$T = T_0 + [(T_{\max}-T_0) (I/I_{\max})^2]$$

Siendo,

$K$  = Conductividad del conductor a la temperatura  $T$ .

$\rho$  = Resistividad del conductor a la temperatura  $T$ .

$\rho_{20}$  = Resistividad del conductor a 20°C.

$$Cu = 0.017241 \text{ ohmiosxmm}^2/m$$

$$Al = 0.028264 \text{ ohmiosxmm}^2/m$$

$\alpha$  = Coeficiente de temperatura:

$$Cu = 0.003929$$

$$Al = 0.004032$$

$T$  = Temperatura del conductor (°C).

$T_0$  = Temperatura ambiente (°C):

Cables enterrados = 25°C

Cables al aire = 40°C

$T_{\max}$  = Temperatura máxima admisible del conductor (°C):

XLPE, EPR = 90°C

PVC = 70°C

Barras Blindadas = 85°C

$I$  = Intensidad prevista por el conductor (A).

$I_{\max}$  = Intensidad máxima admisible del conductor (A).

### **Fórmulas Sobrecargas**

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_2 \leq 1,45 I_z$$

Donde:

$I_b$ : intensidad utilizada en el circuito.

$I_z$ : intensidad admisible de la canalización según la norma UNE-HD 60364-5-52.

$I_n$ : intensidad nominal del dispositivo de protección. Para los dispositivos de protección regulables,  $I_n$  es la intensidad de regulación escogida.

I2: intensidad que asegura efectivamente el funcionamiento del dispositivo de protección. En la práctica I2 se toma igual:

- a la intensidad de funcionamiento en el tiempo convencional, para los interruptores automáticos (1,45 In como máximo).
- a la intensidad de fusión en el tiempo convencional, para los fusibles (1,6 In).

### **Fórmulas compensación energía reactiva**

$$\cos\theta = P/\sqrt{(P^2+ Q^2)}.$$

$$\operatorname{tg}\theta = Q/P.$$

$$Q_c = P \times (\operatorname{tg}\theta_1 - \operatorname{tg}\theta_2).$$

$$C = Q_c \times 1000 / U^2 \times \omega; \text{ (Monofásico - Trifásico conexión estrella).}$$

$$C = Q_c \times 1000 / 3 \times U^2 \times \omega; \text{ (Trifásico conexión triángulo).}$$

Siendo:

P = Potencia activa instalación (kW).

Q = Potencia reactiva instalación (kVAr).

Qc = Potencia reactiva a compensar (kVAr).

$\theta_1$  = Angulo de desfase de la instalación sin compensar.

$\theta_2$  = Angulo de desfase que se quiere conseguir.

U = Tensión compuesta (V).

$\omega = 2 \times \pi \times f$  ; f = 50 Hz.

C = Capacidad condensadores (F);  $c \times 1000000 (\mu F)$ .

### **Fórmulas Resistencia Tierra**

#### **Placa enterrada**

$$R_t = 0,8 \cdot \rho / P$$

Siendo,

Rt: Resistencia de tierra (Ohm)

$\rho$ : Resistividad del terreno (Ohm·m)

P: Perímetro de la placa (m)

Pica vertical

$$R_t = \rho / L$$

Siendo,

Rt: Resistencia de tierra (Ohm)

$\rho$ : Resistividad del terreno (Ohm·m)

L: Longitud de la pica (m)

**Conductor enterrado horizontalmente**

$$R_t = 2 \cdot \rho / L$$

Siendo,

R<sub>t</sub>: Resistencia de tierra (Ohm)

ρ: Resistividad del terreno (Ohm·m)

L: Longitud del conductor (m)

**Asociación en paralelo de varios electrodos**

$$R_t = 1 / (L_c/2\rho + L_p/\rho + P/0,8\rho)$$

Siendo,

R<sub>t</sub>: Resistencia de tierra (Ohm)

ρ: Resistividad del terreno (Ohm·m)

L<sub>c</sub>: Longitud total del conductor (m)

L<sub>p</sub>: Longitud total de las picas (m)

P: Perímetro de las placas (m)

## 1.2 CÁLCULO DE LÍNEAS DE CORRIENTE CONTINUA

Se han calculado las líneas eléctricas de corriente continua del tramo que comprende desde los string del módulo hasta el inversor de red.

Para el dimensionamiento del cable se tendrá en cuenta lo establecido en la ITC-BT-40 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

Se considera una caída de tensión máxima del 1,5 %.

Se emplea cable de Cu de 6 mm<sup>2</sup> y/o 10 mm<sup>2</sup>. El cable presenta las siguientes características.

SECCIONES (mm<sup>2</sup>): **6 mm<sup>2</sup> y/o 10 mm<sup>2</sup>**

TEMP.SERVICIO (°C): **25°**

TENSIÓN NOMINAL (V):**0,6/1kV**

CONDUCTOR: **PV-ZZ-F**

FLEXIBILIDAD: **Clase 5**

### 1.2.1 DEMANDA DE POTENCIA CORRIENTE CONTINUA.

Los strings están formados por 28 módulos en serie. Con las siguientes características eléctricas y potencias:

- **STRING CON 28 MÓDULOS EN SERIE**

POTENCIA STRING: **18.480 W**

Impp (25°C): **18,56 A**

Vmpp (25°C):**1.066,80 V**



### 1.2.2 RESUMEN DE CALCULOS OBTENIDOS

INVERSOR DE STRING	Nº STRING	ENSERADO (m)	LONGITUD STRING A INVERSOR (m)	SUBIDA Y BAJADA (m)	Cable para comprar (m)	Otros (m)	Cableado extra (diferencia entre (+) y (-) de un string) (m)	L PARA CALCULAR ΔV, 1 LINEA (m)	Imp (Adc)	Vmpp (Vdc)	SECCIÓN (mm²)	Material	Caída de tensión ΔV (V)	ΔV (%)
				12										INV-1
1	String 1.1	37	44	56,00	112,00		0,00	93,00	18,56	1.066,80	6,00	CU	10,27	0,96
	String 1.2	37	31	43,00	86,00		0,00	80,00	18,56	1.066,80	6,00	CU	8,84	0,83
	String 1.3	37	50	62,00	124,00		0,00	99,00	18,56	1.066,80	6,00	CU	10,94	1,03
	String 1.4	37	18	30,00	60,00		0,00	67,00	18,56	1.066,80	6,00	CU	7,40	0,69
	String 1.5	37	37	49,00	98,00		0,00	86,00	18,56	1.066,80	6,00	CU	9,50	0,89
	String 1.6	37	3	15,00	30,00		0,00	52,00	18,56	1.066,80	6,00	CU	5,74	0,54
	String 1.7	37	22	34,00	68,00		0,00	71,00	18,56	1.066,80	6,00	CU	7,84	0,74
	String 1.8	37	41	53,00	106,00		0,00	90,00	18,56	1.066,80	6,00	CU	9,94	0,93
	String 1.9	37	17	29,00	58,00		0,00	66,00	18,56	1.066,80	6,00	CU	7,29	0,68
	String 1.10	37	37	49,00	98,00		0,00	86,00	18,56	1.066,80	6,00	CU	9,50	0,89
	String 1.11	37	53	65,00	130,00		0,00	102,00	18,56	1.066,80	6,00	CU	11,27	1,06
	String 1.12	37	72	84,00	168,00		0,00	121,00	18,56	1.066,80	6,00	CU	13,37	1,25
	String 1.13	37	30	42,00	84,00		0,00	79,00	18,56	1.066,80	6,00	CU	8,73	0,82
	String 1.14	37	49	61,00	122,00		0,00	98,00	18,56	1.066,80	6,00	CU	10,83	1,01
	String 1.15	37	67	79,00	158,00		0,00	116,00	18,56	1.066,80	6,00	CU	12,82	1,20
	String 1.16	37	85	97,00	194,00		0,00	134,00	18,56	1.066,80	6,00	CU	14,80	1,39
	String 1.17	37	104	116,00	232,00		0,00	153,00	18,56	1.066,80	10,00	CU	10,14	0,95
	String 1.18	37	42	54,00	108,00		0,00	91,00	18,56	1.066,80	6,00	CU	10,05	0,94
														INV-2
2	String 2.1	37	36	48,00	96,00		0,00	85,00	18,56	1.066,80	6,00	CU	9,39	0,85
	String 2.2	37	55	67,00	134,00		0,00	104,00	18,56	1.066,80	6,00	CU	11,49	1,08
	String 2.3	37	74	86,00	172,00		0,00	123,00	18,56	1.066,80	6,00	CU	13,59	1,27
	String 2.4	37	93	105,00	210,00		0,00	142,00	18,56	1.066,80	6,00	CU	15,69	1,47
	String 2.5	37	113	125,00	250,00		0,00	162,00	18,56	1.066,80	10,00	CU	10,74	1,01
	String 2.6	37	5	17,00	34,00		0,00	54,00	18,56	1.066,80	6,00	CU	5,97	0,56
	String 2.7	37	24	36,00	72,00		0,00	73,00	18,56	1.066,80	6,00	CU	8,06	0,76
	String 2.8	37	43	55,00	110,00		0,00	92,00	18,56	1.066,80	6,00	CU	10,16	0,95
	String 2.9	37	62	74,00	148,00		0,00	111,00	18,56	1.066,80	6,00	CU	12,26	1,15
	String 2.10	37	81	93,00	186,00		0,00	130,00	18,56	1.066,80	6,00	CU	14,36	1,35
	String 2.11	37	100	112,00	224,00		0,00	149,00	18,56	1.066,80	10,00	CU	9,88	0,93
	String 2.12	37	118	130,00	260,00		0,00	167,00	18,56	1.066,80	10,00	CU	11,07	1,04
	String 2.13	37	22	34,00	68,00		0,00	71,00	18,56	1.066,80	6,00	CU	7,84	0,74
	String 2.14	37	40	52,00	104,00		0,00	89,00	18,56	1.066,80	6,00	CU	9,83	0,92
	String 2.15	37	59	71,00	142,00		0,00	108,00	18,56	1.066,80	6,00	CU	11,93	1,12
	String 2.16	37	77	89,00	178,00		0,00	126,00	18,56	1.066,80	6,00	CU	13,92	1,30
	String 2.17	37	95	107,00	214,00		0,00	144,00	18,56	1.066,80	6,00	CU	15,91	1,49
	String 2.18	37	114	126,00	252,00		0,00	163,00	18,56	1.066,80	10,00	CU	10,80	1,01
														INV-3
3	String 3.1	37	13	25,00	50,00		0,00	62,00	18,56	1.066,80	6,00	CU	6,85	0,64
	String 3.2	37	32	44,00	88,00		0,00	81,00	18,56	1.066,80	6,00	CU	8,95	0,84
	String 3.3	37	51	63,00	126,00		0,00	100,00	18,56	1.066,80	6,00	CU	11,05	1,04
	String 3.4	37	71	83,00	166,00		0,00	120,00	18,56	1.066,80	6,00	CU	13,26	1,24
	String 3.5	37	90	102,00	204,00		0,00	139,00	18,56	1.066,80	6,00	CU	15,36	1,44
	String 3.6	37	109	121,00	242,00		0,00	158,00	18,56	1.066,80	10,00	CU	10,47	0,98
	String 3.7	37	128	140,00	280,00		0,00	177,00	18,56	1.066,80	10,00	CU	11,73	1,10
	String 3.8	37	4	16,00	32,00		0,00	53,00	18,56	1.066,80	6,00	CU	5,86	0,55
	String 3.9	37	23	35,00	70,00		0,00	72,00	18,56	1.066,80	6,00	CU	7,95	0,75
	String 3.10	37	41	53,00	106,00		0,00	90,00	18,56	1.066,80	6,00	CU	9,94	0,93
	String 3.11	37	60	72,00	144,00		0,00	109,00	18,56	1.066,80	6,00	CU	12,04	1,13
	String 3.12	37	79	91,00	182,00		0,00	128,00	18,56	1.066,80	6,00	CU	14,14	1,33
	String 3.13	37	98	110,00	220,00		0,00	147,00	18,56	1.066,80	10,00	CU	9,74	0,91
	String 3.14	37	17	29,00	58,00		0,00	66,00	18,56	1.066,80	6,00	CU	7,29	0,68
	String 3.15	37	35	47,00	94,00		0,00	84,00	18,56	1.066,80	6,00	CU	9,28	0,87
	String 3.16	37	54	66,00	132,00		0,00	103,00	18,56	1.066,80	6,00	CU	11,38	1,07
	String 3.17	37	72	84,00	168,00		0,00	121,00	18,56	1.066,80	6,00	CU	13,37	1,25
														INV-4
4	String 4.1	37	118	130,00	260,00		0,00	167,00	18,56	1.066,80	10,00	CU	11,07	1,04
	String 4.2	37	138	150,00	300,00		0,00	187,00	18,56	1.066,80	10,00	CU	12,40	1,16
	String 4.3	37	6	18,00	36,00		0,00	55,00	18,56	1.066,80	6,00	CU	6,08	0,57
	String 4.4	37	24	36,00	72,00		0,00	73,00	18,56	1.066,80	6,00	CU	8,06	0,76
	String 4.5	37	70	82,00	164,00		0,00	119,00	18,56	1.066,80	6,00	CU	13,15	1,23
	String 4.6	37	89	101,00	202,00		0,00	138,00	18,56	1.066,80	6,00	CU	15,25	1,43
	String 4.7	37	109	121,00	242,00		0,00	158,00	18,56	1.066,80	10,00	CU	10,47	0,98
	String 4.8	37	20	32,00	64,00		0,00	69,00	18,56	1.066,80	6,00	CU	7,62	0,71
	String 4.9	37	40	52,00	104,00		0,00	89,00	18,56	1.066,80	6,00	CU	9,83	0,92
	String 4.10	37	59	71,00	142,00		0,00	108,00	18,56	1.066,80	6,00	CU	11,93	1,12
	String 4.11	37	78	90,00	180,00		0,00	127,00	18,56	1.066,80	6,00	CU	14,03	1,32
	String 4.12	37	4	16,00	32,00		0,00	53,00	18,56	1.066,80	6,00	CU	5,86	0,55
	String 4.13	37	23	35,00	70,00		0,00	72,00	18,56	1.066,80	6,00	CU	7,95	0,75
	String 4.14	37	42	54,00	108,00		0,00	91,00	18,56	1.066,80	6,00	CU	10,05	0,94
	String 4.15	37	15	27,00	54,00		0,00	64,00	18,56	1.066,80	6,00	CU	7,07	0,66
	String 4.16	37	34	46,00	92,00		0,00	83,00	18,56	1.066,80	6,00	CU	9,17	0,86
	String 4.17	37	26	38,00	76,00		0,00	75,00	18,56	1.066,80	6,00	CU	8,29	0,78

### 1.2.3 CÁLCULO DE FUSIBLES DE LAS CADENAS DE MÓDULOS

El cálculo del fusible para proteger las cadenas de módulos se realizará mediante lo expuesto en la norma UNE-HD 60364-7-712.2017, en el apartado 712.431.102:

$$1,1 \cdot I_{SC \text{ MÁX CADENA}} \leq I_n \leq I_{MOD\_MÁX\_OCPR}$$

$$I_{SC \text{ MÁX CADENA}} = 1,25 \cdot I_{SC \text{ STC}}$$

$$I_{MOD\_MÁX\_OCPR} = 35 \text{ A (dato del fabricante del módulo)}$$

Por tanto:

$$I_{SC \text{ MÁX CADENA}} = 1,25 \cdot 19,74 = 24,66 \text{ A}$$

$$1,1 \cdot 24,66 \leq I_n \leq 35$$

$$27,15 \leq I_n \leq 35$$

Por tanto, se escogerá un fusible de calibre de 32 A y 1.500 V (CC). El fusible será instalado dentro del propio inversor.

### 1.3 CÁLCULO DE LÍNEAS DE CORRIENTE ALTERNA INVERSORES A CUADRO BT

Se han calculado las líneas eléctricas de corriente alterna del tramo que comprende desde los inversores de red hasta el cuadro de Baja Tensión.

Para el dimensionamiento del cable se tendrá en cuenta lo establecido en la ITC-BT-40 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

Se considera una caída de tensión máxima del 1,5 %.

#### 1.3.1 DEMANDA DE POTENCIAS DE CORRIENTE ALTERNA Y RESULTADOS DE CÁLCULOS DE LINEAS.

Se van a instalar 4 inversores HUAWEI SUN2000-330KTL-H1

POTENCIA NOMINAL SALIDA INVERSOR: 300 kW (limitado de fábrica a 249,75 kW)

INTENSIDAD DE SALIDA: 216,6 A

TENSION DE SALIDA: 800 V

#### 1.3.2 RESULTADOS DE CÁLCULOS DE LÍNEAS DE CORRIENTE ALTERNA

##### DEMANDA DE POTENCIAS - ESQUEMA DE DISTRIBUCION TT

- Potencia total instalada:

lga	1320240 W
TOTAL....	1320240 W

- Potencia Instalada Fuerza (W): 1320240

- Potencia Máxima Admisible (W)\_Cosfi 0.8: 396835.84

- Potencia Máxima Admisible (W)\_Cosfi 1: 496044.81

##### Cálculo de la Línea: lga

- Tensión de servicio: 800 V.

- Canalización: F-Unip.o Mult.Bandeja Perfor

- Longitud: 6 m; Cos  $\varphi$ : 1;  $X_u(m\Omega/m)$ : 0;

- Potencia a instalar: 1320240 W.

- Potencia de cálculo:

1320240 W.(Coef. de Simult.: 1 )

$I=1320240/1,732 \times 800 \times 1=952.83$  A.

Se eligen conductores Unipolares 5(3x300)mm<sup>2</sup>Al

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE. Desig. UNE: RV-Al Eca

I.ad. a 40°C (Fc=1) 2275 A. según ITC-BT-19

Dimensiones bandeja: 400x60 mm. Sección útil: 20789 mm<sup>2</sup>.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 48.77

$e(\text{parcial})=6 \times 1320240 / 31.7 \times 800 \times 5 \times 300 = 0.21$  V.=0.03 %

$e(\text{total})=0.03\%$  ADMIS (4.5% MAX.)

Protección Térmica en Final de Línea

I. Aut./Tri. In.: 1000 A. Térmico reg. Int.Reg.: 1000 A.

Protección diferencial en Final de Línea

Relé y Transfor. Diferencial Sens.: 30 mA. Clase AC.

## SUBCUADRO

Iga

### DEMANDA DE POTENCIAS

- Potencia total instalada:

1	330060 W
TOTAL....	1320240 W

- Potencia Instalada Fuerza (W): 1320240

### Cálculo de la Línea: 1

- Tensión de servicio: 800 V.

- Canalización: Direct. Enterrados (R.Subt)

- Longitud: 71 m; Cos  $\varphi$ : 1;  $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$ : 0;

- Potencia a instalar: 330060 W.

- Potencia de cálculo: 330060 W.

$$I=330060/1,732 \times 800 \times 1 = 238.21 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 3x300mm<sup>2</sup>Al

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE. Desig. UNE: RV-AI Eca

I.ad. a 25°C (Fc=0.872) 335.64 A. según ITC-BT-07

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 57.74

$$e(\text{parcial})=71 \times 330060 / 30.71 \times 800 \times 300 = 3.18 \text{ V.} = 0.4 \%$$

$$e(\text{total})=0.42\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

Fusibles Int. 250 A.

#### Cálculo de la Línea: 1

- Tensión de servicio: 800 V.

- Canalización: Direct. Enterrados (R.Subt)

- Longitud: 24 m; Cos  $\varphi$ : 1;  $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$ : 0;

- Potencia a instalar: 330060 W.

- Potencia de cálculo: 330060 W.

$$I=330060/1,732 \times 800 \times 1 = 238.21 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 3x300mm<sup>2</sup>Al

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE. Desig. UNE: RV-AI Eca

I.ad. a 25°C (Fc=0.872) 335.64 A. según ITC-BT-07

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 57.74

$$e(\text{parcial})=24 \times 330060 / 30.71 \times 800 \times 300 = 1.07 \text{ V.} = 0.13 \%$$

$$e(\text{total})=0.16\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

Fusibles Int. 250 A.

#### Cálculo de la Línea: 1

- Tensión de servicio: 800 V.

- Canalización: Direct. Enterrados (R.Subt)

- Longitud: 25 m; Cos  $\varphi$ : 1;  $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$ : 0;

- Potencia a instalar: 330060 W.

- Potencia de cálculo: 330060 W.

$I=330060/1,732 \times 800 \times 1=238.21$  A.

Se eligen conductores Unipolares 3x300mm<sup>2</sup>Al

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE. Desig. UNE: RV-Al Eca

I.ad. a 25°C (Fc=0.872) 335.64 A. según ITC-BT-07

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 57.74

$e(\text{parcial})=25 \times 330060 / 30.71 \times 800 \times 300=1.12$  V.=0.14 %

$e(\text{total})=0.17\%$  ADMIS (6.5% MAX.)

Prot. Térmica:

Fusibles Int. 250 A.

#### Cálculo de la Línea: 1

- Tensión de servicio: 800 V.

- Canalización: Direct. Enterrados (R.Subt)

- Longitud: 68 m; Cos  $\varphi$ : 1;  $X_u(m\Omega/m)$ : 0;

- Potencia a instalar: 330060 W.

- Potencia de cálculo: 330060 W.

$I=330060/1,732 \times 800 \times 1=238.21$  A.

Se eligen conductores Unipolares 3x300mm<sup>2</sup>Al

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE. Desig. UNE: RV-Al Eca

I.ad. a 25°C (Fc=0.872) 335.64 A. según ITC-BT-07

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 57.74

$e(\text{parcial})=68 \times 330060 / 30.71 \times 800 \times 300=3.05$  V.=0.38 %

$e(\text{total})=0.41\%$  ADMIS (6.5% MAX.)

Prot. Térmica:

Fusibles Int. 250 A.

**Los resultados obtenidos se reflejan en las siguientes tablas:**

#### **Cuadro General de Mando y Protección**

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálculo (m)	Sección (mm <sup>2</sup> )	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo, Canal, Band.
Iga	1320240	6	5(3x300)Al	952.83	2275	0.03	0.03	400x60

**Subcuadro Iga**

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálculo (m)	Sección (mm <sup>2</sup> )	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo, Canal, Band.
1	330060	71	3x300Al	238.21	335.64	0.4	0.42	
1	330060	24	3x300Al	238.21	335.64	0.13	0.16	
1	330060	25	3x300Al	238.21	335.64	0.14	0.17	
1	330060	68	3x300Al	238.21	335.64	0.38	0.41	

### 1.3.3 CABLES DE CONEXIÓN

Según la ITC-BT-40, los cables de conexión deberán estar dimensionados para una intensidad no inferior al 125% de la máxima intensidad del generador.

$$1,25 \cdot I_b < I_z$$

Siendo:

$I_b$ : corriente máxima de salida del generador (inversor),

$I_z$ : corriente admisible del cable en función del sistema de instalación utilizado.

La corriente máxima admisible del conductor de Aluminio de 300 mm<sup>2</sup> según la ITC-BT-07 es de 385 A, teniendo en cuenta una temperatura del terreno de 25°C, una resistividad térmica del terreno de 1 K·m/W e instalado a una profundidad de 0,8 m. Debemos aplicarle un factor de corrección de una profundidad de 0,8 m ( $f = 0,99$ ) y de un conjunto de 4 ternas separadas 20 cm ( $f = 0,74$ ) y una resistividad de 1 Km/W ( $f = 1,19$ ). Por tanto, el factor de corrección de corriente es de:  **$f = 0,872$** .

Por tanto, la intensidad máxima admisible del cable de 300 mm<sup>2</sup> es:

$$I_z = 385 \cdot 0,87 = 334,95 \text{ A}$$

La corriente máxima que puede producir el inversor de HUAWEI SUN2000-215KTL-H3 es de: 238,2 A (según hoja de características). Por tanto, para el caso más desfavorable:

$$1,25 \cdot 216,6 < 334,95 \rightarrow 297,75 < 334,95 \text{ A} \quad \text{SE CUMPLE}$$

### 1.3.4 CÁLCULO DE INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS

Las características de funcionamiento de un dispositivo que protege un cable (o conductor) contra sobrecargas deben satisfacer las dos condiciones siguientes:

1)  $I_b \leq I_n \leq I_z$

2)  $I_n \leq 1,11 \cdot I_z$

Siendo:

$I_b$ : corriente máxima de salida,

$I_z$ : corriente admisible del cable en función del sistema de instalación utilizado.

$I_n$ : corriente asignada del dispositivo de protección.

### 1.3.5 CÁLCULO DE FUSIBLES DE LOS INVERSORES

El cálculo del fusible para proteger los inversores se realiza mediante lo expuesto en la norma UNE-HD 60364-7-712.2017, en el apartado 712.431.102.

Las dos condiciones que deben cumplir los fusibles de la línea que se desea proteger son las siguientes:

Condición 1)  $I_b \leq I_n \leq I_z$

Condición 2)  $I_2 \leq 1,45 \cdot I_z$

Donde:

I<sub>b</sub>: intensidad utilizada en el circuito.

I<sub>z</sub>: intensidad admisible de la canalización según la norma UNE-HD 60364-5-52.

I<sub>n</sub>: intensidad nominal del dispositivo de protección. Para los dispositivos de protección regulables, I<sub>n</sub> es la intensidad de regulación escogida.

I<sub>2</sub>: intensidad que asegura efectivamente el funcionamiento del dispositivo de protección. En la práctica I<sub>2</sub> se toma igual:

- a la intensidad de funcionamiento en el tiempo convencional, para los interruptores automáticos (1,45 I<sub>n</sub> como máximo).

- a la intensidad de fusión en el tiempo convencional, para los fusibles (1,6 I<sub>n</sub>).

Condición 1)

La corriente máxima que puede producir el inversor de HUAWEI SUN2000-300KTL-H1 es de:

$$I_b = 238,21 \text{ A (según datasheet).}$$

Se escoge un fusible de calibre I<sub>n</sub> = 250 A y 1.500 V (CC)

La corriente máxima admisible del conductor de Aluminio de 300 mm<sup>2</sup> según la ITC-BT-07 es de 385 A, teniendo en cuenta una temperatura del terreno de 25°C, una resistividad térmica del terreno de 1 K·m/W e instalado a una profundidad de 0,8 m. Debemos aplicarle un factor de corrección de una profundidad de 0,8 m (f = 0,99) y de un conjunto de 4 ternas separadas 20 cm (f = 0,74) y una resistividad de 1 Km/W (f = 1,19). Por tanto, el factor de corrección de corriente es de: **f = 0,872**.

Por tanto, la intensidad máxima admisible del cable de 300 mm<sup>2</sup> es:

$$I_z = 385 \cdot 0,872 = 334,95 \text{ A}$$

Sustituyendo:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$238,2 \leq 250 \leq 334,95$$

Por lo que se cumple la primera condición.

Condición 2)

Si se escoge un fusible de calibre  $I_n = 250$  A y 800 V (CA)

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_z$$

$$1,6 \cdot I_n \leq 1,45 \cdot I_z$$

$$1,6 \cdot 250 \leq 1,45 \cdot I_z$$

$$1,11 \cdot 250 \leq I_z$$

$$277,5 \leq I_z$$

Sustituyendo:

$$277,5 \leq 334,95$$

Por lo que se cumplen ambas condiciones. Por tanto, se escogerá un fusible de calibre  $I_n = 250$  A y 800 V (CA) para proteger a cada inversor.

## 1.4 CÁLCULO DE LÍNEAS DE CORRIENTE ALTERNA SERVICIOS AUXILIARES

### 1.4.1 DEMANDA DE POTENCIAS DE CORRIENTE ALTERNA Y RESULTADOS DE CÁLCULOS DE LINEAS.

#### DEMANDA DE POTENCIAS - ESQUEMA DE DISTRIBUCION TT

- Potencia total instalada:

Trafo ssa	10000 W
TOTAL....	10000 W

- Potencia Instalada Fuerza (W): 10000
- Potencia Máxima Admisible (W)\_Cosfi 0.8: 13856
- Potencia Máxima Admisible (W)\_Cosfi 1: 17320

Reparto de Fases - Líneas Monofásicas

- Potencia Fase R (W): 2300
- Potencia Fase S (W): 3700
- Potencia Fase T (W): 3380

#### Cálculo de la Línea: Trafo ssa

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared
- Longitud: 2 m; Cos  $\varphi$ : 1;  $X_u(m\Omega/m)$ : 0;
- Potencia aparente: 10 kVA.
- Índice carga c: 0.939.

$$I = Ct \times St \times 1000 / (1.732 \times U) = 1.25 \times 10 \times 1000 / (1.732 \times 400) = 18.04 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Tetrapolares 4x6mm<sup>2</sup>Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, PVC. Desig. UNE: H07V-K Eca

I.ad. a 40°C (Fc=1) 34 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 48.45

$$e(\text{parcial}) = 2 \times 10000 / (52.17 \times 400 \times 6) = 0.16 \text{ V.} = 0.04 \%$$

$$e(\text{total}) = 0.04\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 20 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

## **TRAFO INTERMEDIO**

**Trafo ssaa**

### DEMANDA DE POTENCIAS

- Potencia total instalada:

LÍNEA EXTRACCIÓN	600 W
RESISTENCIA CALEF.	700 W
L. DISPARO CELDAS	50 W
A CPyM	8030 W
TOTAL....	9380 W

- Potencia Instalada Fuerza (W): 9380

### Cálculo de la Línea: LÍNEA EXTRACCIÓN

- Tensión de servicio: 230.94 V.

- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra

- Longitud: 1 m; Cos  $\varphi$ : 1;  $X_u(m\Omega/m)$ : 0;

- Potencia a instalar: 600 W.

- Potencia de cálculo: 600 W.

$I=600/230.94 \times 1=2.6$  A.

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm<sup>2</sup>Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, PVC. Desig. UNE: H07V-K Eca

I.ad. a 40°C (Fc=1) 20 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.51

$e(\text{parcial})=2 \times 1 \times 600 / 53.68 \times 230.94 \times 2.5=0.04$  V.=0.02 %

$e(\text{total})=0.02\%$  ADMIS (5% MAX.)

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

### Cálculo de la Línea: RESISTENCIA CALEF.

- Tensión de servicio: 230.94 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 1 m; Cos  $\varphi$ : 1;  $X_u(m\Omega/m)$ : 0;
- Potencia a instalar: 700 W.
- Potencia de cálculo: 700 W.

$$I=700/230.94 \times 1=3.03 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm<sup>2</sup>Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, PVC. Desig. UNE: H07V-K Eca

I.ad. a 40°C (Fc=1) 20 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.69

$$e(\text{parcial})=2 \times 1 \times 700 / 53.64 \times 230.94 \times 2.5=0.05 \text{ V.}=0.02 \%$$

$$e(\text{total})=0.02\% \text{ ADMIS (5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

#### Cálculo de la Línea: L. DISPARO CELDAS

- Tensión de servicio: 230.94 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 3 m; Cos  $\varphi$ : 0.8;  $X_u(m\Omega/m)$ : 0;
- Potencia a instalar: 50 W.
- Potencia de cálculo: 50 W.

$$I=50/230.94 \times 0.8=0.27 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm<sup>2</sup>Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, PVC. Desig. UNE: H07V-K Eca

I.ad. a 40°C (Fc=1) 20 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.01

$$e(\text{parcial})=2 \times 3 \times 50 / 53.77 \times 230.94 \times 2.5=0.01 \text{ V.}=0 \%$$

$$e(\text{total})=0\% \text{ ADMIS (5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Cálculo de la Línea: A CPyM

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: Enterrados Bajo Tubo (R.Subt)
- Longitud: 247 m; Cos  $\varphi$ : 0.8;  $X_u(m\Omega/m)$ : 0;
- Potencia a instalar: 8030 W.
- Potencia de cálculo:  
4818 W.(Coef. de Simult.: 0.6 )

$$I=4818/1,732 \times 400 \times 0.8=8.69 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x6mm<sup>2</sup>Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE. Desig. UNE: RV-K Eca

I.ad. a 25°C (Fc=1) 57 A. según ITC-BT-07

Diámetro exterior tubo: 50 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 26.51

$$e(\text{parcial})=247 \times 4818 / 56.55 \times 400 \times 6=8.77 \text{ V.}=2.19 \%$$

$$e(\text{total})=2.19\% \text{ ADMIS (5\% MAX.)}$$

Protección Térmica en Principio de Línea

I. Mag. Tetrapolar Int. 16 A.

Protección Térmica en Final de Línea

I. Mag. Tetrapolar Int. 16 A.

Protección diferencial en Principio de Línea

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

Protección diferencial en Final de Línea

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

**SUBCUADRO****A CPyM**DEMANDA DE POTENCIAS

- Potencia total instalada:

ALUMB CASETA	230 W
SAI (SIST. SEG.)	3100 W
MONITORIZACIÓN	1500 W
CLIMATIZACIÓN	3000 W
RECTIFICADOR	200 W

TOTAL....

8030 W

- Potencia Instalada Fuerza (W): 8030

Reparto de Fases - Líneas Monofásicas

- Potencia Fase R (W): 1700

- Potencia Fase S (W): 3000

- Potencia Fase T (W): 3330

#### Cálculo de la Línea: ALUMB CASETA

- Tensión de servicio: 230.94 V.

- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra

- Longitud: 12 m; Cos  $\varphi$ : 1;  $X_u(m\Omega/m)$ : 0;

- Potencia a instalar: 230 W.

- Potencia de cálculo: 230 W.

$I=230/230.94 \times 1=1$  A.

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm<sup>2</sup>Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, PVC. Desig. UNE: H07V-K Eca

I.ad. a 40°C (Fc=1) 20 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.07

$e(\text{parcial})=2 \times 12 \times 230 / 53.76 \times 230.94 \times 2.5=0.18$  V.=0.08 %

$e(\text{total})=2.27\%$  ADMIS (5% MAX.)

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

#### Cálculo de la Línea: SAI (SIST. SEG.)

- Tensión de servicio: 230.94 V.

- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra

- Longitud: 10 m; Cos  $\varphi$ : 1;  $X_u(m\Omega/m)$ : 0;

- Potencia a instalar: 3100 W.

- Potencia de cálculo: 3100 W.

$I=3100/230.94 \times 1=13.42$  A.

Se eligen conductores Unipolares 2x4+TTx4mm<sup>2</sup>Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, PVC. Desig. UNE: H07V-K Eca  
I.ad. a 40°C (Fc=1) 26 A. según ITC-BT-19  
Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 48  
 $e(\text{parcial})=2 \times 10 \times 3100 / 52.25 \times 230.94 \times 4 = 1.28 \text{ V.} = 0.56 \%$   
 $e(\text{total})=2.75\% \text{ ADMIS (5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

#### Cálculo de la Línea: MONITORIZACIÓN

- Tensión de servicio: 230.94 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 3 m; Cos  $\varphi$ : 1;  $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$ : 0;
- Potencia a instalar: 1500 W.
- Potencia de cálculo: 1500 W.

$I=1500/230.94 \times 1=6.5 \text{ A.}$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm<sup>2</sup>Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, PVC. Desig. UNE: H07V-K Eca  
I.ad. a 40°C (Fc=1) 20 A. según ITC-BT-19  
Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 43.16  
 $e(\text{parcial})=2 \times 3 \times 1500 / 53.16 \times 230.94 \times 2.5 = 0.29 \text{ V.} = 0.13 \%$   
 $e(\text{total})=2.32\% \text{ ADMIS (5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

#### Cálculo de la Línea: CLIMATIZACIÓN

- Tensión de servicio: 230.94 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 10 m; Cos  $\varphi$ : 1;  $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$ : 0;
- Potencia a instalar: 3000 W.
- Potencia de cálculo: 3000 W.

$$I=3000/230.94 \times 1=12.99 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x4+TTx4mm<sup>2</sup>Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, PVC. Desig. UNE: H07V-K Eca

I.ad. a 40°C (Fc=1) 26 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 47.49

$$e(\text{parcial})=2 \times 10 \times 3000 / 52.35 \times 230.94 \times 4=1.24 \text{ V.}=0.54 \%$$

$$e(\text{total})=2.73\% \text{ ADMIS (5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

#### Cálculo de la Línea: RECTIFICADOR

- Tensión de servicio: 230.94 V.

- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra

- Longitud: 5 m; Cos  $\varphi$ : 1;  $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$ : 0;

- Potencia a instalar: 200 W.

- Potencia de cálculo: 200 W.

$$I=200/230.94 \times 1=0.87 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm<sup>2</sup>Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, PVC. Desig. UNE: H07V-K Eca

I.ad. a 40°C (Fc=1) 20 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.06

$$e(\text{parcial})=2 \times 5 \times 200 / 53.76 \times 230.94 \times 2.5=0.06 \text{ V.}=0.03 \%$$

$$e(\text{total})=2.22\% \text{ ADMIS (5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

**Los resultados obtenidos se reflejan en las siguientes tablas:**

#### **Cuadro General de Mando y Protección**

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm <sup>2</sup> )	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
Trafo ssaa	12500	2	4x6Cu	18.04	34	0.04	0.04	
LÍNEA EXTRACCIÓN	600	1	2x2.5+TTx2.5Cu	2.6	20	0.02	0.02	20
RESISTENCIA CALEF.	700	1	2x2.5+TTx2.5Cu	3.03	20	0.02	0.02	20
L. DISPARO CELDAS	50	3	2x2.5+TTx2.5Cu	0.27	20	0	0	20
A CPyM	4818	247	4x6Cu	8.69	57	2.19	2.19	50

**Subcuadro A CPyM**

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm <sup>2</sup> )	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
ALUMB CASETA	230	12	2x2.5+TTx2.5Cu	1	20	0.08	2.27	20
SAI (SIST. SEG.)	3100	10	2x4+TTx4Cu	13.42	26	0.56	2.75	20
MONITORIZACIÓN	1500	3	2x2.5+TTx2.5Cu	6.5	20	0.13	2.32	20
CLIMATIZACIÓN	3000	10	2x4+TTx4Cu	12.99	26	0.54	2.73	20
RECTIFICADOR	200	5	2x2.5+TTx2.5Cu	0.87	20	0.03	2.22	20

## 2 CÁLCULOS ELÉCTRICOS JUSTIFICATIVOS DE ALTA TENSIÓN.

En el siguiente apartado se realizará el estudio de cada tramo de la instalación, considerando las líneas eléctricas, canalizaciones y protecciones.

Para el cálculo de las líneas se tendrá en cuenta las siguientes expresiones, bien sea en continua, alterna monofásica o alterna trifásica.

### 2.1 LÍNEA AÉREA DE ALTA TENSIÓN.

La tensión horizontal del conductor en las condiciones iniciales ( $T_0$ ), se realizará teniendo en cuenta las condiciones siguientes:

a) Que el coeficiente de seguridad a la rotura sea como mínimo igual a 2,5 en las condiciones atmosféricas que provoquen la máxima tensión de los conductores según apartado 3.2.1 de ITC07 del R.L.A.T.

b) Que la tensión de trabajo de los conductores a una temperatura media según la zona (15 °C para Zona A y 10 °C para Zona B o C) sin ninguna sobrecarga, no exceda de un porcentaje de la carga de rotura recomendado. Este fenómeno es el llamado E.D.S. (Every Day Stress).

Tramo	Vano (m)	Desnivel (m)	Vano Reg. (m)	Tensión máxima (kg)	E.D.S.			Tensiones y Flechas					
					Cálc. %	Valor máxi. %	Temp. °C	T.máxima -5° + V T (daN)	T.Viento 1/2 (120km/h) T (daN)	15°C+V (120km/h)		50°C	
										T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)
1-2	19	0,02	19	1003	14,94	15	15	1003	996	680	0,06	161	0,12
2-3	96	0,74	96	1082	14,28	15	15	1082	368	885	1,25	368	1,36

#### 2.1.1 VANO DE REGULACIÓN

El vano ideal de regulación, limitado por dos apoyos de amarre, viene dado por:

$$a_r = \frac{\sum \frac{b_i^3}{a_i^2}}{\sum \frac{b_i^2}{a_i}} \sqrt{\frac{\sum a_i^3}{\sum \frac{b_i^2}{a_i}}}$$

- $a_r$ : Longitud proyectada del vano de regulación (m).
- $b_i$ : Distancia en línea recta entre los dos puntos de fijación del conductor en el vano  $i$ .(m)
- $a_i$ : Proyección horizontal de  $b_i$  (m)

En este caso, como los dos vanos están formados por apoyos de amarre, el vano de regulación coincide con la longitud de cada vano.

### 2.1.1 ECUACIÓN DE CAMBIO DE CONDICIONES

La "ecuación de cambio de condiciones" nos permite calcular la componente horizontal de la tensión para unos valores determinados de sobrecarga (que será el peso total del conductor y cadena + sobrecarga de viento o nieve, si existiesen) y temperatura, partiendo de una situación de equilibrio inicial de sobrecarga, temperatura y tensión mecánica. Esta ecuación tiene la forma:

$$T^2 * (T + A) = B$$

$$A = \alpha * (\theta - \theta_0) * S * E - T_0 + \frac{a_r^2}{24} * \frac{P_0^2}{T_0^2} * S * E$$

$$B = \frac{a_r^2 * P^2}{24} * S * E$$

- $a_r$ : Longitud proyectada del vano de regulación (m).
- $T_0$ : Tensión horizontal en las condiciones iniciales (kg).
- $\theta_0$ : Temperatura en las condiciones iniciales (°C).
- $P_0$ : Sobrecarga en las condiciones iniciales según zona donde nos encontremos (kg/m).
- $T$ : Tensión horizontal en las condiciones finales (kg).
- $\theta$ : Temperatura en las condiciones finales (°C).
- $P$ : Sobrecarga en las condiciones finales (kg/m).
- $S$ : Sección del conductor (mm<sup>2</sup>).
- $E$ : Módulo de elasticidad del conductor (kg/mm<sup>2</sup>).
- $\alpha$ : Coeficiente de dilatación lineal del conductor (m/°C).

Como se señaló anteriormente, la sobrecarga en condiciones finales será:

$$P = P_{\text{cond}} + \text{Sobrecarga}_{\text{hielo o viento}}$$

### 2.1.2 FLECHA MÁXIMA

Las flechas que se alcanzan en cada vano, se han calculado utilizando la ecuación de Truxá:

$$f = \frac{p * a * b}{8 * T} * \left(1 + \frac{a^2 * p^2}{48 * T^2}\right)$$

- $a$ : Longitud proyectada del vano (m).
- $h$ : Desnivel (m).
- $b$ : Longitud real del vano (m)  $\rightarrow b = \sqrt{a^2 + h^2}$
- $T$ : Componente horizontal de la tensión (kg).

- *p*: *Peso del conductor por metro lineal en las condiciones consideradas (kg/m).*

El tendido de la línea se realizará de modo que la curva catenaria mantenga una distancia al terreno mínima de **7 metros**.

### 2.1.3 TABLA DE TENDIDO ZONA 'A' CONDUCTOR LA-110(94-AL1/22-ST1A) – TENSE LÍMITE ESTÁTICO DINÁMICO

Long Vano (m)	Desnivel de Conduc. (m)	Vano Reg. (m)	-5 °C		0°C		5°C		10°C		15°C		20°C		25°C		30°C		35°C		40°C		45°C		50°C	
			T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F
19	0,02	19	993	0,02	909	0,02	825	0,02	741	0,03	657	0,03	570	0,03	493	0,04	413	0,05	336	0,06	265	0,07	206	0,1	161	0,12
96	0,74	96	882	0,56	813	0,61	747	0,67	686	0,73	628	0,79	576	0,86	530	0,94	530	1,02	452	1,11	420	1,19	392	1,27	368	1,36

## 2.1.4 DISTANCIAS DE SEGURIDAD

### 2.1.4.1 DISTANCIA DE LOS CONDUCTORES AL TERRENO

De acuerdo con el apartado 5.5 de la ITC07 del R.L.A.T., En todo momento la distancia de los conductores al terreno deberá ser superior a:  $D_{add} + D_{el} = 5,3 + D_{el}$  (con un mínimo de 7 m.). A un nivel de tensión de 15 kV le corresponde una  $D_{el}$  de 0,22 m.

Por tanto, obtenemos una distancia mínima de:  $D_{add} + D_{el} = 5,52$  metros.

-  $D_{add} + D_{el}$ : Distancia del conductor inferior al terreno, en metros.

### 2.1.4.2 DISTANCIAS ENTRE CONDUCTORES

La distancia mínima de los conductores entre sí viene marcada por el artículo 5.4.1 de la ITC07 del R.L.A.T., esto es:

$$D = K \cdot \sqrt{F + L} + K' \cdot D_{pp}$$

- D: Separación entre conductores de fase del mismo circuito o circuitos distintos en metros.

- K: Coeficiente que depende de la oscilación de los conductores con el viento, que se tomará de la tabla 16 del apartado 5.4.1 de la ITC07 del R.L.A.T..

- F: Flecha máxima en metros, para las hipótesis según el apartado 3.2.3 de la ITC07 del R.L.A.T. (m).

- L: Longitud en metros de la cadena de suspensión. En el caso de conductores fijados al apoyo por cadenas de amarre o aisladores rígidos  $L=0$ .

-  $D_{pp}$ : Distancia mínima aérea especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase durante sobretensiones de frente lento o rápido. Los valores de  $D_{pp}$  se indican en el apartado 5.2 de la ITC07 del R.L.A.T., en función de la tensión más elevada de la línea.

En el apartado 1.5.6 de la presente memoria puede consultarse el chequeo de tales distancias para cada uno de los apoyos,

Núm.	Función	Tipo torre	Comp. Dist. Entre cond. en el apoyo		Comp. Dist. Entre cond. En el vano (m)		Comprobación dist. A masa		
			Dist. Entre fases exigida mín.	Distancia exist. F-F	Dist. Entre fases exig. Vano anterior	Dist. Entre fases exig. Vano posterior	L. puente.	D1	D2
2	AL-AM	C-1000-12	0,82	1,39	0,34	0,82	1,32	1,24	0,52

## 2.1.5 APOYOS

### 2.1.5.1 CRITERIOS DE CÁLCULO

Se calcularán los apoyos estudiando las cargas a las que están sometidos bajo cuatro hipótesis diferentes: Hipótesis de Viento, Hipótesis de Hielo, Hipótesis de Hielo + Viento, Hipótesis de Desequilibrio de fases e Hipótesis de Rotura de conductores. El análisis de tales hipótesis estará condicionado por la función del apoyo y por la zona en la que se encuentra (Zona A, B o C)

### 2.1.5.2 ACCIONES CONSIDERADAS

#### o CARGAS VERTICALES:

- Carga vertical permanente (Pvp):

$$P_{vp} = n \cdot \left[ P_{cond} \cdot \left( \frac{a_1 + a_2}{2} \right) + P_{cad} + T \cdot \left( \frac{h_1}{a_1} + \frac{h_2}{a_2} \right) \right]$$

Siendo:

- a1 y a2: Longitud proyectada del vano anterior y posterior.
- Pcond: Peso propio del conductor.
- Pcadl: Peso de la cadena, aisladores más herrajes.
- n: Número de conductores.
- h1 y h2: Desnivel del vano anterior y posterior (m).
- T: Tensión máxima del conductor en la hipótesis considerada (Kg).

- Sobrecarga por hielo (Sh):

$$S_h = P_h \cdot \left( \frac{a_1 + a_2}{2} \right) \cdot n$$

- Ph: Sobrecarga de hielo. En zona B = 0,18. (Kg/m); en zona C = 0,36. (kg/m). Siendo d el diámetro del conductor (mm).

#### o CARGAS HORIZONTALES

- Fuerza del viento sobre un apoyo de alineación (F):

$$F = q \cdot d \cdot \left( \frac{a_1 + a_2}{2} \right)$$

- q:: Presión del viento sobre el conductor (Kg/m<sup>2</sup>). Siendo  $q = 60 \cdot \left( \frac{V_v}{120} \right)^2$  Kg/m<sup>2</sup>

cuando  $d \leq 16$ mm y  $q = 50 \cdot \left( \frac{V_v}{120} \right)^2$  kg/m<sup>2</sup> cuando  $d > 16$ mm.

- d: diámetro del conductor en mm.

- Resultante de ángulo (Ra):

$$R_a = T \cdot 2 \cdot n \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

Siendo, al igual que antes,  $\alpha$  el ángulo interno que forman los conductores entre sí.

- Desequilibrio de tracciones (Dt):

Se denominan desequilibrio de tracciones al esfuerzo longitudinal existente en el apoyo, debido a la diferencia de tensiones en los vanos contiguos. Los desequilibrios se consideran como porcentajes de la tensión máxima aplicada a todos los conductores.

$$D_t = \% \cdot T_{m\acute{a}xima}$$

- Desequilibrio en apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de asilamiento de suspensión:

Un  $\leq 66$ kV, 8%, distribuidos en el eje a la altura de los puntos de fijación de los conductores y cables de tierra.

- Desequilibrio en apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de amarre:

Un  $< 66$ kV, 15%, distribuidos en el eje a la altura de los puntos de fijación de los conductores y cables de tierra.

- Desequilibrio en apoyos de anclaje:

Un  $< 66$ kV, 50%, distribuidos en el eje a la altura de los puntos de fijación de los conductores y cables de tierra.

- Desequilibrio en apoyos de fin de línea:

100% de las tracciones unilaterales de todos los conductores y cables de tierra, considerándose aplicado cada esfuerzo en el punto de fijación del correspondiente conductor o cable de tierra al apoyo. Se deberá tener en cuenta la torsión a que estos esfuerzos pudieran dar lugar.

- Desequilibrios muy pronunciados:

Deberá analizarse el desequilibrio de tensiones de los conductores en las condiciones más desfavorables de los mismos. Si el resultado de este análisis fuera más desfavorable que los valores fijados anteriormente, se aplicarán estos.

- Desequilibrio en apoyos especiales:

Desequilibrio más desfavorable que puedan ejercer los conductores. Se aplicarán los esfuerzos en el punto de fijación de los conductores.

- Rotura de conductores (Rc):

La rotura de conductores se aplica con un % de la tensión máxima del conductor roto.

$$R_c = \% \cdot T_{m\acute{a}xima}$$

- Rotura de conductores en apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de asilamiento de suspensión:

Rotura de un solo conductor o cable de tierra.

Esfuerzo de rotura aplicable (% de la tensión del cable roto):

El 50% en líneas de 1 ó 2 conductores por fase.

El 75% en líneas de 3 conductores.

No se considera reducción en líneas de 4 o más conductores por fase.

- Rotura de conductores en apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de amarre:

Rotura de un solo conductor o cable de tierra. Sin reducción alguna en la tensión.

- Rotura de conductores en apoyos de anclaje:

Esfuerzo de rotura aplicable (% de la tensión total del haz de fase):

El 100% para líneas con un conductor por fase.

El 50% para líneas con 2 o más conductores por fase.

- Rotura de conductores en apoyos de fin de línea.

Se considerará este esfuerzo como en los apoyos de anclaje, pero suponiendo, en el caso de las líneas con haces múltiples, los conductores sometidos a la tensión mecánica que les corresponda, de acuerdo con la hipótesis de carga.

- Rotura de conductores en apoyos especiales.

Se considerará el esfuerzo que produzca la sollicitación más desfavorable para cualquier elemento del apoyo.

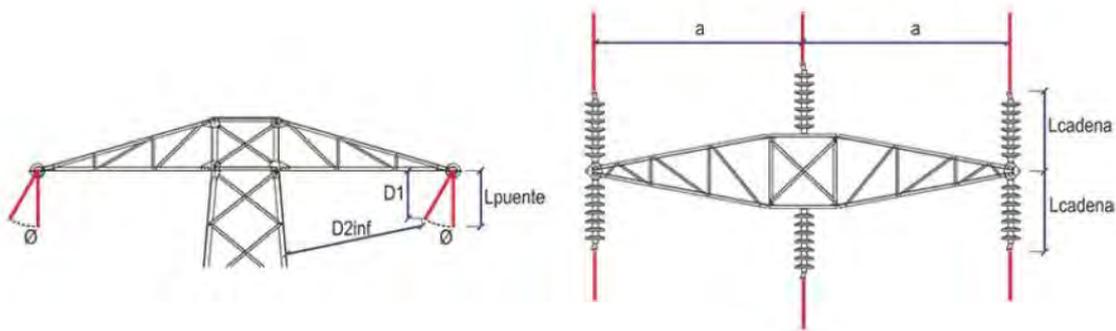


Ilustración 1: Apoyo n.º. 1: Alineación-amarre

### 2.1.5.3 RESUMEN DE ESFUERZOS APLICADOS

#### 2.1.5.3.1 ESFUERZOS APLICADOS 1ª HIPÓTESIS (VIENTO 140 km/h)

Número apoyo	Función apoyo	Tipo cruceta	Torre seleccionada	ESFUERZOS VERTICALES		ESFUERZOS HORIZONTALES				
				Fase (Kg)	Total (Kg)	Fase (Kg)		Total (Kg)		Esfuerzo equivalente (Kg)
						Transversal	Longitudinal	Transversal	Longitudinal	
1	AL-AM	T	C-1000	25	76	62	79	187	237	424

#### 2.1.5.3.2 ESFUERZOS APLICADOS 2ª HIPÓTESIS (HIELO)

Al tratarse de zona A la segunda hipótesis no aplica

**2.1.5.3.3 ESFUERZOS APLICADOS 3ª HIPÓTESIS (DESEQUILIBRIO)**

Número apoyo	Función apoyo	Tipo cruceta	Torre seleccionada	ESFUERZOS VERTICALES		ESFUERZOS HORIZONTALES				
				Fase (Kg)	Total (Kg)	Fase (Kg)		Total (Kg)		Esfuerzo equivalente (Kg)
						Transversal	Longitudinal	Transversal	Longitudinal	
1	AL-AM	T	C-1000	25	76	0	162	0	487	487

**2.1.5.3.4 ESFUERZOS APLICADOS 4º HIPÓTESIS (FASE)**

Se ha prescindido de la consideración de la 4º hipótesis, de acuerdo a lo indicado en el punto 3.5.3 de la ITC-LAT-07

### 2.1.6 CIMENTACIONES

Las cimentaciones de las torres constituidas por monobloques de hormigón se calculan al vuelco según el método suizo de Sulzberger.

El momento de vuelco será:

$$M_v = F \cdot \left(h + \frac{2}{3} \cdot t\right) + F_v \cdot \left(h_t / 2 + 2/3 \cdot t\right)$$

- F = Esfuerzo nominal del apoyo en Kg
- h = Altura de aplicación del esfuerzo nominal en m.
- t = Profundidad de la cimentación en m.
- Fv = Esfuerzo del viento sobre la estructura en Kg.
- ht = Altura total del apoyo en m.

Por otra parte, el momento resistente al vuelco es:

$$M_r = M_1 + M_2$$

Donde:

$$M_1 = 139 \cdot K \cdot a \cdot t^4, \quad M_2 = 880 \cdot a^3 \cdot t + 0,4 \cdot p \cdot a$$

Siendo:

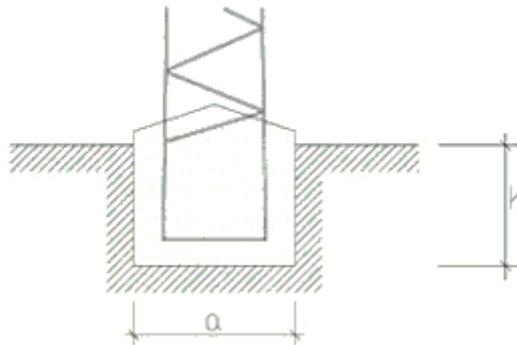
- M1 = Momento debido al empotramiento lateral del terreno.
- M2 = Momento debido a las cargas verticales.
- K = Coeficiente de compresibilidad del terreno a 2 metros de profundidad (Kg/cm<sup>2</sup> x cm)
- a = Anchura de la cimentación en metros.
- p = Peso de la torre y herrajes en Kg.

Estas cimentaciones deben su estabilidad fundamentalmente a las reacciones horizontales del terreno, por lo que teniendo en cuenta el apartado 3.6.1 de la ITC07 del R.L.A.T., debe cumplirse que:

$$M_1 + M_2 \geq M_v$$

Las dimensiones de las cimentaciones a realizar en cada uno de los apoyos, incluidos los volúmenes de excavación y hormigonado, se especifican en el apartado 5 de la memoria descriptiva.

### Cimentación monobloque



Apoyo	Torre	Terreno	Tipo	a (m)	h (m)	b (m)	H (m)	c (m)	Vex (m <sup>3</sup> )	V horm (m <sup>3</sup> )
1	C-1000-12	Normal	Monobloque	0,92	1,69				1,43	1,6

## 2.1.7 AISLAMIENTO Y HERRAJES

### 2.1.7.1 AISLADORES

Según establece la ITC07 del R.L.A.T., apartado 3.4, el coeficiente de seguridad mecánico de los aisladores no será inferior a 3. Si la carga de rotura electromecánica mínima garantizada se obtuviese mediante control estadístico en la recepción, el coeficiente de seguridad podrá reducirse a 2,5.

$$C.S = \text{Carga rotura aislador} / T_{\text{máx}} = 3$$

En el caso que nos ocupa tenemos una cadena de aisladores con un coeficiente de seguridad de:

$$\mathbf{U70YB30 ; C.S. = 7000 / 1100 = 6,36 .}$$

También se tendrá que comprobar que la cadena de aisladores seleccionada cumple los niveles de aislamiento para tensiones soportadas (tablas 12 y 13 del apartado 4.4 de la ITC07 del R.L.A.T.) en función de las Gamas I (corta duración a frecuencia industrial y a la tensión soportada a impulso tipo rayo) y II (impulso tipo maniobra y la tensión soportada a impulso tipo rayo).

### 2.1.7.2 HERRAJES

Según establece el apartado 3.3 del de la ITC07 del R.L.A.T., los herrajes sometidos a tensión mecánica por los conductores y cables de tierra, o por los aisladores, deberán tener un coeficiente de seguridad mecánica no inferior a 3 respecto a su carga mínima de rotura. Cuando la carga mínima de rotura se comprobase sistemáticamente mediante ensayos, el coeficiente de seguridad podrá reducirse a 2,5.

Las grapas de amarre del conductor deben soportar una tensión mecánica en el amarre igual o superior al 95% de la carga de rotura del mismo, sin que se produzca su deslizamiento.

$$\mathbf{GA_2; C.S. = 6000 / 1100 = 5,45}$$

**R-16; C.S. = 11000 / 1100 = 10**

## 2.1.8 CÁLCULOS ELÉCTRICOS POR CIRCUITO

(Nota: todos los cálculos hacen referencia al tramo proyectado de 115 m.)

### 2.1.8.1 RESISTENCIA ELÉCTRICA DE LA LÍNEA

La resistencia de la línea será:

$$R_L = [L(km) \cdot R(\Omega/km)]/n^{\circ}$$

Donde:

- L (Km) = Longitud de la línea.
- R ( $\Omega/km$ ) = Resistencia eléctrica del conductor a 20°C de temperatura.
- RL ( $\Omega$ ) = Resistencia total de la línea.
- n° = Número de conductores por fase.

Por lo tanto:

$$R_L = \left[ 0,115 (km) \cdot 0,3066 \left( \frac{\Omega}{km} \right) \right] / 1 = 0,03526 \Omega$$

### 2.1.8.2 REACTANCIA DEL CONDUCTOR

La reactancia kilométrica de la línea se calcula empleando la siguiente fórmula:

$$X = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot \left( \frac{\mu}{2n} + 4,605 \cdot \log(D/r) \right) \cdot 10^{-4} \Omega/km$$

- X= Reactancia aparente en ohmios por kilómetro.
- f= Frecuencia de la red en hercios=50.
- r= Radio equivalente del conductor en milímetros.
- D= Separación media geométrica entre conductores en milímetros.
- $\mu$ = Permeabilidad magnética del conductor. Para conductores de cobre, acero-aluminio y aluminio tiene un valor de 1.
- n° = Número de conductores por fase.

La separación media geométrica (D) la calculamos como:

Por lo tanto:

$$X = 0,3603 \Omega/km$$

### 2.1.8.3 DENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE

La densidad máxima admisible de un conductor, en régimen permanente, para corriente alterna y frecuencia de 50 Hz, se deduce de la tabla 11 del apartado 4.2 del de la ITC07 del R.L.A.T.

Para un conductor de Acero-Aluminio, LA-110(94-AL1/22-ST1A), de 116,2 mm<sup>2</sup> de sección y configuración 6+1 la densidad de corriente máxima admisible es la siguiente:

$$D_{m\acute{a}x. adm} = 2,73 A/mm^2$$

### 2.1.8.4 INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE

La corriente máxima que puede circular por el cable es de:

$$I_{m\acute{a}x} = D_{m\acute{a}x. adm} \cdot S \cdot n^{\circ}$$

Siendo:

- I = Intensidad de corriente máxima en A.
- S = Sección del conductor (mm<sup>2</sup>)
- D<sub>máx.adm.</sub> = Densidad de corriente máxima soportada por el cable (A/mm<sup>2</sup>).

Entonces:

$$I_{m\acute{a}x} = 2,73 \frac{A}{mm} \cdot 116,2 mm^2 \cdot 1 = 317,24 A$$

### 2.1.8.5 POTENCIA MÁXIMA A TRANSPORTAR

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

$$P_{m\acute{a}x} = \sqrt{3} \cdot V \cdot I_{m\acute{a}x} \cdot \cos \varphi$$

Siendo:

- P = Potencia en kW.
- V = tensión en kV.
- cos  $\varphi$  = Factor de potencia.

Entonces:

$$P_{m\acute{a}x} = \sqrt{3} \cdot 0,9 \cdot 15 kV \cdot 317,24 A = 6.594 kW$$

#### 2.1.8.6 CAÍDA DE TENSIÓN

La caída tensión viene dada por la fórmula:

$$e = \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot (R \cdot \cos \theta + X \cdot \sin \theta)$$

Siendo:

e = Caída de tensión (V.).

L = Longitud de la línea (Km.).

Por lo tanto, tenemos una caída de tensión:

$$e = \sqrt{3} \cdot 317,24 \cdot 0,115 \cdot (0,0353 \cdot 0,9 + 0,3603 \cdot 0,436) = 29,1613V$$

En tanto por ciento, la caída de tensión en la línea será de 0,1615 % , que es menor que el 5% recomendable.

#### 2.1.8.7 PÉRDIDA DE POTENCIA

La pérdida de potencia que, por el efecto Joule, se produce en la línea viene dada por la expresión:

$$P_p = 3 \cdot I^2 \cdot R \cdot L$$

Por lo tanto, la potencia perdida es de:

$$P_p = 3 \cdot 317,24^2 \cdot 0,035 = 10,6458 \text{ kW}$$

Lo que supone un 0,1615 % de la máxima potencia transportada.

#### 2.1.8.8 RENDIMIENTO DE LA LÍNEA

Viene dado por la expresión:

$$\mu = \frac{P_{total} - P_{perdida}}{P_{total}} \cdot 100$$

$$\mu = \frac{999 - 10,64}{999} \cdot 100 = 99,93\%$$

### 2.1.8.9 CAPACIDAD MEDIA DE LA LÍNEA:

Viene dado por la expresión:

$$B = \frac{0,0242}{\log\left(\frac{D}{r}\right)}$$

-  $r$  = Radio equivalente del conductor en milímetros.

-  $D$  = Separación media geométrica entre conductores en milímetros.

$$B = 0,0102 \mu F/km$$

### 2.1.8.10 EFECTO CORONA

La tensión crítica disruptiva:

$$U_c = \frac{29,8}{\sqrt{2}} \cdot m_c \cdot m_t \cdot \frac{298}{(273 + \theta)} \cdot e^{-h/8150} \cdot r \cdot n^0 \cdot \ln(D/r_{eq})$$

Donde las consideraciones que se han tenido en cuenta son las siguientes:

- $m_c$  = Coeficiente de rugosidad de la superficie del conductor (0,85 para cables)
- $\theta$  = Temperatura máxima del tendido
- $h$  = Cota máxima del terreno en metros.
- $r$  = Radio del conductor en milímetros.
- $r_{eq}$  = Radio equivalente del conductor en milímetros.
- $m_t$  = Coeficiente del estado del tiempo (0,8 para tiempo húmedo)
- $D$  = Separación media geométrica entre conductores en milímetros.

$$U_c = 56 kV$$

### 2.1.9 CÁLCULO DE PUESTA A TIERRA

En este apartado se realizará el cálculo de la puesta a tierra de los apoyos. Para ello se distinguirá entre dos tipos de apoyos: apoyos no frecuentados y apoyos frecuentados.

- **Apoyos no frecuentados:** son los situados en lugares que no son de acceso público o donde el acceso de personas es poco frecuente.
- **Apoyos frecuentados:** son los situados en lugares de acceso público y donde la presencia de personas ajenas a la instalación eléctrica es frecuente: donde se espere que las personas se queden durante un tiempo relativamente largo, algunas horas al día durante varias semanas, o por un tiempo corto pero muchas veces al día. Los lugares como bosques, campo abierto, campos de labranza, etc., no están incluidos.



A su vez, los apoyos frecuentados se clasifican en:

- Apoyos frecuentados con calzado: se considerará como resistencias adicionales la resistencia adicional del calzado y la resistencia a tierra en el punto de contacto.
- Apoyos frecuentados sin calzado: se considerará como resistencia adicional únicamente la resistencia a tierra en el punto de contacto. La resistencia adicional del calzado será nula.

#### 2.1.9.1 APOYOS NO FRECUENTADOS

Se considerarán como apoyos no frecuentados los situados en lugares que no son de acceso público, o en los que están ubicados en zonas donde el acceso a personas es poco frecuente.

Para el presente proyecto, no se considerará ningún apoyo como no frecuentado.

#### 2.1.9.2 APOYOS FRECUENTADOS CON CALZADO

Se considerarán apoyos frecuentados con calzado aquellos que se encuentren en lugares donde pueda ser posible el acceso al apoyo con calzado.

Para el presente proyecto, el apoyo a instalar será considerado como apoyo frecuentado con calzado, debido a que posee elementos de maniobra y se prevé que una persona pueda estar un corto periodo de tiempo.

##### 2.1.9.2.1 Tensión de contacto, de paso y de paso en el acceso máximas admisibles

La tensión de paso máxima que se producirá en el cuerpo humano será:

$$V_p = \frac{10 \cdot K}{t^n} \cdot \left[ 1 + \frac{2 \cdot R_{a1} + 2 \cdot R_{a2}}{Z_B} \right] (V)$$

La tensión de contacto máxima que se producirá en el cuerpo humano:

$$V_c = \frac{K}{t^n} \cdot \left[ 1 + \frac{R_{a1} + R_{a2}}{2 \cdot Z_B} \right]$$

La tensión de paso en el acceso es la tensión que representa un pie en el terreno y otro en la solera de hormigón:

$$V_{pacc} = \frac{10 \cdot K}{t^n} \cdot \left[ 1 + \frac{2 \cdot R_{a1} + 3 \cdot \rho_s + 3 \cdot \rho_{norm}}{Z_B} \right]$$

Donde:

- $U_p$ : es la máxima tensión de paso admisible en la instalación (V).
- $t$ : es el tiempo de la duración de la falta (0,5 s para este caso)
- $R_{a1}$ : es la resistencia equivalente del calzado de un pie cuya suela sea aislante. Se puede emplear como valor 2000  $\Omega$ .
- $R_{a2}$ : es la resistencia a tierra del punto de contacto. Se puede aproximar a  $R_{a2} = 3 \cdot \rho_s$ ,  
Siendo  $\rho_s$  la resistividad del terreno y  $\rho_{norm}$  es la resistividad del hormigón.
- $Z_B$ : es la impedancia del cuerpo humano, con un valor de 1000  $\Omega$ .

- K y n: constantes que dependen de la duración de la falta:

Tabla 4.1. Definición de la tensión de paso aplicada máxima admisible según el RCE

t (s)	K	n	$U_{ca}$ (V)	$U_{pa}$ (V)
$0,1 \leq t < 0,9$	72	1	$K/t^n$	$10 \cdot K/t^n$
$0,9 \leq t < 3,0$	78,5	0,18	$K/t^n$	$10 \cdot K/t^n$
$3,0 \leq t < 5,0$	-	-	64	640
$t \geq 5,0$	-	-	50	500

Como resultado se han obtenido los siguientes valores de tensión de paso, contacto y paso en el acceso máximas admisibles aplicadas al cuerpo humano:

Como datos de partida:

$$t = 0,5 \text{ s}$$

$$K = 72$$

$$n = 1$$

$$\rho_s = 300 \frac{\Omega}{m}, \rho_{horm} = 3000 \frac{\Omega}{m}$$

Los valores obtenidos son:

$$V_p = 9.792 \text{ V}$$

$$V_c = 352,8 \text{ V}$$

$$V_{pacc} = 21.456 \text{ V}$$

#### 2.1.9.2.2 Elección del esquema de tierras

Para la puesta a tierra de los apoyos se empleará la configuración formada por un cuadrado de cable enterrado a 0,5 metros, con 4 picas verticales de 2 metros de longitud y 14 mm de diámetro. El cable será de cobre con una sección de 50 mm<sup>2</sup>.

Los parámetros característicos de esta configuración de puesta a tierra son:

- Dimensiones de la cimentación: 1,08 x 1,08 (m).
- Dimensiones del electrodo: 3,2 x 3,2 (m).
- $K_r = 0,113 (\Omega/\Omega \cdot m)$
- $K_p = 0,023 (V/\Omega \cdot m \cdot A)$
- $K_{pacc} = K_c = 0,035 (V/\Omega \cdot m \cdot A)$

### 2.1.9.2.3 Resistencia de tierra del esquema de tierras

Se obtendrá de la siguiente expresión:

$$R_t = \rho_s \cdot K_r$$

$$R_t = 33,9 \Omega$$

### 2.1.9.2.4 Intensidad de defecto máxima

Al estar ubicada la instalación en la zona de la compañía eléctrica i-DE, para la obtención de la intensidad de defecto máxima, se considerará la red con neutro conectado a tierra mediante una impedancia de  $40 \Omega$  y reactancia de  $0 \Omega$ . La intensidad de defecto a tierra será calculada mediante la siguiente fórmula:

$$I_d = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_n + R_t)^2 + X_n^2}}$$

Donde:

- $I_d$ : es la intensidad de defecto máxima (A).
- $U$ : es la tensión (V).
- $R_t$ : es la resistencia de tierra ( $\Omega$ ).
- $R_n$ : es la resistencia de la puesta a tierra del neutro de la red ( $\Omega$ ).
- $X_n$ : es la reactancia de la puesta a tierra del neutro de la red ( $\Omega$ ).

Por tanto:

$$I_d = \frac{15.000}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(45 + 33,9)^2 + 0^2}} = 109,76 A$$

### 2.1.9.2.5 Tensión de contacto, de paso y de paso en el acceso que se producen en el apoyo

Las tensiones de contacto, tensión de paso y tensión de paso en el acceso se obtienen de las siguientes expresiones:

$$U_c = K_c \cdot \rho \cdot I_d$$

$$U_p = K_p \cdot \rho \cdot I_d$$

$$U_{pacc} = K_{pacc} \cdot \rho \cdot I_d$$

Siendo:

- $U_p$ : Tensión de paso (V)
- $I_d$ : Intensidad de defecto máxima (A)
- $K_p$ : coeficiente tensión de paso ( $V/\Omega \cdot m \cdot A$ )

Por tanto:

$$U_c = 0,035 \cdot 300 \cdot 109,76 = 1.152,48 V$$

$$U_p = 0,023 \cdot 300 \cdot 109,76 = 757,34 V$$

$$U_{pacc} = 0,035 \cdot 300 \cdot 109,76 = 1.152,48 V$$

**2.1.9.2.6 Comparación entre los valores admisibles y los valores que se producen en el apoyo:**

Los valores de las tensiones que se producen en el apoyo deben ser inferiores a las tensiones máximas admisibles:

	Tensiones máximas admisibles (V)	Tensiones producidas en el apoyo (V)	$V_{\text{admisible}} > U_{\text{apoyo}}$
$V_c$	352,8	1.152,48	NO CUMPLE
$V_p$	9.792	757,34	CUMPLE
$V_{\text{pacc}}$	21.456	1.152,48	CUMPLE

Como se puede observar, la tensión de contacto no cumple, ya que es muy difícil cumplir con esa tensión solamente con los electrodos de tierra. Es por ello, que se instalará un mallazo electrosoldado como medida correctora. Con ello se consigue que la tensión de contacto en el apoyo sea nula, al encontrarse la persona al mismo potencial entre la parte del cuerpo que se encuentre en contacto con el apoyo y la parte del cuerpo que esté en contacto con la base de hormigón que cubrirá el mallazo electrosoldado. El mallazo electrosoldado con redondos de diámetro no superior a 4 mm formará una retícula no superior a 0,30 x 0,30 m, este mallazo tendrá como mínimo 0,10 m de hormigón por encima, con una pendiente del 4%. El borde de la acera equipotencial estará situado a 1,20 m de la cimentación, tal y como se indica en el plano de tierras en apoyos frecuentados.

## 2.2 LINEA SUBTERRÁNEA DE ALTA TENSIÓN.

### 2.2.1 INTENSIDAD DE LA LÍNEA

En un sistema trifásico, la intensidad primaria  $I_p$  viene determinada por la siguiente expresión:

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

Donde,

- $I_p$  es la intensidad primaria (A)
- $S$  es la potencia aparente del transformador (kVA)
- $U_p$  es la tensión compuesta primaria (kV)

Por tanto, en el caso que nos ocupa tenemos una tensión entre fases de 15 kV y una potencia de salida del transformador de 1320 kVA. Con ello obtenemos:

- Tramo 1: de CT a CPyM;  $I_p = 50,81$  A
- Tramo 2: de CPyM a CS;  $I_p = 50,81$  A

### 2.2.2 SECCIÓN POR INTENSIDAD ADMISIBLE

Para obtener la sección de la línea se debe conocer la intensidad que va a circular por la red, la cual ha sido obtenida en el apartado anterior.

El valor obtenido debe ser menor a la intensidad máxima admisible del conductor seleccionado.

$$I_p < I_{m\acute{a}xima\ admisible}$$

Con el fin de obtener la intensidad máxima admisible se tendrá en cuenta el siguiente parámetro:

- Línea compuesta por una terna de cables unipolares con aislamiento seco de 12/20 kV, en contacto mutuo, instalados bajo tubo a una profundidad de 0,84 m. El tubo posee una resistividad térmica de 3,5 K·m/W y para un diámetro interior del tubo superior a 1,5 veces el diámetro equivalente de la terna de cables unipolares.

#### 2.2.2.1 Cables enterrados cuya temperatura sea distinta de 25°C

En la siguiente tabla se muestran los factores de corrección de la intensidad admisible para temperaturas del terreno distintas a 25°C, en función de la temperatura máxima de servicio permanente que aparece en la tabla 5 de la ITC-LAT-06.

Temperatura °C Servicio Permanente $\theta_s$	Temperatura del terreno, $\theta_t$ , en °C								
	10	15	20	25	30	35	40	45	50
105	1,09	1,06	1,03	1,00	0,97	0,94	0,90	0,87	0,83
90	1,11	1,07	1,04	1,00	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78
70	1,15	1,11	1,05	1,00	0,94	0,88	0,82	0,75	0,67
65	1,17	1,12	1,06	1,00	0,94	0,87	0,79	0,71	0,61

En este caso, se considera que la temperatura del terreno es de 25°C, por lo que el factor de corrección a emplear es 1.

#### 2.2.2.1 Cables enterrados, directamente o en conducciones, en terreno de resistividad térmica distinta de 1,5 K·m/W

En la siguiente tabla se indica, para distintas resistividades térmicas del terreno, los correspondientes factores de corrección de la intensidad admisible:

Tipo de instalación	Sección del conductor mm <sup>2</sup>	Resistividad térmica del terreno, K.m/W						
		0,8	0,9	1,0	1,5	2,0	2,5	3
Cables directamente enterrados	25	1,25	1,20	1,16	1,00	0,89	0,81	0,75
	35	1,25	1,21	1,16	1,00	0,89	0,81	0,75
	50	1,26	1,26	1,16	1,00	0,89	0,81	0,74
	70	1,27	1,22	1,17	1,00	0,89	0,81	0,74
	95	1,28	1,22	1,18	1,00	0,89	0,80	0,74
	120	1,28	1,22	1,18	1,00	0,88	0,80	0,74
	150	1,28	1,23	1,18	1,00	0,88	0,80	0,74
	185	1,29	1,23	1,18	1,00	0,88	0,80	0,74
	240	1,29	1,23	1,18	1,00	0,88	0,80	0,73
	300	1,30	1,24	1,19	1,00	0,88	0,80	0,73
400	1,30	1,24	1,19	1,00	0,88	0,79	0,73	
Cables en interior de tubos enterrados	25	1,12	1,10	1,08	1,00	0,93	0,88	0,83
	35	1,13	1,11	1,09	1,00	0,93	0,88	0,83
	50	1,13	1,11	1,09	1,00	0,93	0,87	0,83
	70	1,13	1,11	1,09	1,00	0,93	0,87	0,82
	95	1,14	1,12	1,09	1,00	0,93	0,87	0,82
	120	1,14	1,12	1,10	1,00	0,93	0,87	0,82
	150	1,14	1,12	1,10	1,00	0,93	0,87	0,82
	185	1,14	1,12	1,10	1,00	0,93	0,87	0,82
	240	1,15	1,12	1,10	1,00	0,92	0,86	0,81
	400	1,16	1,13	1,10	1,00	0,92	0,86	0,81

En este caso, se considera que la resistividad térmica del terreno es de 1 K·m/W, por lo que el factor de corrección a emplear es de 1,10.

#### 2.2.2.1 Cables tripolares o ternas de cables unipolares agrupados bajo tierra

En la tabla siguiente se indica los factores de corrección que se deben aplicar, según el número de cables tripolares o ternos de unipolares y la distancia entre ellos.

		Factor de corrección									
Tipo de instalación	Separación de los ternos	Número de ternos de la zanja									
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Cables directamente enterrados	En contacto (d=0 cm)	0,76	0,65	0,58	0,53	0,50	0,47	0,45	0,43	0,42	
	d = 0,2 m	0,82	0,73	0,68	0,64	0,61	0,59	0,57	0,56	0,55	
	d = 0,4 m	0,86	0,78	0,75	0,72	0,70	0,68	0,67	0,66	0,65	
	d = 0,6 m	0,88	0,82	0,79	0,77	0,76	0,74	0,74	0,73	-	
	d = 0,8 m	0,90	0,85	0,83	0,81	0,80	0,79	-	-	-	
Cables bajo tubo	En contacto (d=0 cm)	0,80	0,70	0,64	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,49	
	d = 0,2 m	0,83	0,75	0,70	0,67	0,64	0,62	0,60	0,59	0,58	
	d = 0,4 m	0,87	0,80	0,77	0,74	0,72	0,71	0,70	0,69	0,68	
	d = 0,6 m	0,89	0,83	0,81	0,79	0,78	0,77	0,76	0,75	-	
	d = 0,8 m	0,90	0,86	0,84	0,82	0,81	-	-	-	-	

En este caso, se consideran dos ternos de cables instalados en dos tubos en contacto. El factor de corrección a emplear es de 0,8.

#### 2.2.2.2 Coeficientes para profundidades distintas de 1 m.

Profundidad (m)	Cables enterrados de sección		Cables bajo tubo de sección	
	≤ 185 mm <sup>2</sup>	> 185 mm <sup>2</sup>	≤ 185 mm <sup>2</sup>	> 185 mm <sup>2</sup>
0,50	1,06	1,09	1,06	1,08
0,60	1,04	1,07	1,04	1,06
0,80	1,02	1,03	1,02	1,03
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1,25	0,98	0,98	0,98	0,98
1,50	0,97	0,96	0,97	0,96
1,75	0,96	0,94	0,96	0,95
2,00	0,95	0,93	0,95	0,94
2,50	0,93	0,91	0,93	0,92
3,00	0,92	0,89	0,92	0,91

En este caso el cable va a estar enterrado a una profundidad de 0,8 m, por lo que el factor de corrección será de 1,02. Para más seguridad se usará 1.

Tabla 1: Intensidades máximas admisibles (A) en servicio permanente y con corriente alterna. Cables unipolares aislados de hasta 18/30 kV bajo tubo

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

El factor de corrección global será:

$$F_T = 1 \cdot 1,10 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,88$$

Como puede observarse en la tabla superior, la corriente máxima admisible para el conductor HEPR de 95 mm<sup>2</sup> es de:

$$I_{m\acute{a}x.adm} = 230 \cdot 0,88 = 202,4 \text{ A}$$

Por tanto, se comprueba que:

$$I_p(93,82) < I_{m\acute{a}xima \text{ admisible}}(202,4)$$

### 2.2.3 SECCIÓN POR INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO

El valor de la potencia de cortocircuito de la red de alta tensión ha sido especificado con la compañía distribuidora EDISTRIBUCIÓN Redes Digitales S.L.; cuyo valor es de 134 MVA:

$$I_{cc} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{134\,000\,000}{\sqrt{3} \cdot 15\,000} = 5157,66 \text{ A} \approx 5,16 \text{ kA}$$

La relación que existe entre la sección del cable y la intensidad de cortocircuito viene dada por la siguiente expresión:

$$I_{cc} \cdot \sqrt{t} = K \cdot S$$

Donde,

- I<sub>cc</sub> es la intensidad de cortocircuito (A)
- t es el tiempo que dura el cortocircuito (0,5 segundos en este caso)
- S es la sección del conductor (mm<sup>2</sup>)

Según la tabla 26 de la ITC-LAT-06 la densidad de corriente para un tiempo de cortocircuito es de 126 A/mm<sup>2</sup>.

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

Tabla 2: densidad máxima admisible de corriente de cortocircuito, en A/mm<sup>2</sup>, para conductores de aluminio

Por tanto,

$$\frac{K}{\sqrt{t}} = 126 \text{ A/mm}^2$$

Por ello, la sección mínima a instalar por el criterio de cortocircuito será:

$$S = \frac{I_{cc} \cdot \sqrt{t}}{K} = \frac{5177,66 \cdot \sqrt{0,5}}{89,09} = 41,1 \text{ mm}^2 < 95 \text{ mm}^2$$

Con ello queda demostrado que la sección de 120 mm<sup>2</sup> es válida según este criterio.

## 2.2.4 POTENCIA MÁXIMA A TRANSPORTAR

Para determinar la intensidad admisible del conductor se tendrá en cuenta la corriente máxima que soporta el conductor bajo la condición de la instalación, enterrada bajo tubo.

La potencia que puede transportar esta línea está limitada por la intensidad máxima y por la caída de tensión máxima, que no puede ser mayor del 5%.

La máxima potencia a transportar que depende de la intensidad máxima es:

$$P_{m\acute{a}x} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_{m\acute{a}x} \cdot \cos \varphi$$

Donde,

- P<sub>máx</sub> es la potencia máxima a transportar (kW)
- U es la tensión entre fases (kV)
- I<sub>máx</sub> es la corriente máxima admisible por el conductor (A)
- Cosφ factor de potencia

La potencia máxima que puede transportar la línea será de:

$$P_{m\acute{a}x} = \sqrt{3} \cdot 15 \cdot 200 \cdot 1 = 5196,15 \text{ kW}$$

## 2.2.5 SECCIÓN POR CAÍDA DE TENSIÓN

La caída de tensión por resistencia y reactancia de una línea según el modelo inductivo viene dada por la expresión:

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

Cabe citar que la caída de tensión de la red de AT será casi despreciable, ya que la longitud de la red es pequeña. Dicha caída de tensión se calcula en función de la resistencia a 105°C, de la reactancia y del momento eléctrico. La expresión es la siguiente:

$$U(\%) = \frac{P \cdot L}{10 \cdot U^2} \cdot (R_{105^{\circ}\text{C}} + X \cdot \tan \varphi)$$

$$U(\%) = \frac{S \cdot \cos \varphi \cdot L}{10 \cdot U^2} \cdot (R_{105^{\circ}\text{C}} + X \cdot \tan \varphi)$$

Donde:

- U es la tensión entre fases (kV)
- P es la potencia (kW)
- L es la longitud de la línea (km)
- $R_{105^{\circ}\text{C}}$  es la Resistencia a 105°C ( $\Omega/\text{km}$ )
- X es la reactancia ( $\Omega/\text{km}$ )

Según el fabricante los datos del cable son:

Sección nominal mm <sup>2</sup>	Resistencia máxima en c.a. y a 105 °C en $\Omega/\text{km}$			
	Cables Unipolares 		Cables Tripolares 	
	Cu	Al	Cu	Al
10	2.446	-	2.484	-
16	1.540	2.533	1.566	2.574
25	0.972	1.602	0.991	1.633
35	0.702	1.157	0.715	1.176
50	0.519	0.847	0.528	0.087
70	0.359	0.591	0.365	0.601
<b>95</b>	0.259	<b>0.427</b>	0.264	0.434
120	0.206	0.340	0.209	0.343
<b>150</b>	0.168	<b>0.277</b>	0.170	0.281
185	0.134	0.221	0.137	0.224
<b>240</b>	0.104	<b>0.170</b>	0.105	0.173
300	0.083	0.136	-	-
<b>400</b>	0.066	<b>0.108</b>	-	-
500	0.054	0.089	-	-

Sección nominal mm <sup>2</sup>	Reactancia X en Ω/km por fase Tensión nominal del cable						
	1,8/3 kV	3,6/6 kV	6/10 kV	8,7/15 kV	12/20 kV	12/25 kV	18/30 kV
Tres cables unipolares en contacto mutuo							
10	0.135	-	-	-	-	-	-
16	0.126	-	-	-	-	-	-
25	0.118	0.125	0.134	0.141	-	-	-
35	0.113	0.118	0.128	0.135	0.140	-	-
50	0.108	0.113	0.122	0.128	0.130	0.140	0.148
70	0.101	0.106	0.115	0.120	0.122	0.130	0.137
<b>95</b>	0.099	0.102	0.110	0.115	<b>0.116</b>	0.121	<b>0.129</b>
120	0.095	0.098	0.106	0.111	0.112	0.118	0.123
<b>150</b>	0.093	0.096	0.102	0.108	<b>0.109</b>	0.115	<b>0.118</b>
185	0.089	0.093	0.100	0.104	0.106	0.110	0.113
<b>240</b>	0.088	0.090	0.097	0.101	<b>0.103</b>	0.106	<b>0.109</b>
300	0.086	0.088	0.093	0.097	0.099	0.103	0.105
<b>400</b>	0.085	0.086	0.091	0.095	<b>0.095</b>	0.100	<b>0.103</b>
500	0.084	0.084	0.089	0.092	0.093	0.096	0.099

Para el cable de 120 mm<sup>2</sup> tenemos que:  $R_{105^\circ} = 0,427$  (Ω/km) y la  $X = 0,116$  (Ω/km). Para los tramos tenemos que:

- Tramo 1: de CT a Apoyo:

$$\Delta U_1 = \sqrt{3} \cdot 50,81 \cdot (0,427 \cdot 0,95 + 0,116 \cdot 0,31) \cdot 0,264 = 10,64 \text{ V}$$

$$U_1 = 10,64 \text{ V} \quad U(\%) = 0,068\%$$

Así, la caída de tensión total de la línea será de 10,64 V. Que en porcentaje es un 0,068%, lo que significa que es menor que el 5% recomendable.

## 2.2.6 PÉRDIDAS DE POTENCIA

La pérdida de potencia (efecto Joule) de una línea viene dada por la siguiente expresión:

$$P_p = 3 \cdot R \cdot L \cdot I^2$$

Siendo:

- $P_p$  la pérdida de potencia (W)
- $L$  la longitud de la línea (km)
- $R$  la Resistencia del cable a 105°C (Ω/km)
- $I$  la intensidad de la línea (A)

Por tanto, las pérdidas por efecto Joule en el cable serán:

- Tramo: de CT a Apoyo:

$$P_p = 3 \cdot 0,427 \cdot 0,264 \cdot 50,81^2 = 873,07 \text{ W}$$

$$P_p = 0,873 \text{ kW}$$

Así, la pérdida de potencia total en los dos tramos de cable hace un total de 0,87 kW, lo que representa el 0,0025 % de la potencia de la planta.

## 2.2.7 CONDUCTOR ELEGIDO

Por todos los resultados obtenidos anteriormente, se concluye que el cable y la sección que se utilizará será: HEPRZ1 12/20 kV 3(1x95 mm<sup>2</sup>).

## 2.3 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

### 2.3.1 Intensidad de Alta Tensión

En un sistema trifásico, la intensidad primaria  $I_p$  viene determinada por la expresión:

$$I_{AT} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_{AT}}$$

Donde:

- S: es la potencia aparente del transformador (kVA)
- $I_{AT}$ : es la corriente del lado de alta tensión (A)
- $U_{AT}$ : es la tensión del lado de alta tensión (kV)

$$I_{AT} = \frac{1320}{\sqrt{3} \cdot 15} = 50,81 \text{ A}$$

La intensidad nominal del centro es la máxima que podrá circular por la aparamenta, es decir  $I_n$  = 400 A, mayor que 50,81 A.

### 2.3.2 Intensidad de Baja Tensión

En un sistema trifásico, la intensidad primaria  $I_p$  viene determinada por la expresión:

$$I_{BT} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_{BT}}$$

- S: es la potencia aparente del transformador (VA)
- $I_{BT}$ : es la corriente del lado de baja tensión (A)
- $U_{BT}$ : es la tensión del lado de baja tensión (V)

$$I_{BT} = \frac{1.320.000}{\sqrt{3} \cdot 800} = 952,62 \text{ A}$$

Por tanto, en el lado de baja tensión tendremos una corriente de: 952,62 A.

### 2.3.3 Cortocircuitos

#### 2.3.3.1 Observaciones

Para el cálculo de la intensidad de cortocircuito se determina una potencia de cortocircuito de 134 MVA en la red de distribución, dato proporcionado por la Compañía suministradora.

### 2.3.3.2 Cálculo de las Corrientes de Cortocircuito

Para la realización del cálculo de las corrientes de cortocircuito utilizaremos la siguiente expresión:

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

Siendo:

- $S_{cc}$ : potencia de cortocircuito de la red (MVA)
- $U_p$ : tensión del lado de alta tensión (kV)
- $I_{ccp}$ : corriente de cortocircuito en alta tensión (kA)

$$I_{ccp} = \frac{134}{\sqrt{3} \cdot 15} = 5,16 \text{ kA}$$

Por tanto, en el lado de alta tensión tendremos una corriente de cortocircuito de 5,16 kA.

No se calculará la intensidad de cortocircuito en el lado de baja ya que los inversores están protegidos y no suministrarán una gran corriente a la red

## 2.3.4 Dimensionado del embarrado

Las celdas han sido sometidas a ensayos para certificar los valores indicados en las placas de características, por lo que no es necesario realizar cálculos teóricos ni hipótesis de comportamiento de celdas.

### 2.3.4.1 Comprobación por densidad de corriente

La comprobación por densidad de corriente tiene por objeto verificar que el conductor indicado es capaz de conducir la corriente nominal máxima sin superar la densidad máxima posible para el material conductor. Esto, además de mediante cálculos teóricos, puede comprobarse realizando un ensayo de intensidad nominal, que, con objeto de disponer de suficiente margen de seguridad, se considerará que es la intensidad del bucle, que en este caso es de 400 A.

### 2.3.4.2 Comprobación por sollicitación electrodinámica

La comprobación por sollicitación electrodinámica tiene como objeto verificar que los elementos conductores de las celdas incluidas en el presente proyecto son capaces de soportar el esfuerzo mecánico derivado de un defecto de cortocircuito entre fases.

Para las celdas seleccionadas se ha obtenido la correspondiente certificación que garantiza que cumple con la especificación citada, mediante el protocolo de ensayo 51168210XB realizado por VOLTA.

Los ensayos garantizan una resistencia electrodinámica de 40 kA.

#### 2.3.4.3 Comprobación por sollicitación térmica

La comprobación térmica tiene por objeto comprobar que no se producirá un calentamiento excesivo de la aparamenta por defecto de un cortocircuito. Esta comprobación se puede realizar mediante cálculos teóricos, pero preferentemente se debe realizar un ensayo según la normativa en vigor. En este caso, la intensidad considerada es la eficaz de cortocircuito, cuyo valor es de 16 kA a 1 segundo.

#### 2.3.5 Protección contra sobrecargas y cortocircuitos

Los transformadores están protegidos tanto en AT como en BT. En AT la protección la efectúan las celdas asociadas a los transformadores, mientras que en BT la protección se incorpora en los cuadros de las líneas de salida.

- Transformador:

La protección de este transformador se realiza por medio de una celda de interruptor automático, que proporciona todas las protecciones al transformador, bien sea por sobrecargas, faltas a tierra o cortocircuitos, gracias a la presencia de un relé de protección. En caso contrario, se utilizan únicamente como elemento de maniobra de la red.

El interruptor automático posee capacidad de corte tanto para las corrientes nominales, como para los cortocircuitos antes calculados.

- Termómetro:

El termómetro verifica que la temperatura del dieléctrico del transformador no supera los valores máximos admisibles.

#### 2.3.6 Dimensionado de los puentes AT

Los cables que se utilizan en esta instalación, descritos en la memoria, deberán ser capaces de soportar los parámetros de la red.

- Transformador:

La intensidad nominal demandada por este transformador es igual a 50,81 A que es inferior al valor máximo admisible por el cable.

Este valor es de 305 A para un cable de sección de 150 mm<sup>2</sup> de Al según el fabricante.

#### 2.3.7 Dimensionado de la Ventilación del C.T.

El edificio empleado en esta aplicación ha sido homologado según los protocolos obtenidos en laboratorio:

- 97624-1-E, para ventilación de transformadores de potencia unitaria hasta 1000 kVA
- 960124-CJ-EB-01, para ventilación de transformador de potencia hasta 1600 kVA

#### 2.3.8 Cálculo puesta a tierra centro de transformación

Las características del centro de transformación son:

- Longitud: 6.440 mm

- Ancho: 2.520 mm
- Resistividad del terreno: 200  $\Omega \cdot m$

Para la tierra de protección se optará por un sistema de las siguientes características:

**Código 80-40/5/82** (según el método UNESA)

Los parámetros característicos son:

- $K_r = 0,065$
- $K_p = 0,0134$
- $K_c = K_{p(acc)} = 0,0284$

De este modo, el electrodo de la PAT de protección consistirá en un rectángulo de 8 x 4 m, realizado con conductor de cobre desnudo de 50 mm<sup>2</sup> y enterrado horizontalmente como mínimo a 0,5 m de profundidad.

Estará constituido por 8 picas de acero cobreado de 14 mm de diámetro y 2 metros de longitud que estarán conectadas en paralelo por el conductor y situadas en las esquinas y puntos medios del triángulo.

Las uniones entre picas y conductor se realizarán por medio de soldaduras de alto punto de fusión.

Este electrodo será conducido hasta el interior del centro por medio de un conductor desnudo de cobre de 1 x 50 mm<sup>2</sup>.

El electrodo se unirá mediante el conductor anterior con las tierras interiores del centro al menos desde dos picas. Esta unión se realizará a través de una caja de seccionamiento con el objeto de poder separar las masas del electrodo y realizar la medición de la resistencia de puesta a tierra.

#### 2.3.8.1 Investigación de las Características del suelo

En la ITC-RAT 13 se indica que en las instalaciones de tercera categoría y de intensidad de cortocircuito a tierra inferior o igual a 1500 A no será obligatorio realizar la citada investigación previa de la resistividad del suelo, bastando el examen visual del terreno, pudiéndose estimar su resistividad por medio de la tabla en esa misma ITC.

Según la investigación previa del terreno, se determina la resistividad media en 200 Ohm·m.

#### 2.3.8.2 Cálculo de resistencia de puesta a tierra

Para este centro, la resistencia del electrodo de puesta a tierra será:

$$R_T = k_r \cdot \rho$$

Donde:

- $R_T$ : es la Resistencia de puesta a tierra ( $\Omega$ )
- $K_r$ : es el parámetro de resistencia del método UNESA ( $\Omega/\Omega \cdot m$ )
- $\rho$ : es la resistividad del terreno ( $\Omega \cdot m$ )

Por tanto:

$$R_T = 0,065 \cdot 200 = 13 \Omega$$

En el caso de defecto a tierra en la instalación, aparecerán las siguientes tensiones:

### 2.3.8.3 Cálculo de la tensión de defecto en el electrodo

El valor de la corriente de defecto vendrá dado por:

$$I_d = \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_N + R_T)^2 + X_N^2}} = \frac{15\,000}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(0 + 13)^2 + 57,2^2}} = 147,2 \text{ A}$$

Donde:

- $I_d$ : es la intensidad de defecto a tierra (A)
- $U_n$ : en la tensión nominal de la red (V)
- $R_n$ : es la resistencia de puesta a tierra del neutro proporcionado por la compañía ( $\Omega$ )
- $R_t$ : es la resistencia del sistema de puesta a tierra ( $\Omega$ )
- $X_n$ : es la reactancia de puesta a tierra del neutro proporcionado por la compañía (24  $\Omega$  para una tensión nominal de la red de 20 kV)

Por tanto, la tensión de defecto será:

$$U_d = R_t \cdot I_d = 13 \cdot 147,2 = 1913,6 \text{ V}$$

Donde:

- $R_t$ : es la resistencia del sistema de puesta a tierra ( $\Omega$ )
- $I_d$ : es la intensidad de defecto a tierra (A)
- $U_d$ : en la tensión de defecto (V)

De este modo, el material de BT en el interior del centro debe tener un nivel de aislamiento mayor a 1.913,6 V, en este caso el valor de aislamiento será  $\geq 10\,000$  V.

### 2.3.8.4 Cálculo de la tensión de paso interior.

No es necesario su cálculo, ya que el suelo del CT va a ser una superficie equipotencial a la tensión de defecto, por lo que la tensión de paso en el interior del CT será aproximadamente cero.

### 2.3.8.5 Cálculo de la tensión de contacto interior.

No es necesario su cálculo ya que el suelo del CT será una superficie equipotencial a la tensión de defecto, y todos los elementos metálicos estarán conectados a esta malla, por lo que esta tensión es aproximadamente cero.

### 2.3.8.6 Cálculo de la tensión de paso exterior.

Según la ITC-RAT-13, la tensión de paso admisible en la instalación será:

$$V_{pex.m\acute{a}x} = \frac{10 \cdot K}{t^n} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot \rho_s}{1000}\right) = \frac{10 \cdot 72}{0,5^1} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot 200}{1000}\right) = 3\,168,00 \text{ V}$$

Donde:



- $V_{pex.m\acute{a}x}$ : es la tensión de paso máxima (V)
- $\rho_s$ : es la resistividad superficial
- $K = 72$  y  $n = 1$  para tiempos inferiores a 0,9 segundos
- $K = 78,5$  y  $n = 0,18$  para tiempos superiores a 0,9 s e inferiores a 3 s.
- $t$  = duración de la falta en segundos

Debido al electrodo elegido se tiene que  $k_p = 0,0134 \text{ V}/\Omega \cdot \text{m} \cdot \text{A}$ , siendo por tanto el valor de la tensión de paso calculada:

$$V_{pex.calc} = \rho \cdot I_d \cdot k_p = 200 \cdot 147,2 \cdot 0,0134 = 394,5 \text{ V}$$

Donde:

- $V_{pex.calc}$ : es la tensión de paso calculada (V)
- $I_d$ : es la intensidad de defecto a tierra (A)
- $P$ : es la resistividad superficial
- $k_p$ : es el coeficiente de la tensión de paso (método UNESA)

Por tanto, se puede comprobar que:

$$V_{pex.m\acute{a}x} > V_{pex.calc}; \mathbf{3\ 168,00\ V > 394,5\ V\ CUMPLE}$$

### 2.3.8.7 Cálculo de la tensión de contacto exterior

La tensión de contacto admisible en la instalación será:

$$U_c = \frac{K}{t^n} \cdot \left[ 1 + \frac{R_{a1} + R_{a2}}{2 \cdot Z_B} \right] = \frac{72}{0,5^1} \cdot \left[ 1 + \frac{2000 + 3 \cdot 200}{2 \cdot 1000} \right] = 331,2 \text{ V}$$

Donde:

- $U_c$ : es la máxima tensión de contacto admisible en la instalación (V).
- $t$ : es el tiempo de la duración de la falta (0,5 s para este caso)
- $R_{a1}$ : es la resistencia equivalente del calzado de un pie cuya suela sea aislante. Se puede emplear como valor 2000  $\Omega$ .
- $R_{a2}$ : es la resistencia a tierra del punto de contacto. Se puede aproximar a  $R_{a2} = 3 \cdot \rho_s$ ,  
Siendo  $\rho_s$  la resistividad del terreno.
- $Z_B$ : es la impedancia del cuerpo humano, con un valor de 1000  $\Omega$ .
- $K$  y  $n$ : constantes que dependen de la duración de la falta:

Por tanto, el valor de tensión calculado será:

$$V_{c.calc} = \rho \cdot I_d \cdot k_c = 200 \cdot 147,2 \cdot 0,0284 = 836,09 V$$

Siendo:

- $V_{c.m\acute{a}x}$ : es la tensión de contacto máxima admisible (V)
- $P$ : es la resistividad superficial del terreno
- $K_c$ : es el coeficiente de tensión de contacto obtenida del método UNESA

Por tanto, se puede comprobar que no se cumple la siguiente desigualdad:

$$V_{c.m\acute{a}x} > V_{pacc.calc}; \mathbf{331,20 V \neq 836,09 V \text{ NO CUMPLE}}$$

Debido al no cumplimiento de esta condición, se construirá una acera perimetral al centro de transformación, a una distancia de 1,2 m, con mallazo electrosoldado para proporcionar una superficie equipotencial. Así se consigue que la tensión de contacto en el edificio sea prácticamente cero.

### 2.3.8.8 Cálculo de la tensión de paso en el acceso

Según la ITC-RAT-13, la tensión de paso admisible en la instalación será:

$$V_{pacc.m\acute{a}x} = \frac{10 \cdot K}{t^n} \cdot \left( 1 + \frac{3 \cdot \rho_s + 3 \cdot \rho'_s}{1000} \right) = \frac{10 \cdot 72}{0,5^1} \cdot \left( 1 + \frac{3 \cdot 200 + 3 \cdot 3000}{1000} \right) = 15\,264,00 \text{ V}$$

Donde:

- $V_{pacc.m\acute{a}x}$ : es la tensión de acceso máxima (V)
- $\rho_s$ : es la resistividad superficial del terreno
- $\rho'_s$ : es la resistividad superficial del hormigón
- $K = 72$  y  $n = 1$  para tiempos inferiores a 0,9 segundos
- $K = 78,5$  y  $n = 0,18$  para tiempos superiores a 0,9 s e inferiores a 3 s.
- $t$  = duración de la falta en segundos

Debido al electrodo elegido se tiene que  $k_c = 0,0284 \text{ V}/\Omega \cdot \text{m} \cdot \text{A}$ , siendo por tanto el valor de la tensión de paso calculada:

$$V_{pacc.calc} = \rho \cdot I_d \cdot k_c = 200 \cdot 147,2 \cdot 0,0284 = 836,09 \text{ V}$$

Donde:

- $V_{pacc.calc}$ : es la tensión de acceso calculada (V)
- $I_d$ : es la intensidad de defecto a tierra (A)
- $\rho$ : es la resistividad superficial
- $k_c$ : es el coeficiente de la tensión de acceso (método UNESA)

Por tanto, se puede comprobar que:

$$V_{pacc.m\acute{a}x} > V_{pacc.calc}: \mathbf{15\,264,00 \text{ V} > 836,09 \text{ V CUMPLE}}$$

### 2.3.8.9 Comparación entre los valores admisibles y los valores que se producen en el centro

Los valores de las tensiones que se producen en el centro deben ser inferiores a las tensiones máximas admisibles:

	Tensiones máximas admisibles (V)	Tensiones producidas en el centro (V)	$V_{admisible} > U_{calc}$
$V_c$	331,20	836,09	NO CUMPLE
$V_p$	3.168	394,5	CUMPLE
$V_{pacc}$	15.264	836,09	CUMPLE

Por tanto, con los valores obtenidos se demuestra que la elección del electrodo de puesta a tierra es correcto.

### 3 PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES

En este capítulo se define el sistema de protección contra sobretensiones y se analiza si es necesario incorporar un sistema de protección contra el rayo.

#### 3.1 Sistema de protección contra sobretensiones

En este apartado se dimensiona y calcula el DPS. Un Dispositivo de protección de sobretensiones o DPS es un dispositivo que limita las sobretensiones transitorias y disipa la corriente a la tierra para reducir la energía de la sobretensión y hacerla así segura para las instalaciones y los equipos eléctricos.

Cuando se produce una sobretensión que supera el umbral de protección del DPS, este conduce la energía a tierra de forma segura.

##### 3.1.1 Categoría de las sobretensiones

Las categorías de sobretensiones permiten distinguir los diversos grados de tensión soportada a las sobretensiones en cada una de las partes de la instalación.

Tabla 3.1. Tensiones soportadas a impulsos según la categoría del material

TENSIÓN NOMINAL DE LA INSTALACIÓN (V)		TENSIÓN SOPORTADA A IMPULSOS 1,2/50 (kV)			
SISTEMAS TRIFÁSICOS	SISTEMAS MONOFÁSICOS	CATEGORÍA IV	CATEGORÍA III	CATEGORÍA II	CATEGORÍA I
230/400	230	6	4	2,5	1,5
400/690/1000	-- --	8	6	4	2,5

##### 3.1.1 Tipos de protectores de sobretensiones

Existen tres tipos de protectores de sobretensión transitoria denominados: Tipo 1, Tipo 2 y Tipo 3. Los parámetros más significativos para cada uno de estos tipos son:

Tabla 3.2. Tipos de protectores de sobretensiones

	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
<b>Capacidad de absorción de energía</b>	Muy Alta- Alta.	Media-Alta.	Baja.
<b>Rapidez de respuesta</b>	Baja-Media.	Media-Alta.	Muy alta.
<b>Origen de la sobretensión</b>	Impacto directo del rayo.	Sobretensiones de origen atmosférico y conmutaciones, conducidas o inducidas.	

En general, se puede lograr la protección de la instalación mediante un dispositivo Tipo 2. Por lo tanto, el protector de sobretensiones de la instalación es de **Tipo 2**.

### 3.1.2 Tensión nominal

La tensión nominal coincide con la tensión nominal de la parte de la instalación en el que se sitúa el DPS. El valor para la instalación es el siguiente:

$$U_n = 800 V$$

### 3.1.3 Tensión máxima de servicio permanente

La tensión máxima de servicio permanente ( $U_c$ ) es el valor eficaz de tensión máximo que puede aplicarse permanentemente a los bornes del dispositivo de protección. La  $U_c$  es de manera habitual 1,1 o 1,2 veces el  $U_n$ . En la instalación este valor es de:

$$U_c = 1,1 \cdot U_n = 1,1 \cdot 800 = 880 V$$

### 3.1.4 Corriente nominal de descarga

La corriente nominal de descarga ( $I_n$ ) es un parámetro caracteriza a los dispositivos de protección contra sobretensiones transitorias Tipo 2. Es la corriente de cresta repetitiva que puede soportar el dispositivo de protección sin fallo. La forma de onda de la corriente aplicada está normalizada como 8/20  $\mu$ s.

La elección del dispositivo se puede realizar según lo establecido en la UNE-HD-60364-5-534, en donde la  $I_n$  no debe ser inferior a 5 kA 8/20  $\mu$ s, entre fase y neutro. En el caso del dispositivo de protección contra sobretensiones de la instalación el valor de intensidad nominal seleccionado según datos del fabricante es de:

$$I_n = 40kA$$

## 3.2 Sistema de protección contra el rayo

En este capítulo se evalúa la necesidad de la instalación de un sistema de protección contra el rayo. Para ello se calcula el riesgo admisible  $N_a$ , el cual se compara con la frecuencia esperada de impactos  $N_e$ . Será necesaria la instalación de un sistema de protección contra el rayo cuando:

$$N_e > N_a$$

siendo:

- $N_e$ : frecuencia esperada de impactos [nº impactos año]
- $N_a$ : riesgo admisible

### 3.2.1 Frecuencia esperada de impactos

La frecuencia esperada de impactos,  $N_e$ , puede determinarse mediante la expresión:

$$N_e = N_g \cdot A_e \cdot C_1 \cdot 10^{-6} \quad [n^\circ \text{ impactos / año}]$$

siendo:

- $N_e$ : frecuencia esperada de impactos [nº impactos año]
- $N_g$ : densidad de impactos sobre el terreno [nº impactos / año, km<sup>2</sup>], obtenida según la Figura 3.1.
- $A_e$ : superficie de captura equivalente del edificio aislado en m<sup>2</sup>, que es la delimitada por una línea trazada a una distancia 3H de cada uno de los puntos del perímetro del edificio, siendo H la altura del edificio en el punto del perímetro considerado.
- $C_1$ : coeficiente relacionado con el entorno, según la tabla 3.1

Tabla 3.3. Coeficiente  $C_1$ . [Fuente: Documento Básico SUA 8: Seguridad frente al riesgo causado por la acción del rayo.]

Situación del edificio	$C_1$
Próximo a otros edificios o árboles de la misma altura o más altos	0,5
Rodeado de edificios más bajos	0,75
Aislado	1
Aislado sobre una colina o promontorio	2

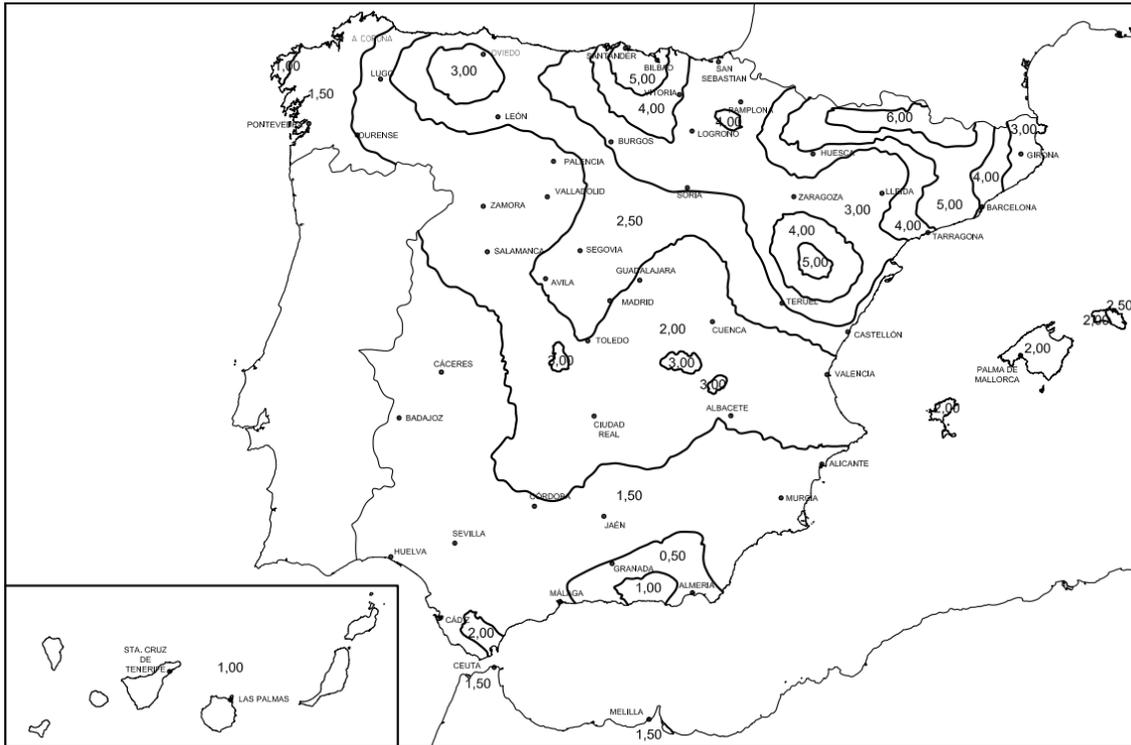


Figura 3.1. Mapa de densidad de impactos sobre el terreno  $N_g$ . [Fuente: Documento Básico SUA 8: Seguridad frente al riesgo causado por la acción del rayo.]

Por tanto:

Como el Municipio donde se encuentra la instalación es Lluçmajor (Mallorca):

$$N_g = 2$$

La superficie equivalente del edificio CT se calcula de la siguiente manera:

Dimensiones del edificio (Ancho A x Largo L x Alto H)

$$A = 2,52$$

$$L = 6,17 \text{ m}$$

$$H = 2,7 \text{ m}$$

$$3H = 8,1 \text{ m}$$

Teniendo en cuenta la definición de  $A_e$ :

$$A_e = 419 \text{ m}^2$$

Considerando que el edificio está aislado:

$$C_1 = 1$$

Por tanto:

$$N_e = 2 \cdot 419 \cdot 1 \cdot 10^{-6} = 0,838 \cdot 10^{-3} \quad [n^{\circ} \text{ impactos / año}]$$

### 3.2.2 Riesgo admisible

El riesgo admisible,  $N_a$ , puede determinarse mediante la expresión:

$$N_a = \frac{5,5}{C_2 \cdot C_3 \cdot C_4 \cdot C_5} \cdot 10^{-3}$$

Siendo:

$C_2$ : coeficiente en función del tipo de construcción, conforme a la tabla 3.4.

$C_3$ : coeficiente en función del contenido del edificio, conforme a la tabla 3.5.

$C_4$ : coeficiente en función del uso del edificio, conforme a la tabla 3.6.

$C_5$ : coeficiente en función de la necesidad de continuidad en las actividades que se desarrollan en el edificio, conforme a la tabla 3.5

Tabla 3.4. Coeficiente  $C_2$ . [Fuente: Documento Básico SUA 8: Seguridad frente al riesgo causado por la acción del rayo.]

	Cubierta metálica	Cubierta de hormigón	Cubierta de madera
Estructura metálica	0,5	1	2
Estructura de hormigón	01	1	2,5
Estructura de madera	1	2,5	3

Tabla 3.5. Coeficiente  $C_3$ . [Fuente: Documento Básico SUA 8: Seguridad frente al riesgo causado por la acción del rayo.]

Edificio con contenido inflamable	3
Otros contenidos	1

 Tabla 3.6. Coeficiente  $C_4$ . [Fuente: Documento Básico SUA 8: Seguridad frente al riesgo causado por la acción del rayo.]

Edificios no ocupados normalmente	0,5
Usos Pública Concurrencia, Sanitario, Comercial, Docente	3
<b>Resto de edificios</b>	<b>1</b>

 Tabla 3.7. Coeficiente  $C_5$ . [Fuente: Documento Básico SUA 8: Seguridad frente al riesgo causado por la acción del rayo.]

Edificios cuyo deterioro pueda interrumpir un servicio imprescindible (hospitales, bomberos, ...) o pueda ocasionar un impacto ambiental grave	3
Resto de edificios	1

Por tanto:

$C_2$ : 1 (edificio de hormigón con cubierta de hormigón)

$C_3$ : 3 (edificio con contenido inflamable)

$C_4$ : 0,5 (edificio no ocupado normalmente)

$C_5$ : 1 (resto de edificios)

El riesgo admisible,  $N_a$ , es, por tanto:

$$N_a = \frac{5,5}{1 \cdot 3 \cdot 0,5 \cdot 1} \cdot 10^{-3} = 3,666 \cdot 10^{-3}$$

### 3.3 Justificación

Una vez conocidos los valores  $N_e$  y  $N_a$ , se comprueba si es necesaria la instalación de un sistema de protección, para ello se comprueba si se cumple la desigualdad.

$$N_e > N_a$$

siendo:

- $N_e$ : frecuencia esperada de impactos [nº impactos año]

- $N_a$ : riesgo admisible

Sustituyendo con los valores obtenidos:

$$0,838 \cdot 10^{-3} \not\geq 3,666 \cdot 10^{-3}$$

Como no se cumple la desigualdad, **no** es necesario instalar un sistema de protección contra el rayo.

## 4 CÁLCULO DE PUESTA A TIERRA DE LA PLANTA

En este capítulo, se calcula la puesta a tierra que será necesario realizar, para que la puesta a tierra de la instalación fotovoltaica sea una tierra independiente de cualquier otra instalación.

La puesta a tierra de la instalación fotovoltaica se realizará de forma que no altere las condiciones de puesta a tierra de la red de la empresa distribuidora, asegurando que no se produzcan transferencias de defectos a la red de distribución.

La puesta a tierra de la planta solar fotovoltaica está compuesta por las siguientes partes:

- Puesta a tierra del edificio del Centro de transformación (definida en capítulos anteriores).
- Puesta a tierra complementaria de la planta fotovoltaica.

Esta puesta a tierra complementaria consta de:

- Cable desnudo de puesta a tierra de 50 mm<sup>2</sup> de cobre, que acompaña a los circuitos de generación de Baja Tensión y de distribución de Alta Tensión y es tendido directamente en la zanja.
- Cable H07V-R de 35 mm<sup>2</sup> de cobre que une los inversores y la estructura de las mesas con el cable de cobre desnudo de 50 mm<sup>2</sup>.
- Picas de puesta a tierra verticales de 2,0 m.

Tal y como indica la ITC-BT 18, se verificará que las masas puestas a tierra en una instalación de utilización, así como los conductores de protección asociados a estas masas o a los relés de protección de masa, no están unidas a la toma de tierra de las masas de un centro de transformación, para evitar que durante la evacuación de un defecto a tierra en el centro de transformación, las masas de la instalación de utilización puedan quedar sometidas a tensiones de contacto peligrosas. Por tanto, la puesta a tierra de la instalación fotovoltaica debe ser independiente de la puesta a tierra de los centros de transformación/protección y medida, para lo cual debe existir una distancia mínima entre ambas puestas a tierra.

### 4.1 Elementos de las instalaciones de puesta a tierra y condiciones de montaje

Las instalaciones de puesta a tierra estarán constituidas por varios electrodos de puesta a tierra enterrados y por las líneas de puesta a tierra que conecten dichos electrodos a los elementos que deban quedar puestas a tierra.

En las líneas de puesta a tierra existen los suficientes puntos de puesta a tierra, para facilitar las medidas de comprobaciones del estado de los electrodos y la conexión a tierra de la instalación.

#### 4.1.1 Líneas de puesta a tierra

Los conductores empleados en las líneas de puesta a tierra poseen una resistencia mecánica adecuada y ofrecen una elevada resistencia a la corrosión.

Los conductores han sido seleccionados para que la máxima corriente que circule por ellos en caso de defecto o de descarga atmosférica no lleve a estos a una temperatura cercana a la de fusión, ni ponga en peligro sus empalmes y conexiones.

Tal y como indica la ITC-RAT 13, a efectos de dimensionado de las secciones, el tiempo mínimo a considerar para duración del defecto a la frecuencia de la red será de **un segundo**, y no podrán superarse las siguientes densidades de corriente:

- a) Cobre: 160 A/mm<sup>2</sup>
- b) Aluminio: 100 A/mm<sup>2</sup>
- c) Acero 60A/mm<sup>2</sup>

Se establecen en todo caso secciones mínimas de 25 mm<sup>2</sup> en el caso del cobre, 50 mm<sup>2</sup> en el caso del acero y 35 mm<sup>2</sup> en el caso del aluminio

Las líneas de puesta a tierra de la instalación fotovoltaica constan de los siguientes tipos conductores:

- Cable desnudo de puesta a tierra de 50 mm<sup>2</sup> de cobre, que acompaña a los circuitos de generación de Baja Tensión y de distribución de Alta Tensión y es tendido directamente en la zanja.
- Cable H07V-R de 35 mm<sup>2</sup> de cobre que une los inversores y la estructura de las mesas con el cable de cobre desnudo de 50mm<sup>2</sup>.

#### 4.1.2 Instalación de líneas de puesta a tierra

La instalación de las líneas de puesta a tierra sigue los siguientes principios:

- Los conductores de las líneas de puesta a tierra deben instalarse procurando que su recorrido sea lo más corto posible, evitando trazados tortuosos y curvas de poco radio. Con carácter general se recomienda que sean conductores desnudos instalados al exterior de forma visible.
- En el caso de que fuese conveniente realizar la instalación cubierta, deberá serlo de forma que pueda comprobarse el mantenimiento de sus características.
- En las líneas de puesta a tierra no podrán insertarse fusibles ni interruptores.
- Los empalmes y uniones deberán realizarse con medios de unión apropiados, que aseguren la permanencia de la unión, no experimenten al paso de la corriente calentamientos superiores a los del conductor, y estén protegidos contra la corrosión galvánica.

#### 4.1.3 Electrodo de puesta a tierra

Los electrodos de puesta a tierra están formados por materiales metálicos en forma de picas. En concreto, las picas de la instalación van hincadas en el terreno y son redondos de acero recubierto de cobre de una longitud de 2,0 m y un espesor de 14,3 mm.

## 4.2 Características del suelo y de los electrodos de puesta a tierra

### 4.2.1 Resistividad del terreno

En la ITC-RAT 13 se indica que en las instalaciones de tercera categoría y de intensidad de cortocircuito a tierra inferior o igual a 1500 A no será obligatorio realizar la citada investigación previa de la resistividad del suelo, bastando el examen visual del terreno, pudiéndose estimar su resistividad por medio de la tabla en esa misma ITC.

Según la investigación previa del terreno, se determina la resistividad media en 200 Ohm·m.

### 4.2.2 Resistencia de tierra de la línea de puesta a tierra

Tal y como se ha definido en los apartados anteriores, la línea de puesta a tierra se asemeja a un conductor enterrado horizontalmente. Por lo tanto, la expresión utilizada es:

$$R_{línea} = \left( \frac{2 \cdot \rho}{L} \right)$$

siendo:

- R: Resistencia de tierra en  $\Omega$ .
- $\rho$ : resistividad del terreno en  $\Omega \cdot m$ .
- L: longitud en metros del conductor, y en malla la longitud total de los conductores enterrados.

Por tanto:

Para la primera línea de puesta a tierra que discurre por las zanjas y acompaña a los circuitos de generación de Baja Tensión y de distribución de Alta Tensión:

$$\rho = 200 \Omega \cdot m.$$

$$L_1 = 173 m$$

$$R_{línea} = \left( \frac{2 \cdot 200}{173} \right) = 2,31 \Omega$$

### 4.2.3 Resistencia de tierra de los electrodos de puesta a tierra

Los electrodos de puesta a tierra, tal y como se han definido, tienen forma de pica. Por lo tanto, la expresión utilizada es:

$$R_{picas} = \left( \frac{\rho}{L \cdot n^{\circ} \text{ picas}} \right)$$

siendo:

- $R_{picas}$ : Resistencia de tierra en  $\Omega$ .
- $\rho$ : resistividad del terreno en  $\Omega \cdot m$ .
- L: longitud en metros de la pica o del conductor, y en malla la longitud total de los conductores enterrados.

Por tanto:

Las picas de la instalación van hincadas en el terreno y tienen una longitud de 2,0 m.

$\rho = 200 \Omega \cdot m$ .

L = 1,5 m

Nº de picas: 4

$$R_{picas} = \left( \frac{200}{1,5 \cdot 4} \right) = 33,3 \Omega$$

#### 4.2.4 Resistencia de puesta a tierra total

Teniendo en cuenta la resistencia de puesta a tierra de la línea de puesta a tierra y de los electrodos de puesta a tierra, la puesta a tierra total será la resistencia del paralelo de las dos resistencias calculadas anteriormente.

$$R_{tierra \text{ total}} = \left( \frac{1}{\frac{1}{R_{línea}} + \frac{1}{R_{picas}}} \right) = \left( \frac{1}{\frac{1}{2,31} + \frac{1}{33,33}} \right) = 2,16 \Omega$$

#### 4.2.5 Protección contra contactos indirectos

Según la ITC-BT 18, este valor de resistencia de tierra será tal que cualquier masa no pueda dar lugar a tensiones de contacto superiores a:

- 24 V en local o emplazamiento conductor.

- 50 V en los demás casos.

Si las condiciones de la instalación son tales que pueden dar lugar a tensiones de contacto superiores a los valores señalados anteriormente, se asegurará la rápida eliminación de la falta mediante dispositivos de corte adecuados a la corriente de servicio.

En una instalación de BT protegida contra contactos indirectos por un diferencial de 300 mA, la resistencia de puesta a tierra de servicio debe ser inferior a:

$$R_{servicio} = \frac{V}{I} = \frac{24}{0,3} = 80 \Omega$$

Con el cálculo de puesta a tierra total, se observa que sí se cumple esta condición ya que:

$$R_{tierra\ total} = 2,16 \Omega < 80 \Omega$$

Esta tierra será independiente de la del neutro de la empresa distribuidora de acuerdo con la instrucción ITC BT 040 del Reglamento de Baja Tensión.

## 5 CÁLCULO DE CAMPOS MAGNÉTICOS

### 5.1 INTRODUCCIÓN

Los campos electromagnéticos, son aquellos campos generados por el paso de una corriente eléctrica a través de un material conductor. Las ecuaciones de Biot y Savart, permiten analizar el campo que produce una corriente eléctrica:

$$B = \frac{\mu_0 \cdot i}{4\pi} \oint \frac{u_t \cdot u_r}{r^2} dl$$

B es el vector campo magnético existente en un punto P del espacio,

$u_t$  es un vector unitario cuya dirección es tangente al circuito que nos indica el sentido de la corriente en la posición donde se encuentra el elemento  $dl$ ,

$u_r$  es un vector unitario que señala la posición del punto P respecto del elemento de corriente

$\mu_0 / 4\pi = 10^{-7}$  en el Sistema Internacional de Unidades.

Para el cálculo del campo electromagnético generado por un conductor rectilíneo indefinido por el que circula una corriente  $i$ , se puede establecer de la siguiente manera:

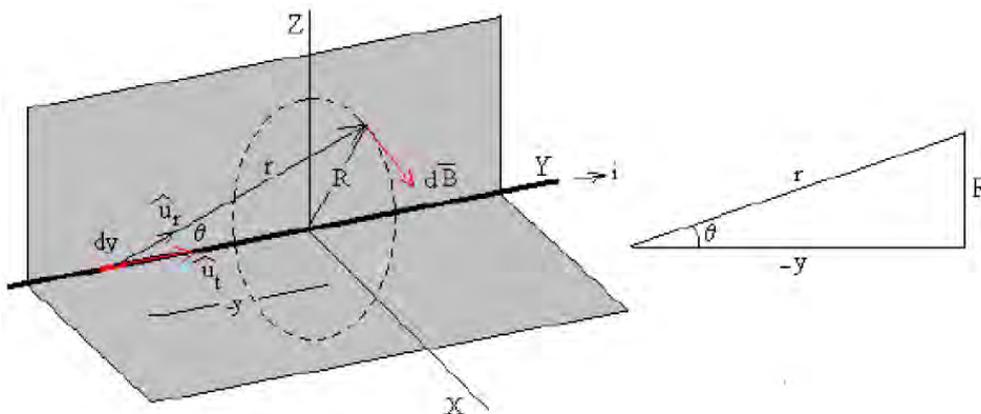


Figura 5.1. Cálculo del campo electromagnético generado por un conductor rectilíneo indefinido por el que circula una corriente  $i$

El campo magnético B, producido en el punto P, tiene una dirección que es perpendicular al plano formado por la corriente rectilínea y el propio punto.

Integrado la ecuación de Biot y Savart:

$$B = \frac{\mu_0 \times i}{4 \times \pi} \times \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\text{sen } \theta}{r^2} \times dy = \frac{\mu_0 \times i}{4 \times \pi} \times \int_{-\infty}^{+\infty} \text{sen } \theta \times d\theta = \frac{\mu_0 \times i}{2 \times \pi \times R}$$

Se integra sobre la variable  $\theta$ , expresando las variables  $x$  y  $r$  en función del ángulo  $\theta$ .

$$= r \times \cos \theta$$

$$= -y \times \tan \theta$$

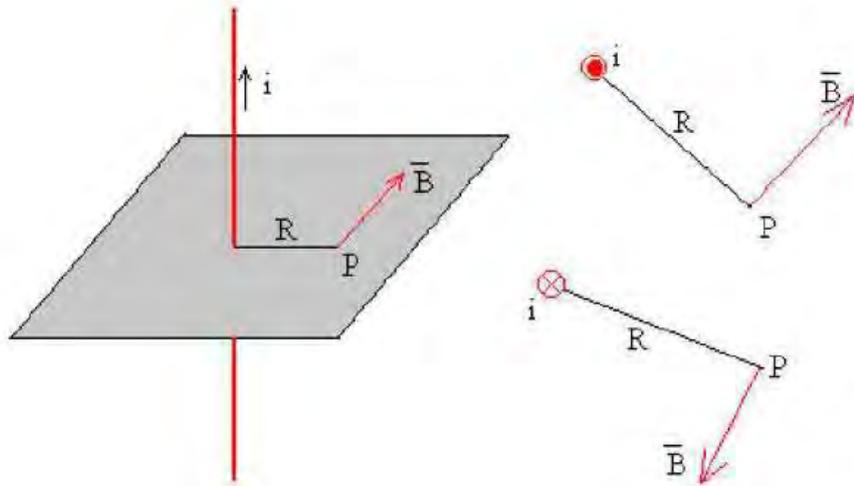


Figura 5.2. Campo magnético B, producido en el punto P

## 5.2 CÁLCULO DEL CAMPO MAGNÉTICO

El campo magnético generado por las diferentes corrientes eléctricas dependerá de la intensidad que discurre por los diferentes tipos de cableado.

En el Centro de Transformación, se encuentra principalmente las siguientes tipologías de cableado susceptible de generar un campo electromagnético relevante:

- Cableado de Baja Tensión en las zanjas de salida del CT
- Cableado de Media Tensión en las zanjas de entrada/salida del CT.
- Cableado de Media Tensión entre las celdas y el Transformador.
- Cableado de Baja Tensión entre el Transformador y el cuadro de Baja Tensión.

Para evitar que se generen campos magnéticos en el entorno del cableado situado en las zanjas y en su transición hasta el transformador, todo el cableado, a excepción del cableado de entrada y salida del transformador, discurrirá trenzado de manera que los campos eléctricos generados por cada una de las líneas, se anulen entre sí. En el siguiente apartado se justifica el campo magnético generado por el cableado trenzado.

Por lo que respecta a los niveles de campo magnético permitidos, según el RD 1066/2001, por el que se establece el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas, Anexo II, apartado 3.1 (Cuadro 2), se establece el límite de campo magnético admitido que se calculará como  $5/f$ , siendo  $f$  la frecuencia en kHz. De esta manera, el límite de campo es de  $100 \mu\text{T}$ .

Tabla 5.1: Niveles de referencia para campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (0 Hz-300GHz, valores rms imperturbados)

Gama de frecuencia	Intensidad de campo E (V/m)	Intensidad de campo H (A/m)	Campo B ( $\mu$ T)	Densidad de potencia equivalente de onda plana (W/m <sup>2</sup> )
0-1 Hz	-	$3,2 \times 10^4$	$4 \times 10^4$	
1-8 Hz	10.000	$3,2 \times 10^4/f^2$	$4 \times 10^4/f^2$	
8-25 Hz	10.000	$4.000/f$	$5.000/f$	
0,025-0,8 kHz	$250/f$	$4/f$	$5/f$	-
0,8-3 kHz	$250/f$	5	6,25	-
3-150 kHz	87	5	6,25	-
0,15-1 MHz	87	$0,73/f$	$0,92/f$	-
1-10 MHz	$87/f^{1/2}$	$0,73/f$	$0,92/f$	-
10-400 MHz	28	0,073	0,092	2
400-2.000 MHz	$1,375 f^{1/2}$	$0,0037 f^{1/2}$	$0,0046 f^{1/2}$	$f/200$
2-300 GHz	61	0,16	0,20	10

### 5.2.1 CAMPO MAGNÉTICO GENERADO POR CABLEADO TRENZADO

En este apartado, se justifica el campo magnético creado por un conjunto de 3 cables unipolares trenzados para una línea trifásica de Media Tensión, en un punto P situado en la parte exterior de la envolvente de uno de los circuitos.

Para el cálculo, se considerará el caso desfavorable de conductores rectilíneos indefinidos en el cableado de Media Tensión discurriendo la intensidad máxima admitida en régimen permanente (345 A).

Se considera que la envolvente del cable unipolar tiene un diámetro de 36 mm:

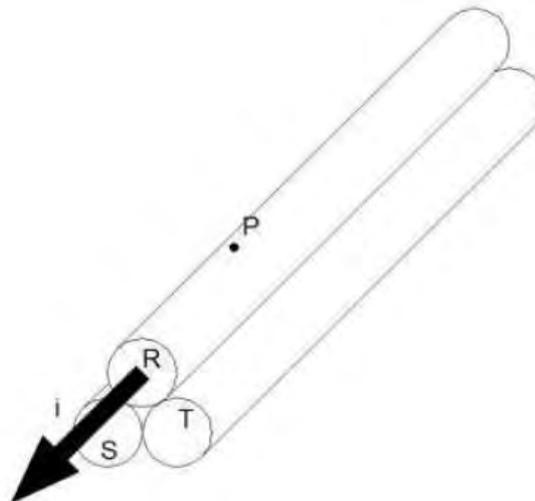


Figura 5.3. Campo magnético creado por un conjunto de 3 cables unipolares trenzados para una línea trifásica en un punto P situado en la parte exterior de la envolvente de uno de los circuitos

El campo magnético generado en el Punto P, será consecuencia del sumatorio de campos magnéticos generados por cada una de las fases del cableado:

$$B_p = \sum B_{P,i} = B_{P,R} + B_{P,S} + B_{P,T}$$

Suponiendo que la corriente está concentrada en el centro del cableado, para cada fase se tiene:

$$B_{P,R} = \mu \frac{i_R}{2\pi r}$$

$$B_{P,S} = \mu \frac{i_S}{2\pi d}$$

$$B_{P,T} = \mu \frac{i_T}{2\pi d}$$

Teniendo en cuenta que las intensidades se encuentran desfasadas y pertenecen a un circuito trifásico equilibrado, se tiene que:

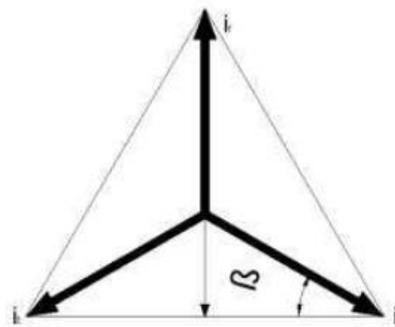


Figura 5.4. Circuito trifásico equilibrado

Por lo que teniendo en cuenta que  $\beta = 30^\circ$ :

$$i_s = i_t = -i \times \text{sen}30 = -i_r / 2$$

Por otro lado, teniendo en cuenta la distancia d, entre el centro de las fases S y T es  $d=53,8$  mm y que la permeabilidad magnética del aire es similar a la del vacío ( $\mu_0 = 4\pi 10^{-7} \text{NA}^{-2}$ ) y sustituyendo se obtiene:

$$B_{P,R} = \mu \frac{i_R}{2\pi r} = 3.833,33 \mu T$$

$$B_{P,S} = \mu \frac{i_S}{2\pi d} = -641,26 \mu T$$

$$B_{P,T} = \mu \frac{i_T}{2\pi d} = -641,26 \mu T$$

Realizando el sumatorio, se obtiene un valor de  $2.550,81 \mu T > 100 \mu T$  exigidos por el

RD 1066/2001.

De manera similar, repitiendo el cálculo para un punto P' situado a 10 cm en la vertical de la fase R, los resultados que se obtienen son:

$$B_{P,R} = \mu \frac{i_R}{2\pi r} = 584,75 \mu T$$

$$B_{P,S} = \mu \frac{i_S}{2\pi d} = -230 \mu T$$

$$B_{P,T} = \mu \frac{i_T}{2\pi d} = -230 \mu T$$

Resultando un campo magnético a 10 cm de 124,75  $\mu T$  para una sola línea.

Sin embargo, se debe considerar el caso más desfavorable con la coexistencia de diferentes ternas de cableado de media tensión en el CT. El Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión, señala que se debe mantener que en los locales colindantes con el local del CT no reciban un campo magnético mayor del permitido por el RD 1066/2001. Teniendo en cuenta esta premisa, se considera el caso más desfavorable en la entrada al CT, cuando coexisten 3 líneas de media tensión (2 líneas procedentes de una entrada/salida de la línea de la distribuidora y 1 línea procedente del centro de protección y medida del parque fotovoltaico.), funcionando a máxima potencia (intensidad 345 A para las líneas de Iberdrola y una línea con 76,78 A procedente del campo fotovoltaico) y separadas entre sí el diámetro del entubado (160 mm). La sección de los cables es:

- Los cables de las líneas de distribuidora tendrán por normativa una sección de 240 mm<sup>2</sup> (diámetro de 36 mm).
- La terna de cable procedente de la fotovoltaica tendrá una sección de 150 mm<sup>2</sup> (diámetro de 32 mm).

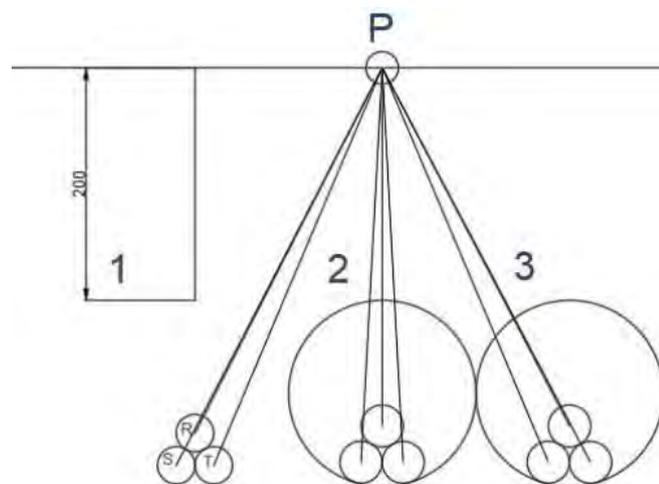


Figura 5.5. Punto P situado arriba de la terna de cables central

En este caso, considerando un punto P situado arriba de la terna de cables central (a nivel del suelo), a 20 cm del cableado, es decir, en el interior del cerramiento del prisma de entrada de cableado y considerando la permeabilidad del aire, sin tener en cuenta la permeabilidad del cerramiento, para un mayor coeficiente de seguridad, se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 5.2: Cálculo de los campos magnéticos en cada una de las ternas

TERNA	FASE	DISTANCIA A P (m)	B ( $\mu$ T)
1	R	0,352	43,63
	S	0,384	-19,99
	T	0,371	-20,70
2	R	0,308	224,03
	S	0,34	-101,47
	T	0,34	-101,47
3	R	0,347	198,85
	S	0,368	-93,75
	T	0,383	-90,08
<b>Campo Total</b>			<b>39,04</b>

Por los que se obtiene que el campo magnético total es menor de los 100  $\mu$ T exigidos.

### 5.2.1 CAMPO MAGNÉTICO GENERADO POR CABLEADO EN EL TRANSFORMADOR

El cableado que discurre hasta el transformador es cableado de MT y el que discurre desde el transformador es cableado de BT. El cableado de MT, discurrirá trenzado desde las celdas de MT hasta la envolvente la cual protege la terna de cable, desde el final de la envolvente hasta finalizar en los bornes del transformador del CT, donde cada fase estará separada una distancia.

El centro de transformación objeto de este análisis tiene en los puentes de baja tensión y en las bornes del transformador un apantallamiento metálico que provocara que el campo magnético generado por los mismos, no salga al exterior de las cajas de protección.

El caso más desfavorable de producción de campos magnéticos en el CT será en los puentes de MT del transformador hacia las celdas de media tensión

Tomando el modelo anterior de cable trenzado con un diámetro exterior de 32 mm, para el cableado de MT que discurre desde el cerramiento hasta el transformador, se realizará con las fases separadas aproximadamente 275 mm entre sí, mientras que el cableado de BT y los bornes de conexión del transformador estarán protegidos por las cajas de protección que servirán como apantallamiento para evitar la propagación del campo magnético. En la siguiente figura se simplifica el cableado y su trazado:

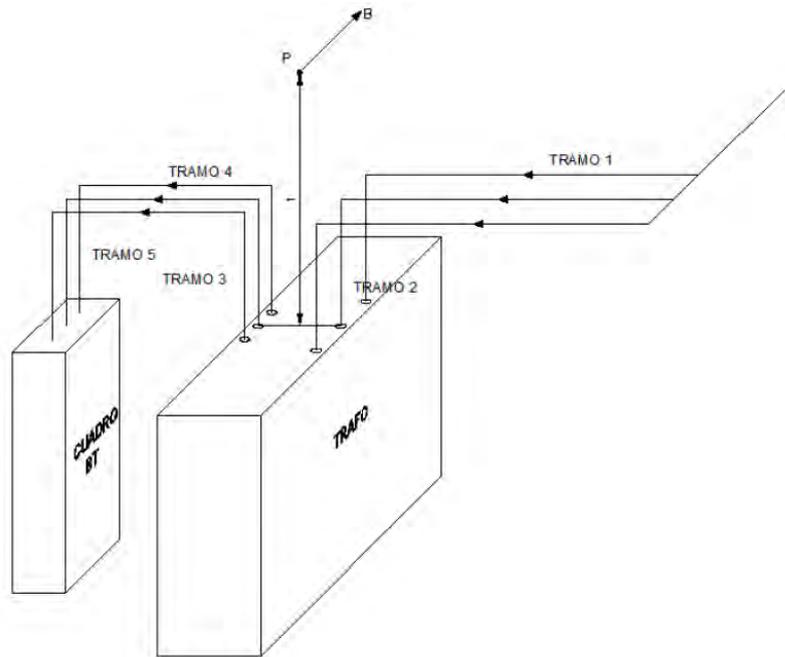


Figura 5.6. Cableado y trazado del transformador (simplificación)

El punto más desfavorable de la instalación de los puentes del transformador es en el "tramo 1", donde los cables del puente de media tensión no tienen una caja de protección que evite la transmisión de los campos electromagnéticos al exterior de estas. Para un análisis lo más realista posible de las condiciones de la instalación se ha utilizado el supuesto de una persona lo más cerca posible de los puentes de media tensión. El siguiente esquema ha sido utilizado para la simulación:

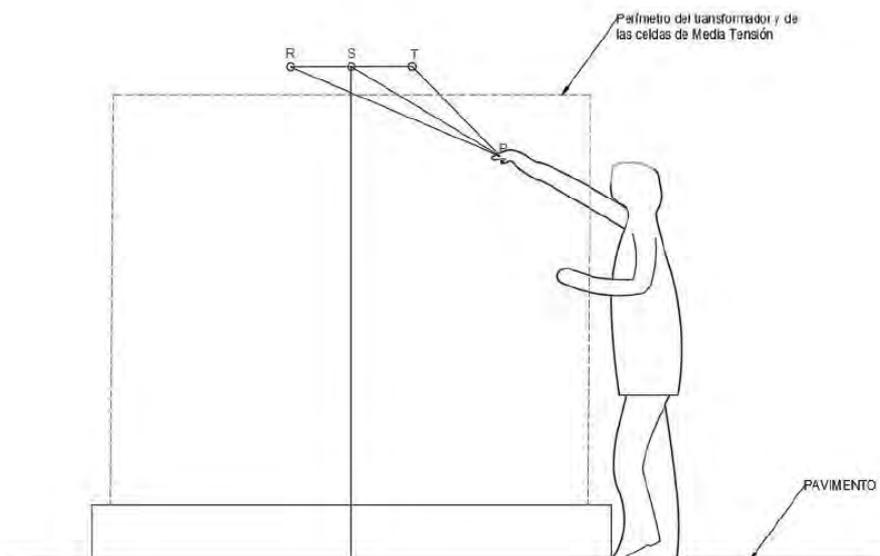


Figura 5.7. Esquema utilizado para la simulación

Por otro lado, para que el campo adquiriera su valor máximo, se supondrá que el instante temporal en el que el circuito más cercano (fase T) se encuentra en su valor máximo de Intensidad.

Aplicando la fórmula anterior para cada tramo se obtienen los siguientes valores:

Tabla 5.3: Cálculo de los campos magnéticos en el transformador

FASE	DISTANCIA A P (m)	B ( $\mu$ T)
R	1,027	-9,40
S	0,783	-12,33
T	0,565	34,18
	<b>TOTAL</b>	<b>12,45</b>

Por lo tanto, resulta un campo magnético total en el punto P, situado sobre la vertical del punto central del transformador de  $12,45 \mu\text{T} < 100 \mu\text{T}$ , por lo que se cumplen los requisitos de campos magnéticos.

En cuanto a otros puntos en la envolvente del CT, el campo total no sufriría variaciones relevantes respecto a los valores de campo magnético calculado para el punto P.

## 5.1 ENSAYOS Y PRUEBAS

Tras la ejecución del local del CT y durante las pruebas de puesta en marcha, se realizarán mediciones de campo eléctrico total por empresa especializada en los cerramientos del local del CT (caras exteriores) para comprobación de los niveles según RD 1066/2001.

## 6 PROTECCIÓN CONTRA LOS CONTACTOS DIRECTOS E INDIRECTOS

### 6.1 ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN

Según la ITC-BT-08, para la determinación de las características de las medidas de protección contra choques eléctricos en caso de defecto (contactos indirectos) y contra sobretensiones, así como de las especificaciones de la aparatada encargada de tales funciones, será preciso tener en cuenta el esquema de distribución empleado.

Los esquemas de distribución se establecen en función de:

- Las conexiones a tierra de la alimentación
- Las masas de la instalación receptora

La denominación se realiza con un código de letras con el significado siguiente:

**Primera letra:** Se refiere a la situación de la **alimentación** con respecto a tierra.

- **T** = Conexión directa de un punto de la alimentación a tierra.
- **I** = Aislamiento de todas las partes activas de la alimentación con respecto a tierra o conexión de un punto a tierra a través de una impedancia.

**Segunda letra:** Se refiere a la situación de las masas de la **instalación receptora** con respecto a tierra.

- **T** = Masas conectadas directamente a tierra, independientemente de la eventual puesta a tierra de la alimentación.
- **N** = Masas conectadas directamente al punto de la alimentación puesto a tierra (en corriente alterna, este punto es normalmente el punto neutro).

En el lado de baja tensión del transformador (800 V), el esquema implementado en la instalación fotovoltaica es un **esquema IT**.

### 6.2 ESQUEMA IT

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

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

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

En este tipo de esquema se recomienda no distribuir el neutro.

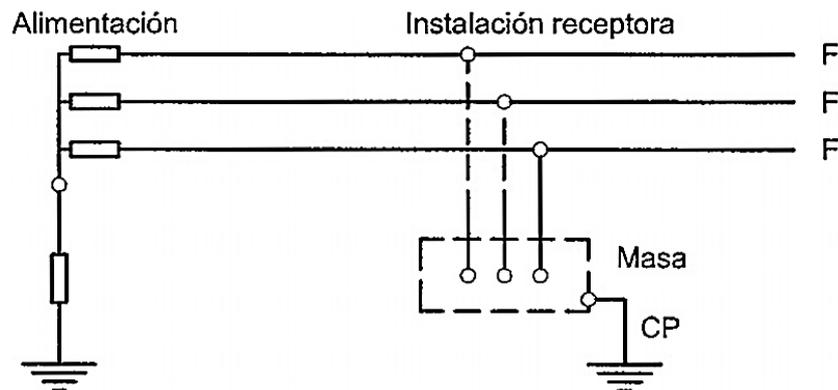


Figura 6.1. Esquema de distribución tipo IT

### **6.3 PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS EN EL SISTEMA DE BAJA TENSIÓN**

Esta protección consiste en tomar las medidas destinadas a proteger las personas contra los peligros que pueden derivarse de un contacto con las partes activas de los materiales eléctricos. Salvo indicación contraria, los medios a utilizar vienen expuestos y definidos en la

Norma UNE 20.460 -4-41, que son habitualmente:

- Protección por aislamiento de las partes activas.
- Protección por medio de barreras o envolventes.
- Protección por medio de obstáculos.
- Protección por puesta fuera de alcance por alejamiento.
- Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial residual.

### **6.4 PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS INDIRECTOS EN EL SISTEMA DE BAJA TENSIÓN**

Según la ITC-BT-24, esta protección se consigue mediante la aplicación de algunas de las medidas siguientes:

### 6.4.1 Protección por corte automático de la alimentación

El corte automático de la alimentación después de la aparición de un fallo está destinado a impedir que una tensión de contacto de valor suficiente se mantenga durante un tiempo tal que puede dar como resultado un riesgo.

Existe una adecuada coordinación entre el esquema de conexiones a tierra de la instalación utilizado, esquema IT en este caso, y las características de los dispositivos de protección.

El corte automático de la alimentación está prescrito cuando puede producirse un efecto peligroso en las personas o animales domésticos en caso de defecto, debido al valor y duración de la tensión de contacto. Se utilizará como referencia lo indicado en la norma UNE 20.572 -1.

La tensión límite convencional es igual a 50 V, valor eficaz en corriente alterna, en condiciones normales. En ciertas condiciones pueden especificarse valores menos elevados, como, por ejemplo, 24 V para las instalaciones de alumbrado público contempladas en la ITC-BT-09, apartado 10.

Se describen a continuación aquellos aspectos más significativos que deben reunir los sistemas de protección en función de los distintos esquemas de conexión de la instalación, según la ITC-BT-08 y que la norma UNE 20.460 -4-41 define cada caso.

#### 6.4.1.1 Esquema IT. Características y prescripciones de los dispositivos de protección

Debe ser satisfecha la condición siguiente:

$$R_A \cdot I_d \leq U_L$$

siendo:

- $R_A$ : es la suma de las resistencias de toma de tierra y de los conductores de protección de las masas.
- $I_d$ : es la corriente de defecto en caso de un primer defecto franco de baja impedancia entre un conductor de fase y una masa. Este valor tiene en cuenta las corrientes de fuga y la impedancia global de puesta a tierra de la instalación eléctrica
- $U_L$ : es la tensión de contacto límite convencional (50, 24V u otras, según los casos).
- $C_1$ ;  $C_2$ ;  $C_3$  Capacidad homopolar de los conductores respecto de tierra.

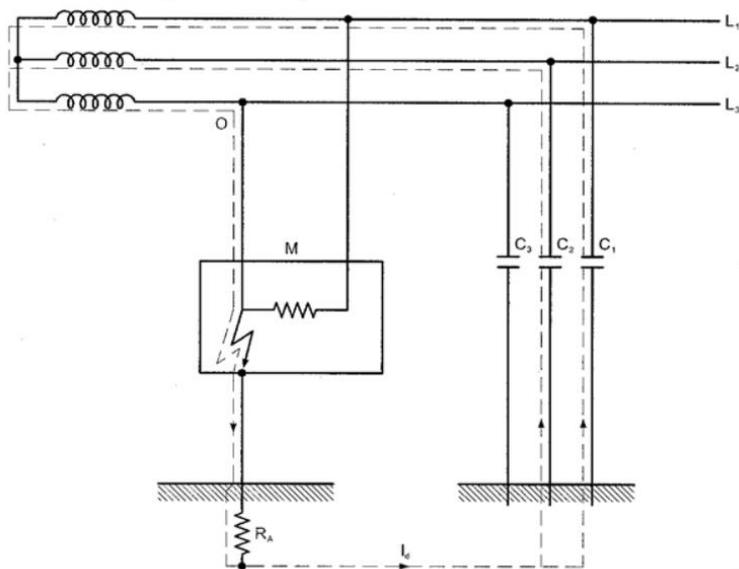


Figura 6.1. Esquema IT aislado de tierra

En el esquema IT, se utilizan los dispositivos de protección siguientes:

- Controladores permanentes de aislamiento
- Dispositivos de protección de corriente diferencial-residual
- Dispositivos de protección de máxima corriente, tales como fusibles, interruptores automáticos.

Si se ha previsto un controlador permanente de primer defecto para indicar la aparición de un primer defecto de una parte activa a masa o a tierra, debe activar una señal acústica o visual.

Después de la aparición de un primer defecto, las condiciones de interrupción de la alimentación en un segundo defecto deben ser las siguientes:

- Cuando se pongan a tierra masas por grupos o individualmente, las condiciones de protección son las del esquema TT, salvo que el neutro no debe ponerse a tierra.
- Cuando las masas estén interconectadas mediante un conductor de protección, colectivamente a tierra, se aplican las condiciones del esquema TN, con protección mediante un dispositivo contra sobrecorrientes de forma que se cumplan las condiciones siguientes:

donde:

$Z_s$  es la impedancia del bucle de defecto constituido por el conductor de fase y el conductor de protección.

$Z_s'$  es la impedancia del bucle de defecto constituido por el conductor neutro, el conductor de protección y el de fase.

$I_a$  es la corriente que garantiza el funcionamiento del dispositivo de protección de la instalación en un tiempo  $t$ , según la tabla 6.1, ó tiempos superiores, con 5 segundos como máximo, para aquellos casos especiales contemplados en la norma UNE 20.460 -4-41.

**U** es la tensión entre fases, valor eficaz en corriente alterna.

**U<sub>0</sub>** es la tensión entre fase y neutro, valor eficaz en corriente alterna.

Tabla 6.1

Tensión nominal de la instalación (U <sub>0</sub> /U)	Tiempo de interrupción (s)	
	Neutro no distribuido	Neutro distribuido
230/400	0,4	0,8
400/690	0,2	0,4
580/1000	0,1	0,2

Si no es posible utilizar dispositivos de protección contra sobretensiones de forma que se cumpla lo anterior, se utilizarán dispositivos de protección de corriente diferencial-residual para cada aparato de utilización o se realizará una conexión equipotencial complementaria según lo dispuesto en la norma UNE 20. 460 -4-41

#### 6.4.2 Protección por empleo de equipos de la clase II o por aislamiento equivalente

Se asegura esta protección por:

- Utilización de equipos con un aislamiento doble o reforzado (clase II).
- Conjuntos de aparatos construidos en fábrica y que posean aislamiento equivalente (doble o reforzado).
- Aislamientos suplementarios montados en el curso de la instalación eléctrica y que aislen equipos eléctricos que posean únicamente un aislamiento principal.
- Aislamientos reforzados montados en el curso de la instalación eléctrica y que aislen las partes activas descubiertas, cuando por construcción no sea posible la utilización de un doble aislamiento.

La norma UNE 20.460-4-41 describe el resto de características y revestimiento que deben cumplir las envolventes de estos equipos.

#### 6.4.3 Protección en los locales o emplazamientos no conductores

La norma UNE 20.460-4-41 indica las características de las protecciones y medios para estos casos.

Esta medida de protección está destinada a impedir en caso de fallo del aislamiento principal de las partes activas, el contacto simultáneo con partes que pueden ser puestas a tensiones

diferentes. Se admite la utilización de materiales de la clase 0 condición que se respete el conjunto de las condiciones siguientes:

Las masas deben estar dispuestas de manera que, en condiciones normales, las personas no hagan contacto simultáneo: bien con dos masas, bien con una masa y cualquier elemento conductor, si estos elementos pueden encontrarse a tensiones diferentes en caso de un fallo del aislamiento principal de las partes activas

En estos locales (o emplazamientos), no debe estar previsto ningún conductor de protección.

Las prescripciones del apartado anterior se consideran satisfechas si el emplazamiento posee paredes aislantes y si se cumplen una o varias de las condiciones siguientes:

a) Alejamiento respectivo de las masas y de los elementos conductores, así como de las masas entre sí. Este alejamiento se considera suficiente si la distancia entre dos elementos es de 2 m como mínimo, pudiendo ser reducida esta distancia a 1,25 m por fuera del volumen de accesibilidad.

b) Interposición de obstáculos eficaces entre las masas o entre las masas y los elementos conductores. Estos obstáculos son considerados como suficientemente eficaces si dejan la distancia a franquear en los valores indicados en el punto a). No deben conectarse ni a tierra ni a las masas y, en la medida de lo posible, deben ser de material aislante.

c) Aislamiento o disposición aislada de los elementos conductores. El aislamiento debe tener una rigidez mecánica suficiente y poder soportar una tensión de ensayo de un mínimo de 2.000 V. La corriente de fuga no debe ser superior a 1 mA en las condiciones normales de empleo.

Las figuras siguientes contienen ejemplos explicativos de las disposiciones anteriores

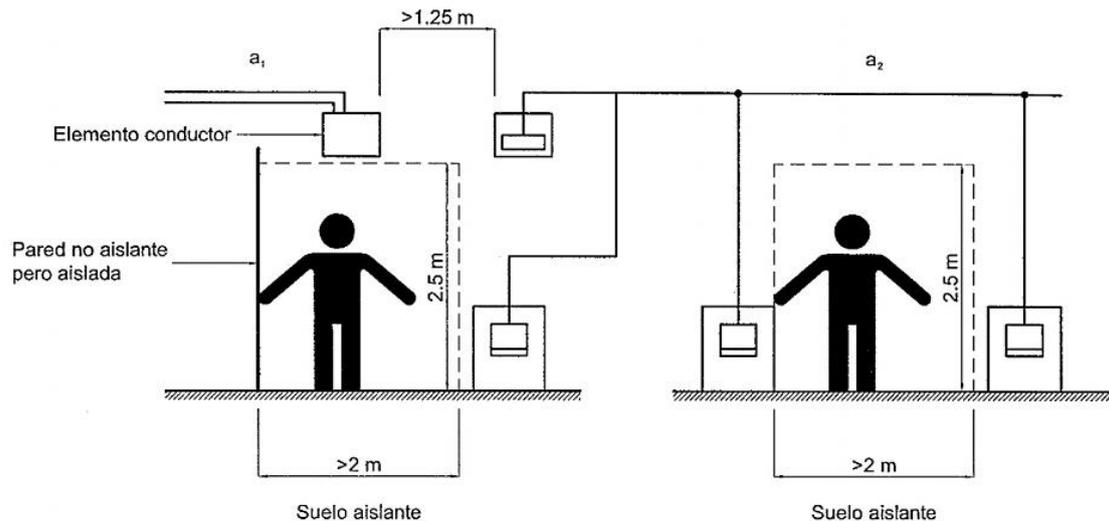


Figura 6.2. Esquema explicativo del apartado a)

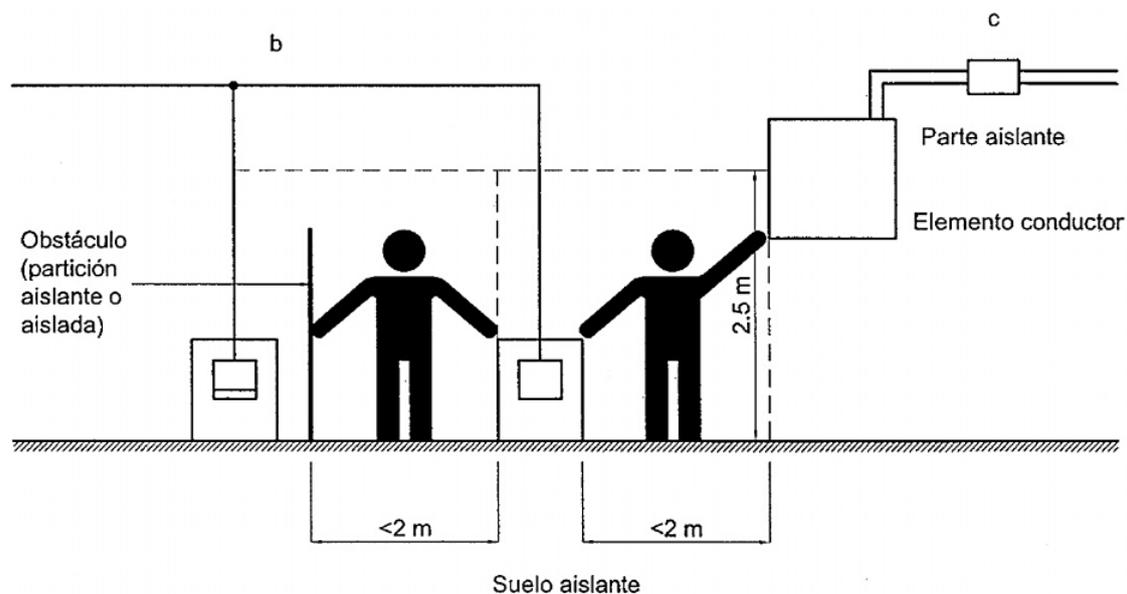


Figura 6.3. Esquema explicativo de los apartados b) y c)

Las paredes y suelos aislantes deben presentar una resistencia no inferior a:

- 50 kΩ, si la tensión nominal de la instalación no es superior a 500 V; y
- 100 kΩ, si la tensión nominal de la instalación es superior a 500 V,

Si la resistencia no es superior o igual, en todo punto, al valor prescrito, estas paredes y suelos se considerarán como elementos conductores desde el punto de vista de la protección contra las descargas eléctricas.

Las disposiciones adoptadas deben ser duraderas y no deben poder inutilizarse. Igualmente deben garantizar la protección de los equipos móviles cuando esté prevista la utilización de éstos.

Deberá evitarse la colocación posterior, en las instalaciones eléctricas no vigiladas continuamente, de otras partes (por ejemplo, materiales móviles de la clase I o elementos conductores, tales como conductos de agua metálicos), que puedan anular la conformidad con el apartado anterior.

Deberá evitarse que la humedad pueda comprometer el aislamiento de las paredes y de los suelos.

Deben adoptarse medidas adecuadas para evitar que los elementos conductores puedan transferir tensiones fuera del emplazamiento considerado.

#### 6.4.4 Protección mediante conexiones equipotenciales locales no conectadas a tierra

Los conductores de equipotencialidad deben conectar todas las masas y todos los elementos conductores que sean simultáneamente accesibles.

La conexión equipotencial local así realizada no debe estar conectada a tierra, ni directamente ni a través de masas o de elementos conductores.

Deben adoptarse disposiciones para asegurar el acceso de personas al emplazamiento considerado sin que éstas puedan ser sometidas a una diferencia de potencial peligrosa. Esto se aplica concretamente en el caso en que un suelo conductor, aunque aislado del terreno, está conectado a la conexión equipotencial local.

#### 6.4.5 Protección por separación eléctrica

El circuito debe alimentarse a través de una fuente de separación, es decir:

- un transformador de aislamiento,
- una fuente que asegure un grado de seguridad equivalente al transformador de aislamiento anterior, por ejemplo un grupo motor generador que posea una separación

equivalente.

La norma UNE 20.460-4-41 enuncia el conjunto de prescripciones que debe garantizar esta protección.

En el caso de que el circuito separado no alimente más que un solo aparato, las masas del circuito no deben ser conectadas a un conductor de protección.

En el caso de un circuito separado que alimente muchos aparatos, se satisfarán las siguientes prescripciones:

- a) Las masas del circuito separado deben conectarse entre sí mediante conductores de equipotencialidad aislados, no conectados a tierra. Tales conductores, no deben conectarse ni a conductores de protección, ni a masas de otros circuitos ni a elementos conductores.
- b) Todas las bases de tomas de corriente deben estar previstas de un contacto de tierra que debe estar conectado al conductor de equipotencialidad descrito en el apartado anterior.
- c) Todos los cables flexibles de equipos que no sean de clase II, deben tener un conductor de protección utilizado como conductor de equipotencialidad.
- d) En el caso de dos fallos francos que afecten a dos masas y alimentados por dos conductores de polaridad diferente, debe existir un dispositivo de protección que garantice el corte en un tiempo como máximo igual al indicado en la tabla 1 incluida en el apartado 4.1.1, para esquemas TN.

## **6.5 PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS EN EL SISTEMA DE ALTA TENSIÓN**

En el lado de alta tensión del transformador, existe una conexión entre las puestas a tierra del Centro de Transformación a través de las pantallas de los cables de media tensión, que están puestas a tierra en ambos extremos. Esta conexión puede ser representada mediante el siguiente esquema, en cuyo caso las condiciones de seguridad se establecen según lo indicado en ITC-RAT-13.

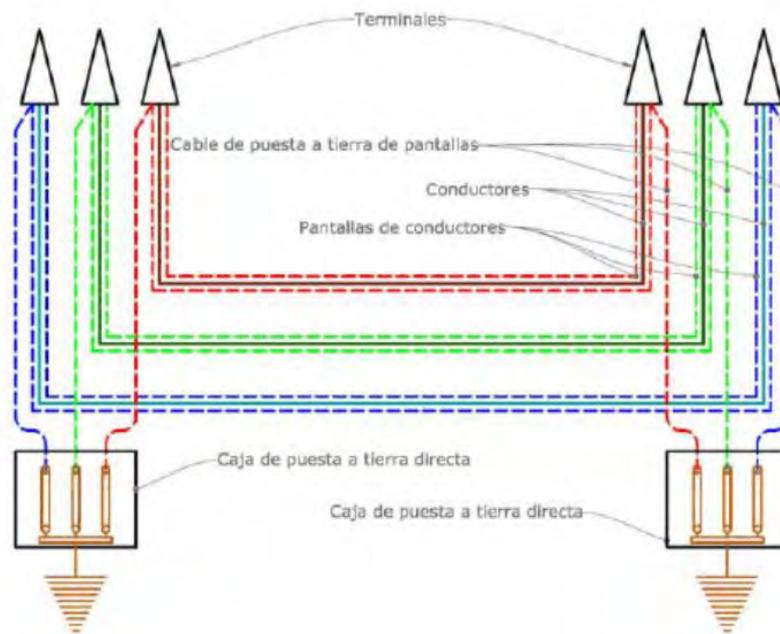


Figura 6.4. Esquema de conexión Solid Bonding

Cuando la alimentación de alta tensión forma parte de una red de cables subterráneos con envolventes conductoras, de suficiente conductividad, las envolventes conductoras se pueden utilizar como electrodos de puesta a tierra, incluso sin la adición de otros electrodos de puesta a tierra, en cuyo caso se garantiza que la circulación de la corriente de defecto será a través de estas pantallas y no a través de la puesta a tierra local, proporcionando las condiciones de seguridad requeridas.

Según ITC-RAT 13, las instalaciones eléctricas están contenidas en celdas o envolventes metálicas conectadas a tierra, en cuyo caso aplican las siguientes consideraciones:

- En conjuntos protegidos por envoltorio metálico deberá existir una línea de tierra común para la puesta a tierra de la envoltorio, dispuesta a lo largo de toda la apartamento. La sección mínima de esta línea será de 25 mm<sup>2</sup> para el cobre.
- Las envolventes externas de cada celda se conectarán a la línea de tierra común, como así mismo se hará con todas las partes metálicas de la instalación. Los elementos metálicos de la construcción de edificaciones que alberguen instalaciones de alta tensión, deberán conectarse a tierra toda estructura metálica, puertas, ventanas, escaleras, barandillas, tapas.

## **ANEXO II. CÁLCULO CONFIGURACIÓN INSTALACIONES. ESTUDIO POTENCIAL SOLAR (PVSYST).**

## 7 CÁLCULO DE LA DISTRIBUCIÓN DE CADENAS POR INVERSOR

Para el cálculo de las series y paralelos utilizadas en los inversores, se parte de las siguientes características de los módulos, facilitadas en la hoja de datos del fabricante.

Las características eléctricas del panel a instalar son, en condiciones estándar de ensayo (STC):

Tabla 4.1. Características de los módulos

Voc	Isc	Vmpp	Impp	Pot nominal	Pmpp		Coeficiente temperatura Voc	Coeficiente temperatura Isc	Coeficiente temperatura Pmpp
					Tolerancia				
45,9	18,45	38,1	17,35	660	0,03		-0,25	0,04	-0,34

Tabla 4.2. Características de los módulos (10% de relación irradiancia)

Voc	Isc	Vmpp	Impp	Pot nominal	Pmpp		Coeficiente temperatura Voc	Coeficiente temperatura Isc	Coeficiente temperatura Pmpp
					Tolerancia				
45,9	19,74	38,1	18,56	706	0,03		-0,25	0,04	-0,34

Con estos datos se realizan los cálculos para determinar las tensiones e intensidades a las distintas temperaturas de funcionamiento.

Tabla 4.3. Comportamiento del módulo en función de la temperatura

T = -10°C					Pmpp	
Voc	Isc	Vmpp	Impp	Potencia	Max	
49,92	19,46	42,63	20,77	790,01	813,71	
T = 25°C					Pmpp	
Voc	Isc	Vmpp	Impp	Potencia	Max	
45,90	19,74	38,10	18,56	706,00	727,18	
T = 60°C					Pmpp	
Voc	Isc	Vmpp	Impp	Potencia	Max	
41,88	20,02	33,57	16,35	621,99	640,65	

### 7.1.1 Número máximo de módulos por string.

La tensión máxima del string, será para la temperatura mínima del panel, considerando una radiación de tan solo 1000 W/m<sup>2</sup> y que la carga esté en circuito abierto.

Cálculo por temperatura ambiente mínima (caso más desfavorable).

A efectos prácticos se supone una **temperatura ambiente mínima de -10°C en Mallorca**

Para calcular el número máximo de módulos en serie que pueden alimentar al inversor, deberemos tener en cuenta la máxima tensión de entrada del mismo

$$N^{\circ}_{\text{máximo de módulos en serie}} = V_{\text{máx entrada inversor}} / V_{\text{oc módulos}}$$

donde:

$V_{\text{máx}} \text{ entrada inversor } (0^{\circ}\text{C}) = 1500 \text{ V}$

$V_{\text{oc}} \text{ módulos } (25^{\circ}\text{C}) = 45,9 \text{ V.}$

La característica de los módulos de  $V_{\text{oc}}$  está medida a  $25^{\circ}\text{C}$ , por lo que sabiendo la variación de tensión en función de la temperatura:

Coefficiente de temperatura de  $V_{\text{oc}} = -0,25\%/^{\circ}\text{C}$

podemos calcular la  $V_{\text{oc}}$  a  $-10^{\circ}\text{C}$ , que es la más desfavorable:

$$V_{\text{oc}}(-10^{\circ}) = 45,9 - (-10 - 25) * \left( \frac{0,25 * 45,9}{100} \right) = 49,92 \text{ V}$$

$$V_{\text{oc}}(-10^{\circ}) = 49,92 \text{ V}$$

Finalmente aplicando la fórmula, obtenemos que:

$$N^{\circ} \text{ máximo de módulos en serie} = \frac{1500}{V_{\text{oc}}}$$

Para el inversor elegido, **el número máximo de módulos en serie es de 30,05**, y se han elegido 28 por lo que cumple.

### 7.1.2 Número de cadenas ("strings") en paralelo

Para calcular el número máximo de string en paralelo, está en función de la intensidad máxima de entrada del inversor y de la intensidad máxima del módulo.

Si consideramos una temperatura más desfavorable de utilización ( $60^{\circ}\text{C}$ )

$$N^{\circ} \text{ cadenas por MPPT} = \frac{I_{\text{max DC MPPT}}}{I_{\text{sc Tmax}}} = \frac{65}{19,74} = 3,29 \text{ cadenas}$$

Es decir, 3 cadenas por MPPT.

El inversor cuenta con 6 MPPT.

$$N^{\circ} \text{ cadenas total} = 6 \cdot 3 = 18 \text{ cadenas}$$

Donde:

$N^{\circ} \text{ cadenas} = \text{número de cadenas por inversor}$

$I_{\text{máx DC inversor}} = \text{Intensidad (A) máxima del inversor según datasheet}$

$I_{\text{sc Tmáx}} = \text{Intensidad (A) máxima del módulo a la Temperatura de } 60^{\circ}\text{C}$

Según el datasheet del inversor proporcionado por el fabricante, el número máximo de strings en paralelo es de 28. Por lo tanto, teniendo en cuenta los cálculos y el datasheet, se podrán instalar, como máximo, 18 strings en paralelo.

Teniendo en cuenta que se instalarán cuatro inversores de string, se tiene la siguiente configuración:

**Tabla 4.4. Configuración de los inversores**

VARIANTE	Nº de módulos	Modulo		Inversores	Voc máx a -10°C	Tensión Nominal a 25°C	Intensidad máxima a 60°C	Potencia Pico	Sobredi-mensión del inversor
		En serie	En paralelo						
Inversores Tipo A	504	28	18	2	1397,66	1066,8	336,75	332.640	10,88
Inversores Tipo B	476	28	17	2	1397,66	1066,8	318,04	314.160	4,72

La configuración de los inversores es la siguiente:

**Tabla 4.5. Configuración por string opción A**
**Inversores Tipo A**

Nº MODULOS EN SERIE	<b>28</b>
Nº de STRINGS SELECCIONADO	<b>18</b>
Potencia Wp	18.480,00
Imp (A) (25°)	18,56
Vmpp (V) (25°)	1.066,80
Vmpp minima (60°C) (V)	939,85
Voc maxima (-10°C) (V)	1.397,66

**Tabla 4.6. Configuración por string opción B**
**Inversores Tipo B**

Nº MODULOS EN SERIE	<b>28</b>
Nº de STRINGS SELECCIONADO	<b>17</b>
Potencia Wp	18.480,00
Imp (A) (25°)	18,56
Vmpp (V) (25°)	1.066,80
Vmpp minima (60°C) (V)	939,85
Voc maxima (-10°C) (V)	1.397,66

*Tabla 4.7. Configuración por inversor opción A*

<b>Inversores Tipo A</b>	
Nº INVERSORES	<b>2</b>
Nº de strings seleccionado por inversor	18
N. máx de strings	20
N. de módulos por inversor	504
Imp a 25°C (A) por inversor	334,08
Vmp a 25°C (V) por inversor	1.066,80
Isc a 25°C (A) por inversor	332,10
Voc a 25°C (V) por inversor	1.285,20
Pmp de entrada (Wp)	332.640
<b>Sobredimensionado</b>	<b>10,88%</b>

*Tabla 4.8. Configuración por inversor opción B*

<b>Inversores Tipo B</b>	
Nº INVERSORES	<b>2</b>
Nº de strings seleccionado por inversor	17
N. máx de strings	20
N. de módulos por inversor	476
Imp a 25°C (A) por inversor	315,52
Vmp a 25°C (V) por inversor	1.066,80
Isc a 25°C (A) por inversor	313,65
Voc a 25°C (V) por inversor	1.285,20
Pmp de entrada (Wp)	314.160
<b>Sobredimensionado</b>	<b>4,72%</b>

*Tabla 4.9. Configuración de la instalación*

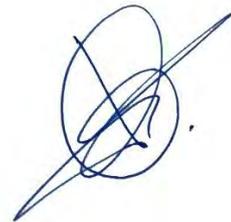
N. DE INVERSORES	<b>4</b>
N. DE CADENAS	<b>70</b>
N. DE MÓDULOS	<b>1.960</b>
<b>Potencia máxima (NOMINAL) de los inversores (W)</b>	<b>1.200.000</b>
<b>FV Potencia Pico módulos (CC) (W)</b>	<b>1.293.600</b>
<b>FV Potencia Pico módulos (Ganancia bifacialidad)* (W)</b>	<b>1.383.760</b>
<b>Potencia INSTALADA (W)</b>	<b>1.200.000</b>

Limitado a 999.000 W

## **8 ESTUDIO POTENCIAL SOLAR. INFORME PVSYST.**

Se adjunta a continuación el informe de PVSyst no vinculante para la firma del contrato

Albacete, noviembre de 2022  
El Ingeniero Técnico Industrial



**Fdo.: Ginés Martínez Pérez**  
**Nº colegiado:1280, COGITI Albacete**

# PVsyst - Informe de simulación

## Sistema conectado a la red

---

Proyecto: SON MULET

Variante: revisión 3

Cobertizos ilimitados

Potencia del sistema: 1294 kWp

Llucmajor - Spain

**Autor(a)**

Univergy International SL (Spain)



# Proyecto: SON MULET

Variante: revisión 3

## PVsyst V7.2.21

VC2, Fecha de simulación:  
16/11/22 14:53  
con v7.2.21

Univergy International SL (Spain)

### Resumen del proyecto

<b>Sitio geográfico</b> <b>Llucmajor</b> España	<b>Situación</b> Latitud 39.46 °N Longitud 2.94 °E Altitud 124 m Zona horaria UTC+1	<b>Configuración del proyecto</b> Albedo 0.20
<b>Datos meteo</b> Llucmajor Meteonorm 8.0 (1991-2013), Sat=63% - Sintético		

### Resumen del sistema

<b>Sistema conectado a la red</b> <b>Orientación campo FV</b> Cobertizos inclinación 25 ° azimut 0 °	<b>Cobertizos ilimitados</b> <b>Sombreados cercanos</b> Sombreados mutuos de cobertizos	<b>Necesidades del usuario</b> Carga ilimitada (red)
<b>Información del sistema</b> <b>Generador FV</b> Núm. de módulos 1960 unidades Pnom total 1294 kWp	<b>Inversores</b> Núm. de unidades 4 unidades Pnom total 1200 kWca Límite de potencia de red 999 kWca Proporción de red lim. Pnom 1.295	

### Resumen de resultados

Energía producida	2035 MWh/año	Producción específica	1573 kWh/kWp/año	Proporción rend. PR	82.56 %
-------------------	--------------	-----------------------	------------------	---------------------	---------

### Tabla de contenido

Resumen de proyectos y resultados	2
Parámetros generales, Características del generador FV, Pérdidas del sistema.	3
Definición del horizonte	5
Resultados principales	6
Diagrama de pérdida	7
Gráficos especiales	8
Evaluación P50 - P90	9



**PVsyst V7.2.21**

VC2, Fecha de simulación:  
16/11/22 14:53  
con v7.2.21

Univergy International SL (Spain)

**Parámetros generales**

<b>Sistema conectado a la red</b>		<b>Cobertizos ilimitados</b>			
<b>Orientación campo FV</b>		<b>Configuración de cobertizos</b>		<b>Modelos usados</b>	
<b>Orientación</b>		Núm. de cobertizos 17 unidades		Transposición Perez	
Cobertizos		Cobertizos ilimitados		Difuso Perez, Meteonorm	
inclinación	25 °	<b>Tamaños</b>		Circunsolar separado	
azimut	0 °	Espaciamiento cobertizos 8.41 m			
		Ancho de colector 4.91 m			
		Proporc. cob. suelo (GCR) 58.4 %			
		Banda inactiva superior 0.02 m			
		Banda inactiva inferior 0.02 m			
		<b>Ángulo límite de sombreado</b>			
		Ángulo límite de perfil 27.9 °			
<b>Horizonte</b>		<b>Sombreados cercanos</b>		<b>Necesidades del usuario</b>	
Altura promedio	1.1 °	Sombreados mutuos de cobertizos		Carga ilimitada (red)	
<b>Sistema bifacial</b>					
Modelo	Cálculo 2D				
	cobertizos ilimitados				
<b>Geometría del modelo bifacial</b>				<b>Definiciones del modelo bifacial</b>	
Espaciamiento cobertizos	8.41 m	Albedo de tierra		0.20	
Ancho cobertizos	4.95 m	Factor de bifacialidad		72 %	
Ángulo límite de perfil	28.1 °	Fact. sombreado trasero		0.0 %	
GCR	58.9 %	Fact. desajuste trasero		3.1 %	
Altura sobre el suelo	1.50 m	Fracción transparente de cobertizo		3.7 %	
<b>Limitación de potencia de red</b>					
Potencia activa	999 kWca				
Proporción Pnom	1.295				

**Características del generador FV**

<b>Módulo FV</b>		<b>Inversor</b>	
Fabricante	Trina Solar	Fabricante	Huawei Technologies
Modelo	TSM-DEG21C-20-660Wp	Modelo	SUN2000-330KTL-H1-Preliminary V0.1
	(Base de datos PVsyst original)		(Definición de parámetros personalizados)
Unidad Nom. Potencia	660 Wp	Unidad Nom. Potencia	300 kWca
Número de módulos FV	1960 unidades	Número de inversores	4 unidades
Nominal (STC)	1294 kWp	Potencia total	1200 kWca
Módulos	70 Cadenas x 28 En series	Voltaje de funcionamiento	500-1500 V
<b>En cond. de funcionam. (50°C)</b>		Potencia máx. (=>30°C)	330 kWca
Pmpp	1185 kWp	Proporción Pnom (CC:CA)	1.08
U mpp	968 V		
I mpp	1224 A		
<b>Potencia FV total</b>		<b>Potencia total del inversor</b>	
Nominal (STC)	1294 kWp	Potencia total	1200 kWca
Total	1960 módulos	Número de inversores	4 unidades
Área del módulo	6088 m²	Proporción Pnom	1.08



**Pérdidas del conjunto**

**Pérdidas de suciedad del conjunto**

Frac. de pérdida 3.0 %

**Factor de pérdida térmica**

Temperatura módulo según irradiancia  
Uc (const) 29.0 W/m<sup>2</sup>K  
Uv (viento) 0.0 W/m<sup>2</sup>K/m/s

**Pérdidas de cableado CC**

Res. conjunto global 13 mΩ  
Frac. de pérdida 1.5 % en STC

**Pérdida diodos serie**

Caída de tensión 0.7 V  
Frac. de pérdida 0.1 % en STC

**LID - Degradación Inducida por Luz**

Frac. de pérdida 2.0 %

**Pérdida de calidad módulo**

Frac. de pérdida -0.3 %

**Pérdidas de desajuste de módulo**

Frac. de pérdida 0.7 % en MPP

**Pérdidas de desajuste de cadenas**

Frac. de pérdida 0.1 %

**Factor de pérdida IAM**

Efecto de incidencia (IAM): Fresnel, revestimiento AR, n(vidrio)=1.526, n(AR)=1.290

0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.999	0.987	0.962	0.892	0.816	0.681	0.440	0.000

**Pérdidas del sistema.**

**Indisponibilidad del sistema**

Frac. de tiempo 1.0 %  
3.7 días,  
3 períodos

**Pérdidas auxiliares**

constante (ventiladores) 2.84 kW  
0.0 kW del umbral de potencia  
Consumo aux. nocturno 0.05 kW

**Pérdidas de cableado CA**

**Línea de salida del inv. hasta transfo MV**

Voltaje inversor 800 Vca tri  
Frac. de pérdida 2.19 % en STC

**Inversor: SUN2000-330KTL-H1-Preliminary V0.1**

Sección cables (4 Inv.) Cobre 4 x 3 x 95 mm<sup>2</sup>  
Longitud media de los cables 223 m

**Línea MV hasta inyección**

Voltaje MV 20 kV  
Cables Alu 3 x 95 mm<sup>2</sup>  
Longitud 200 m  
Frac. de pérdida 0.02 % en STC

**Pérdidas de CA en transformadores**

**Transfo MV**

Voltaje de red 20 kV

**Pérdidas operativas en STC**

Potencia nominal en STC 1271 kVA  
Pérdida de hierro (Conexión 24/24) 1.52 kW  
Frac. de pérdida 0.12 % en STC  
Resistencia equivalente de bobinas 3 x 4.20 mΩ  
Frac. de pérdida 0.83 % en STC



### Definición del horizonte

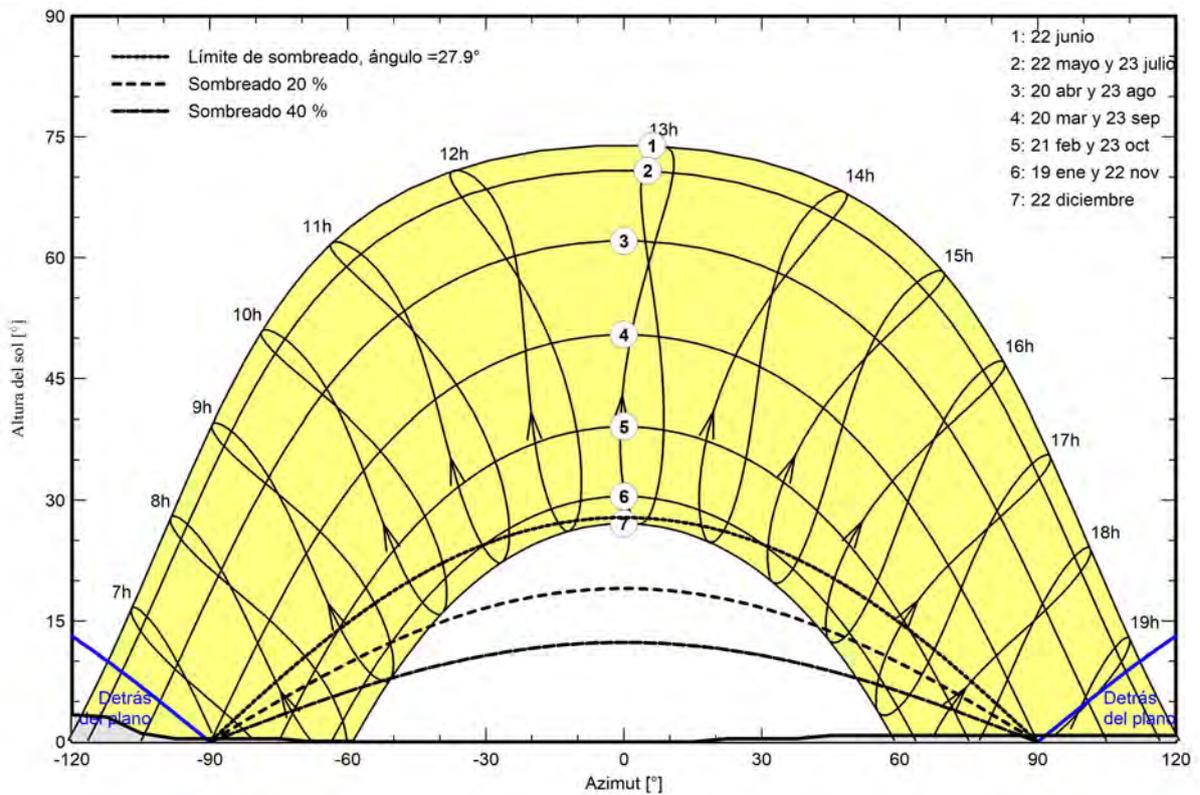
Horizon from PVGIS website API, Lat=39°27'53', Long=2°56'16', Alt=124m

Altura promedio	1.1 °	Factor Albedo	0.99
Factor difuso	1.00	Fracción de albedo	100 %

### Perfil del horizonte

Azimut [°]	-180	-173	-165	-158	-143	-135	-120	-113	-105	-98	-75	-68
Altura [°]	1.9	2.7	2.3	1.9	1.9	3.4	3.4	3.1	1.1	0.4	0.4	0.0
Azimut [°]	15	23	38	45	135	143	150	158	165	173	180	
Altura [°]	0.0	0.4	0.4	0.8	0.8	1.1	1.9	1.9	3.1	3.4	1.9	

### Recorridos solares (diagrama de altura / azimut)



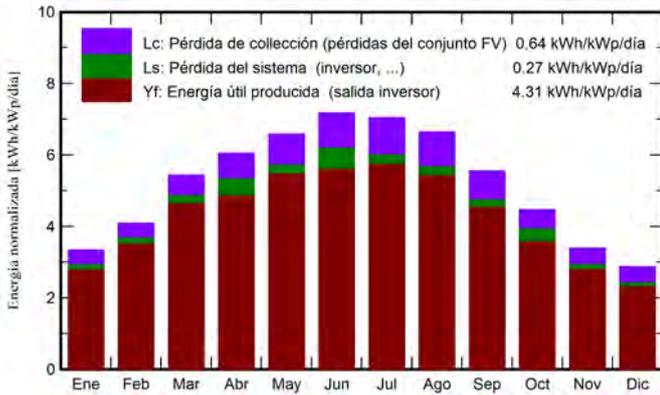


**Resultados principales**

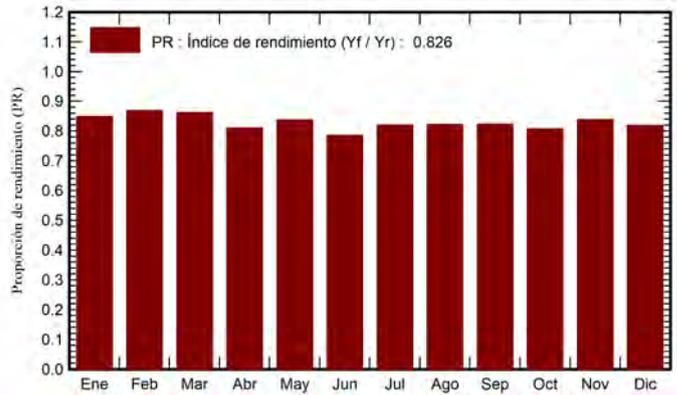
**Producción del sistema**

Energía producida 2035 MWh/año      Producción específica 1573 kWh/kWp/año  
 Proporción de rendimiento (PR) 82.56 %

**Producciones normalizadas (por kWp instalado)**



**Proporción de rendimiento (PR)**



**Balances y resultados principales**

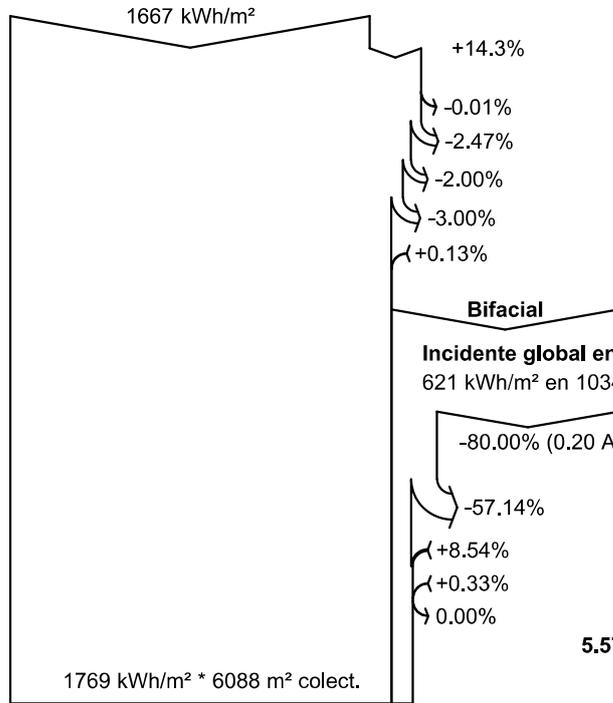
	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	PR
	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	°C	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	MWh	MWh	proporción
Enero	67.8	28.71	8.48	103.2	93.9	118.8	113.3	0.849
Febrero	83.7	35.12	9.01	114.4	106.4	134.6	128.5	0.869
Marzo	136.2	51.37	12.07	168.3	157.8	196.4	187.7	0.862
Abril	166.4	68.63	14.98	181.2	168.8	208.2	189.9	0.810
Mayo	202.7	80.47	18.94	203.9	189.8	230.9	220.8	0.837
Junio	221.3	76.91	23.42	215.1	200.7	241.9	218.7	0.786
Julio	220.2	78.11	26.60	218.2	203.8	242.4	231.5	0.820
Agosto	193.4	76.04	26.42	205.8	192.2	229.1	218.8	0.822
Septiembre	143.1	51.85	22.05	166.5	155.6	185.7	177.3	0.823
Octubre	105.8	47.46	18.57	138.2	128.9	159.2	144.4	0.807
Noviembre	68.2	27.84	13.14	101.5	92.7	115.4	110.0	0.838
Diciembre	57.7	28.88	9.81	88.8	77.9	98.7	94.1	0.819
<b>Año</b>	<b>1666.5</b>	<b>651.40</b>	<b>17.01</b>	<b>1905.3</b>	<b>1768.6</b>	<b>2161.4</b>	<b>2034.8</b>	<b>0.826</b>

**Leyendas**

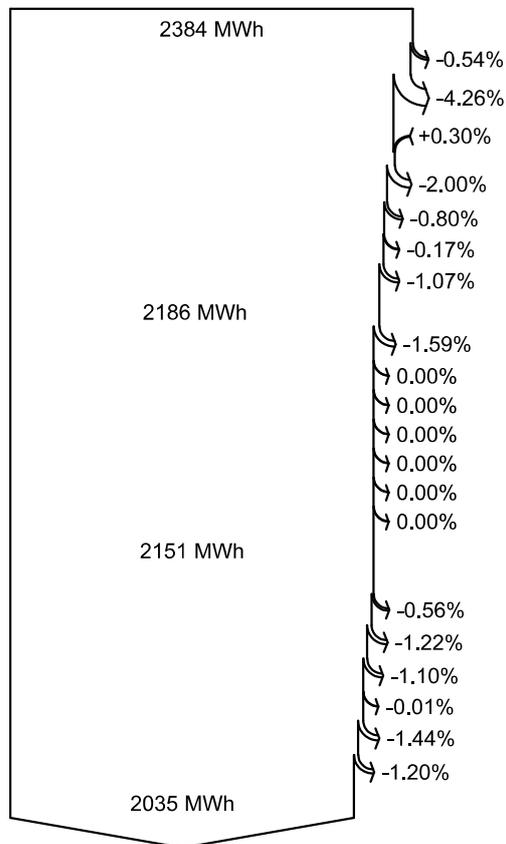
- GlobHor Irradiación horizontal global
- DiffHor Irradiación difusa horizontal
- T\_Amb Temperatura ambiente
- GlobInc Global incidente plano receptor
- GlobEff Global efectivo, corr. para IAM y sombreados
- EArray Energía efectiva a la salida del conjunto
- E\_Grid Energía inyectada en la red
- PR Proporción de rendimiento



Diagrama de pérdida



eficiencia en STC = 21.28%



**Irradiación horizontal global**  
**Global incidente plano receptor**

- Sombreados lejanos / Horizonte
- Sombreados cercanos: pérdida de irradiancia
- Factor IAM en global
- Factor de pérdida de suciedad
- Reflejo del suelo en la parte frontal

- Incidente global en tierra**  
621 kWh/m<sup>2</sup> en 10344 m<sup>2</sup>
- 80.00% (0.20 Albedo de tierra)  
Pérdida de reflexión del suelo
- 57.14%  
Factor de vista para el lado trasero
- +8.54%  
Cielo difuso en la parte trasera
- +0.33%  
Haz efectivo en la parte trasera
- 0.00%  
Pérdida de sombreados en la parte posterior
- 5.57% Irradiancia global en la parte trasera (98 kWh/m<sup>2</sup>)**

**Irradiancia efectiva en colectores**

Conversión FV, Factor de bifacialidad = 0.72

**Conjunto de energía nominal (con efic. STC)**

- Pérdida FV debido al nivel de irradiancia
- Pérdida FV debido a la temperatura.
- Pérdida calidad de módulo

**LID - Degradación inducida por luz**

- Pérdidas de desajuste, módulos y cadenas
- Desajuste de irradiancia posterior
- Pérdida óhmica del cableado

**Energía virtual del conjunto en MPP**

- Pérdida del inversor durante la operación (eficiencia)
- Pérdida del inversor sobre potencia inv. nominal
- Pérdida del inversor debido a la corriente de entrada máxima
- Pérdida de inversor sobre voltaje inv. nominal
- Pérdida del inversor debido al umbral de potencia
- Pérdida del inversor debido al umbral de voltaje
- Consumo nocturno

**Energía disponible en la salida del inversor**

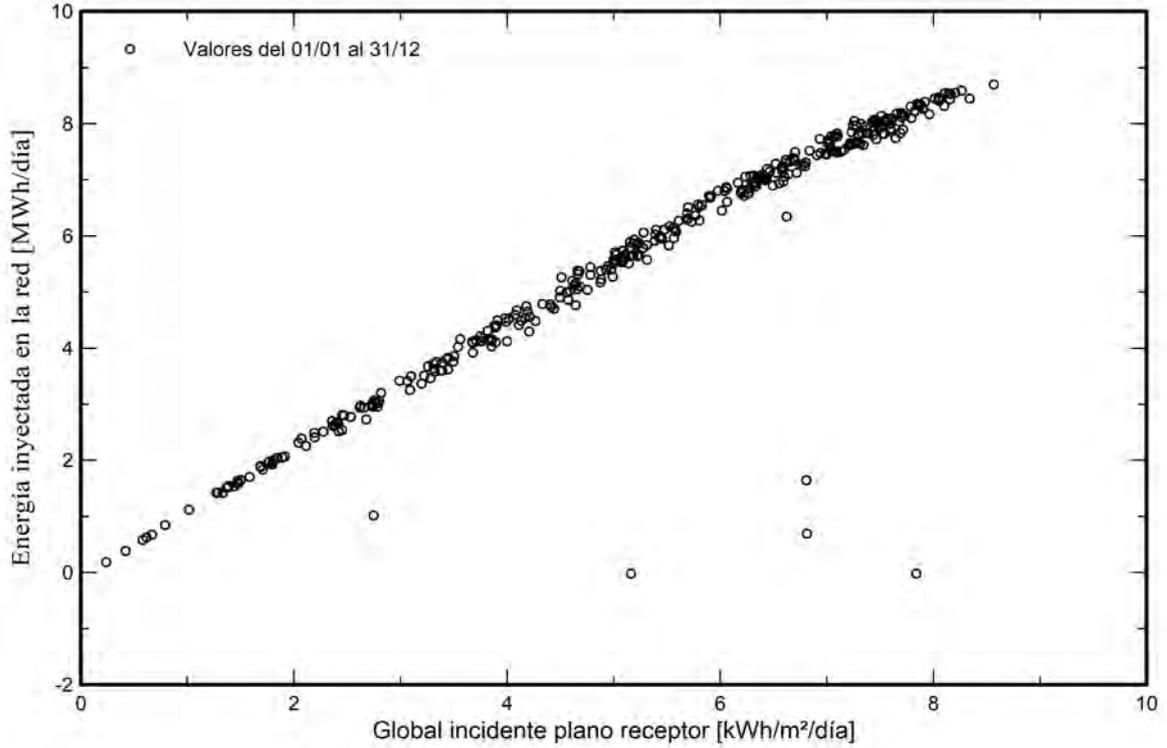
- Auxiliares (ventiladores, otros ...)
- Pérdidas óhmicas CA
- Pérdida de transfo de voltaje medio
- Pérdida óhmica de línea MV
- Indisponibilidad del sistema
- Energía inutilizada (limitación de la red)

**Energía inyectada en la red**

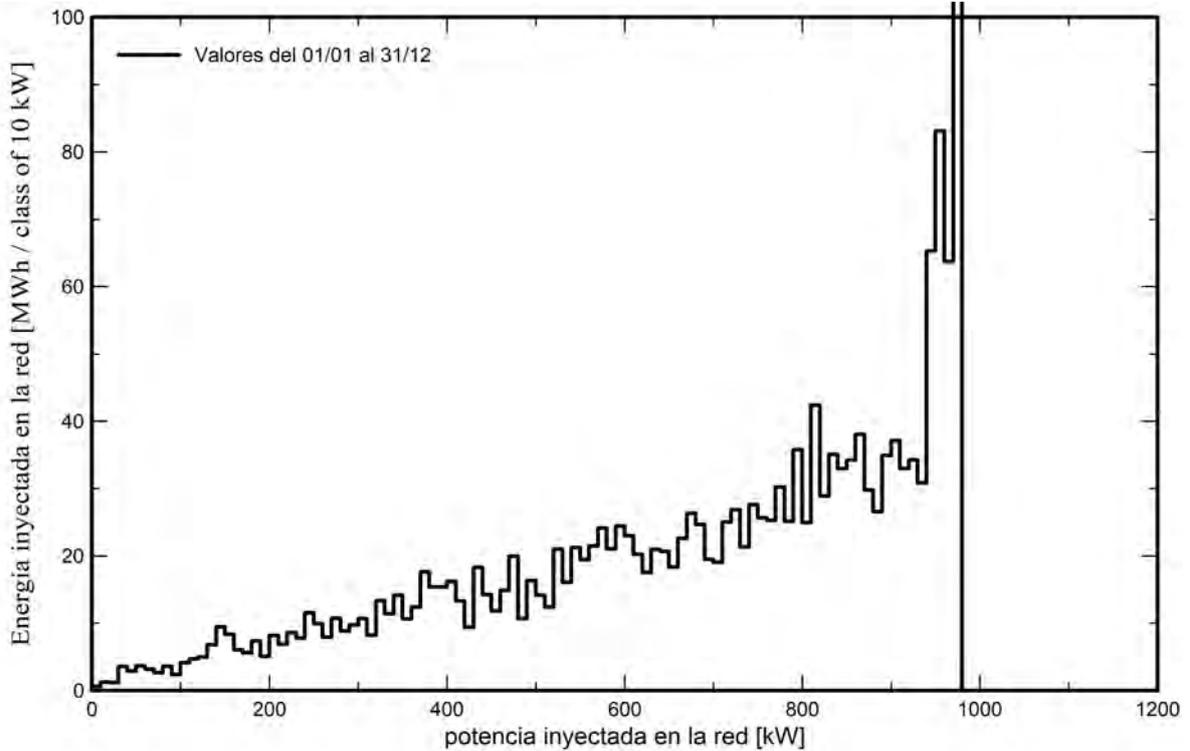


Gráficos especiales

Diagrama entrada/salida diaria



Distribución de la potencia de salida del sistema





Evaluación P50 - P90

Datos meteo

Fuente Meteoronorm 8.0 (1991-2013), Sat=63%  
Tipo Promedios mensuales  
Sintético - Promedio multianual  
Variabilidad año a año(Varianza) 5.1 %

Desviación especificada

Cambio climático 0.0 %

Variabilidad global (meteo y sistema)

Variabilidad (Suma cuadrática) 5.4 %

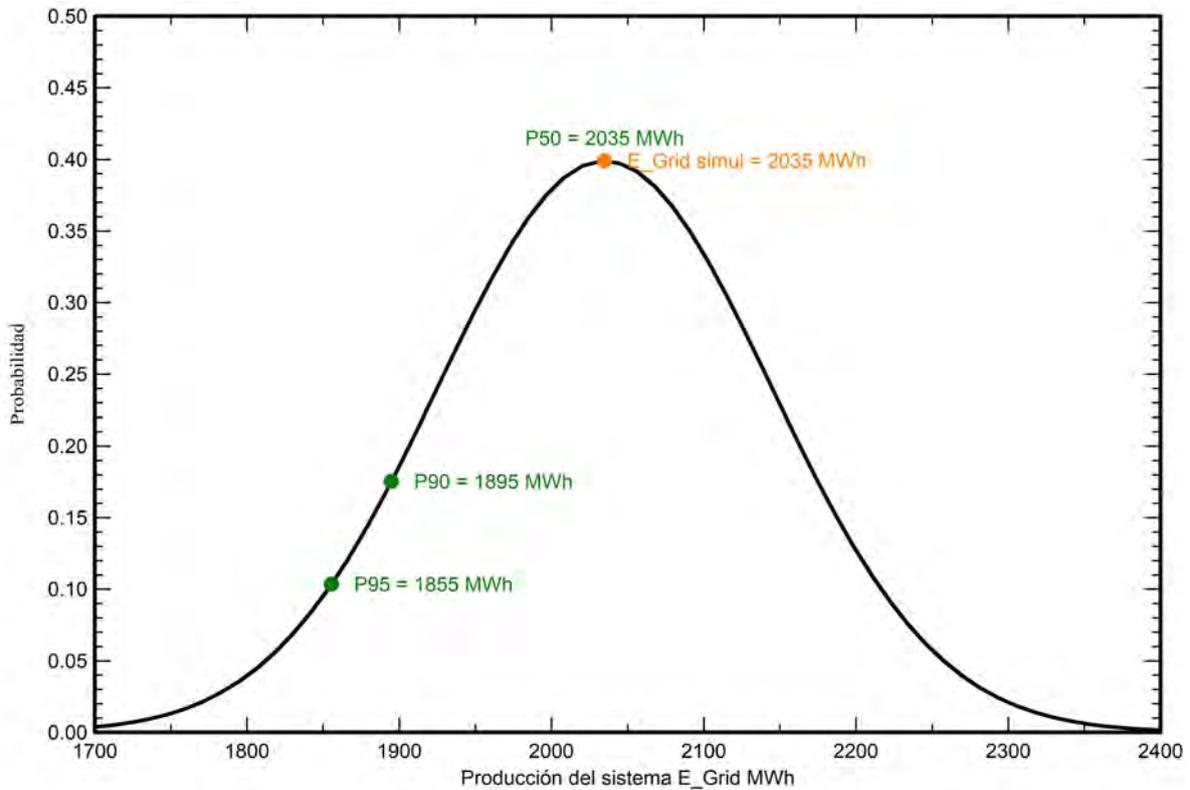
Incertidumbres sobre la simulación y los parámetros

Modelado/parámetros del módulo FV 1.0 %  
Incertidumbre eficiencia inversor 0.5 %  
Incertidumbres de suciedad y desajuste 1.0 %  
Incertidumbre de degradación 1.0 %

Probabilidad de producción anual

Variabilidad 109 MWh  
P50 2035 MWh  
P90 1895 MWh  
P95 1855 MWh

Distribución de probabilidad



## **ANEXO III. DOCUMENTACIÓN TÉCNICA MÓDULOS**



BIFACIAL DUAL GLASS MONOCRYSTALLINE MODULE

PRODUCT: TSM-DEG21C.20

PRODUCT RANGE: 635-660W

660W+

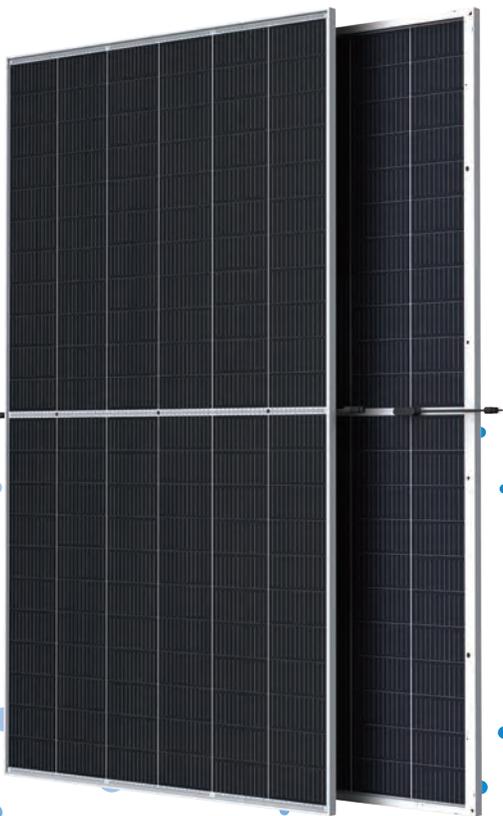
MAXIMUM POWER OUTPUT

0~+5W

POSITIVE POWER TOLERANCE

21.2%

MAXIMUM EFFICIENCY



High customer value

- Lower LCOE (Levelized Cost Of Energy), reduced BOS (Balance of System) cost, shorter payback time
- Lowest guaranteed first year and annual degradation;
- Designed for compatibility with existing mainstream system components
- Higher return on Investment



High power up to 660W

- Up to 21.2% module efficiency with high density interconnect technology
- Multi-busbar technology for better light trapping effect, lower series resistance and improved current collection



High reliability

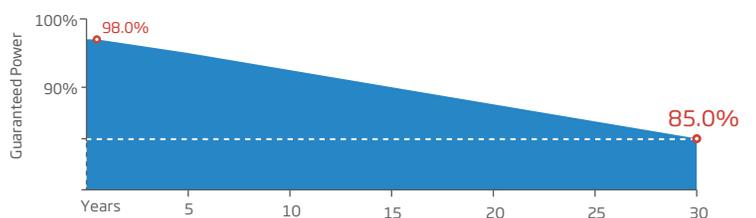
- Minimized micro-cracks with innovative non-destructive cutting technology
- Ensured PID resistance through cell process and module material control
- Resistant to harsh environments such as salt, ammonia, sand, high temperature and high humidity areas
- Mechanical performance up to 5400 Pa positive load and 2400 Pa negative load



High energy yield

- Excellent IAM (Incident Angle Modifier) and low irradiation performance, validated by 3rd party certifications
- The unique design provides optimized energy production under inter-row shading conditions
- Lower temperature coefficient (-0.34%) and operating temperature
- Up to 25% additional power gain from back side depending on albedo

Trina Solar's Vertex Bifacial Dual Glass Performance Warranty



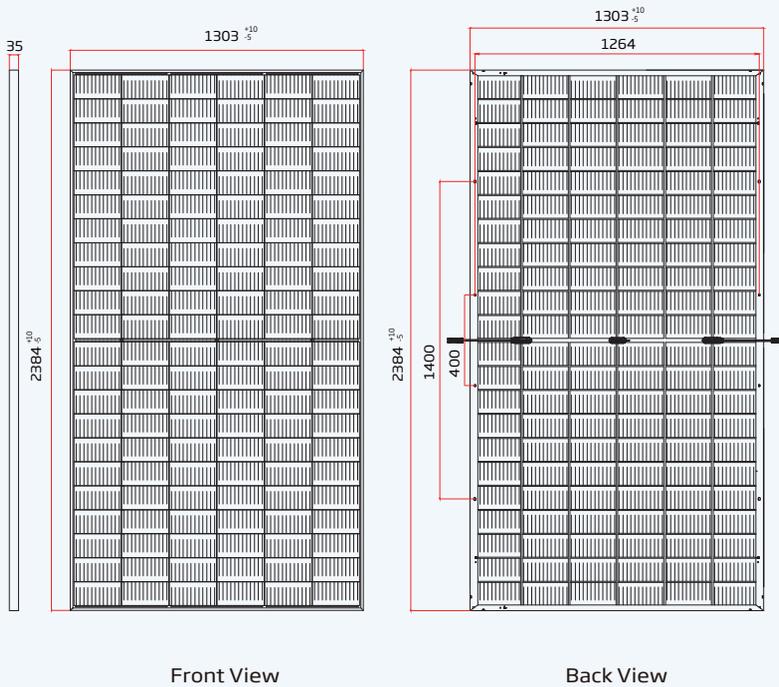
Comprehensive Products and System Certificates



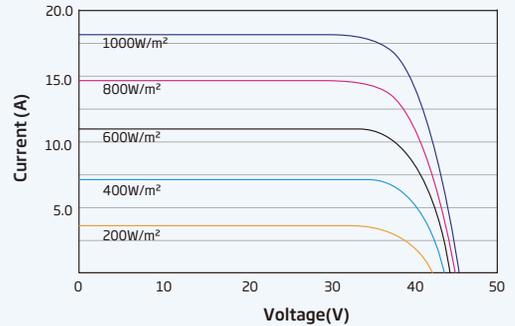
IEC61215/IEC61730/IEC61701/IEC62716/UL61730  
 ISO 9001: Quality Management System  
 ISO 14001: Environmental Management System  
 ISO14064: Greenhouse Gases Emissions Verification  
 ISO45001: Occupational Health and Safety Management System



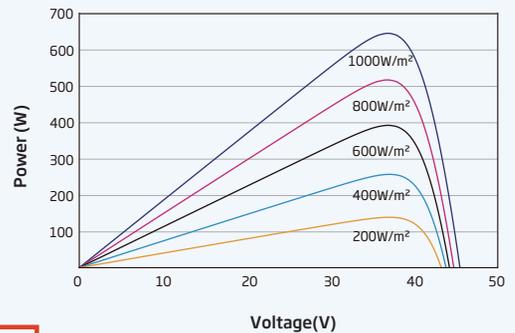
### DIMENSIONS OF PV MODULE(mm)



### I-V CURVES OF PV MODULE(650 W)



### P-V CURVES OF PV MODULE(650 W)



Preliminary

#### ELECTRICAL DATA (STC)

Peak Power Watts -P <sub>MAX</sub> (Wp)*	635	640	645	650	655	660
Power Tolerance-P <sub>MAX</sub> (W)	0 ~ +5					
Maximum Power Voltage -V <sub>MPP</sub> (V)	37.1	37.3	37.5	37.7	37.9	38.1
Maximum Power Current -I <sub>MPP</sub> (A)	17.15	17.19	17.23	17.27	17.31	17.35
Open Circuit Voltage -V <sub>OC</sub> (V)	44.9	45.1	45.3	45.5	45.7	45.9
Short Circuit Current -I <sub>SC</sub> (A)	18.21	18.26	18.31	18.35	18.40	18.45
Module Efficiency η <sub>m</sub> (%)	20.4	20.6	20.8	20.9	21.1	21.2

STC: Irradiance 1000W/m<sup>2</sup>, Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5. \*Measuring tolerance: ±3%.

#### Electrical characteristics with different power bin (reference to 10% Irradiance ratio)

Total Equivalent power -P <sub>MAX</sub> (Wp)	680	685	690	696	701	706
Maximum Power Voltage -V <sub>MPP</sub> (V)	37.1	37.3	37.5	37.7	37.9	38.1
Maximum Power Current -I <sub>MPP</sub> (A)	18.35	18.39	18.44	18.48	18.52	18.56
Open Circuit Voltage -V <sub>OC</sub> (V)	44.9	45.1	45.3	45.5	45.7	45.9
Short Circuit Current -I <sub>SC</sub> (A)	19.48	19.54	19.59	19.63	19.69	19.74
Irradiance ratio (rear/front)	10%					

Power Bifaciality: 70±5%.

#### ELECTRICAL DATA (NOCT)

Maximum Power -P <sub>MAX</sub> (Wp)	480	484	488	492	495	499
Maximum Power Voltage -V <sub>MPP</sub> (V)	34.6	34.7	34.9	35.1	35.2	35.4
Maximum Power Current -I <sub>MPP</sub> (A)	13.90	13.94	13.98	14.01	14.05	14.10
Open Circuit Voltage -V <sub>OC</sub> (V)	42.3	42.5	42.7	42.9	43.0	43.2
Short Circuit Current -I <sub>SC</sub> (A)	14.67	14.71	14.75	14.79	14.83	14.87

NOCT: Irradiance at 800W/m<sup>2</sup>, Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1m/s.

#### MECHANICAL DATA

Solar Cells	Monocrystalline
No. of cells	132 cells
Module Dimensions	2384×1303×35 mm (93.86×51.30×1.38 inches)
Weight	38.7 kg (85.3 lb)
Front Glass	2.0 mm (0.08 inches), High Transmission, AR Coated Heat Strengthened Glass
Encapsulant material	POE/EVA
Back Glass	2.0 mm (0.08 inches), Heat Strengthened Glass (White Grid Glass)
Frame	35mm(1.38 inches) Anodized Aluminium Alloy
J-Box	IP 68 rated
Cables	Photovoltaic Technology Cable 4.0mm <sup>2</sup> (0.006 inches <sup>2</sup> ), Portrait: 280/280 mm(11.02/11.02 inches) Landscape: 1400/1400 mm(55.12/55.12 inches)
Connector	MC4 EV02 / TS4*

\*Please refer to regional datasheet for specified connector.

#### TEMPERATURE RATINGS

NOCT (Nominal Operating Cell Temperature)	43°C (±2°C)
Temperature Coefficient of P <sub>MAX</sub>	-0.34%/°C
Temperature Coefficient of V <sub>OC</sub>	-0.25%/°C
Temperature Coefficient of I <sub>SC</sub>	0.04%/°C

#### MAXIMUM RATINGS

Operational Temperature	-40~+85°C
Maximum System Voltage	1500V DC (IEC)
	1500V DC (UL)
Max Series Fuse Rating	35A

#### WARRANTY

- 12 year Product Workmanship Warranty
- 30 year Power Warranty
- 2% first year degradation
- 0.45% Annual Power Attenuation

(Please refer to product warranty for details)

## **ANEXO IV. DOCUMENTACIÓN TÉCNICA INVERSORES**

# Technical Specifications (Preliminary)

Efficiency	
Max. Efficiency	≥99.0%
European Efficiency	≥98.8%
Input	
Max. Input Voltage	1,500 V
Number of MPP Trackers	6
Max. Current per MPPT	65 A
Max. PV Inputs per MPPT	4/5/5/4/5/5
Start Voltage	550 V
MPPT Operating Voltage Range	500 V ~ 1,500 V
Nominal Input Voltage	1,080 V
Output	
Nominal AC Active Power	300,000 W
Max. AC Apparent Power	330,000 VA
Max. AC Active Power (cosφ=1)	330,000 W
Nominal Output Voltage	800 V, 3W + PE
Rated AC Grid Frequency	50 Hz / 60 Hz
Nominal Output Current	216.6 A
Max. Output Current	238.2 A
Adjustable Power Factor Range	0.8 LG ... 0.8 LD
Total Harmonic Distortion	< 1%
Protection	
Smart String-Level Disconnect (SSLD)	Yes
Anti-islanding Protection	Yes
AC Overcurrent Protection	Yes
DC Reverse-polarity Protection	Yes
PV-array String Fault Monitoring	Yes
DC Surge Arrester	Type II
AC Surge Arrester	Type II
DC Insulation Resistance Detection	Yes
AC Grounding Fault Protection	Yes
Residual Current Monitoring Unit	Yes
Communication	
Display	LED Indicators, WLAN + APP
USB	Yes
MBUS	Yes
RS485	Yes
General	
Dimensions (W x H x D)	1,048 x 732 x 395 mm
Weight (with mounting plate)	≤108 kg
Operating Temperature Range	-25 °C ~ 60 °C
Cooling Method	Smart Air Cooling
Max. Operating Altitude without Derating	4,000 m (13,123 ft.)
Relative Humidity	0 ~ 100%
AC Connector	Waterproof Connector + OT/DT Terminal
Protection Degree	IP66
Topology	Transformerless

# **ANEXO V**

# **CRONOGRAMA**

**PROYECTO SOLAR FOTOVOLTAICO 999,00 kW**

ID	Inicio (Semana)	Fin (Semana)	Duración (Días)	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4				MES 5			
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
<b>0 PLANTA FOTOVOLTAICA</b>	<b>1</b>	<b>20</b>	<b>80</b>																				
0.1 Comienzo de las obras	1	1	4																				
<b>1 INGENIERIA</b>	<b>2</b>	<b>15</b>	<b>56</b>																				
<b>2 ACOPIO DE MATERIALES</b>	<b>2</b>	<b>12</b>	<b>44</b>																				
2.1 Selección de material	2	6	20																				
2.2 Acopio de modulos y estructura	7	10	16																				
2.3 Acopio de equipos de BT	9	12	16																				
2.4 Acopio de equipos de MT	9	12	16																				
<b>3 ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>16</b>																				
3.1 Trabajos topograficos	2	2	4																				
3.2 Preparacion del terreno	3	5	12																				
3.3 Caminos	3	4	8																				
<b>4 ZANJAS</b>	<b>6</b>	<b>11</b>	<b>24</b>																				
4.1 Excavación	6	7	8																				
4.2 Puesta a tierra y relleno	8	9	8																				
4.3 Arquetas e instalación de tubos	10	11	8																				
<b>5 EDIFICIOS PREFABRICADOS</b>	<b>10</b>	<b>13</b>	<b>16</b>																				
5.1 Obra civil edificios prefabricados	10	11	8																				
5.2 Montaje de SSAA e instalaciones auxiliares	12	12	4																				
5.3 Instalacion de equipos MT	13	13	4																				
<b>6 MONTAJE ELECTROMECANICO</b>	<b>10</b>	<b>17</b>	<b>32</b>																				
6.1 Hincado y montaje de estructura	10	12	12																				
6.2 Montaje de modulos	13	14	8																				
6.3 Instalacion de cuadros, cajas de distribución y protecciones	15	15	4																				
6.4 Cableado y conexión entre elementos	16	17	8																				
<b>7 CAMINOS Y CERRAMIENTO</b>	<b>14</b>	<b>16</b>	<b>12</b>																				
<b>8 SISTEMA DE MONITORIZACIÓN</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>4</b>																				
<b>9 INSTALACION SISTEMA DE SEGURIDAD</b>	<b>19</b>	<b>19</b>	<b>4</b>																				
<b>10 TRABAJOS FINALES Y PUESTA EN MARCHA</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>4</b>																				

# **DOCUMENTO Nº3. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD**

## ÍNDICE

<b>1. MEMORIA .....</b>	<b>4</b>
<b>1.1. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO DE           SEGURIDAD Y SALUD EN OBRAS .....</b>	<b>4</b>
<b>1.1.1. Objeto.....</b>	<b>5</b>
<b>1.1.2. Contenido del ESS.....</b>	<b>5</b>
<b>1.2. DATOS GENERALES .....</b>	<b>5</b>
<b>1.2.1. Agentes.....</b>	<b>5</b>
<b>1.2.2. Características generales del Proyecto de Ejecución.....</b>	<b>5</b>
<b>1.2.3. Emplazamiento y condiciones del entorno .....</b>	<b>6</b>
<b>1.3. MEDIOS DE AUXILIO.....</b>	<b>6</b>
<b>1.3.1. Medios de auxilio en obra.....</b>	<b>6</b>
<b>1.3.2. Medios de auxilio en caso de accidente: centros asistenciales           más próximos.....</b>	<b>7</b>
<b>1.3.3. Itinerario más adecuado a seguir durante la posible evacuación           de heridos .....</b>	<b>8</b>
<b>1.4. INSTALACIONES DE HIGIENE Y BIENESTAR DE LOS           TRABAJADORES.....</b>	<b>9</b>
<b>1.4.1. Vestuarios.....</b>	<b>9</b>
<b>1.4.2. Aseos .....</b>	<b>9</b>
<b>1.5. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS A           ADOPTAR .....</b>	<b>9</b>
<b>1.5.1. Durante los trabajos previos a la ejecución de la obra.....</b>	<b>10</b>
<b>1.5.2. Durante las fases de ejecución de la obra .....</b>	<b>12</b>
<b>1.5.3. Durante la utilización de medios auxiliares .....</b>	<b>14</b>
<b>1.5.4. Durante la utilización de maquinaria y herramientas.....</b>	<b>15</b>
<b>1.6. IDENTIFICACIÓN DE LOS RIESGOS LABORALES EVITABLES.....</b>	<b>18</b>
<b>1.6.1. Caídas al mismo nivel .....</b>	<b>18</b>
<b>1.6.2. Caídas a distinto nivel .....</b>	<b>18</b>
<b>1.6.3. Polvo y partículas .....</b>	<b>18</b>
<b>1.6.4. Ruido.....</b>	<b>19</b>
<b>1.6.5. Esfuerzos .....</b>	<b>19</b>
<b>1.6.6. Incendios .....</b>	<b>19</b>
<b>1.6.7. Intoxicación por emanaciones .....</b>	<b>19</b>

<b>1.7. RELACIÓN DE LOS RIESGOS LABORALES QUE NO PUEDEN ELIMINARSE .....</b>	<b>19</b>
<b>1.7.1. Caída de objetos .....</b>	<b>19</b>
<b>1.7.2. Dermatitis .....</b>	<b>19</b>
<b>1.7.3. Electrocuciiones .....</b>	<b>20</b>
<b>1.7.4. Quemaduras .....</b>	<b>20</b>
<b>1.7.5. Golpes y cortes en extremidades .....</b>	<b>20</b>
<b>1.8. CONDICIONES DE SEGURIDAD Y SALUD, EN TRABAJOS POSTERIORES DE REPARACIÓN Y MANTENIMIENTO .....</b>	<b>20</b>
<b>1.8.1. Trabajos en instalaciones .....</b>	<b>20</b>
<b>1.8.2. Trabajos con pinturas y barnices .....</b>	<b>20</b>
<b>1.9. TRABAJOS QUE IMPLICAN RIESGOS ESPECIALES.....</b>	<b>21</b>
<b>1.10. MEDIDAS EN CASO DE EMERGENCIA .....</b>	<b>21</b>
<b>1.11. PRESENCIA DE LOS RECURSOS PREVENTIVOS DEL CONTRATISTA.....</b>	<b>21</b>
<b>2. NORMATIVA Y LEGISLACIÓN APLICABLE.....</b>	<b>22</b>
<b>3. PLIEGO DE CONDICIONES.....</b>	<b>23</b>
<b>3.1. PLIEGO DE CLÁUSULAS ADMINISTRATIVAS .....</b>	<b>23</b>
<b>3.1.1. Disposiciones generales: Objeto del Pliego de condiciones .....</b>	<b>23</b>
<b>3.1.2. Disposiciones facultativas.....</b>	<b>23</b>
<b>3.1.3. Formación en Seguridad .....</b>	<b>26</b>
<b>3.1.4. Reconocimientos médicos .....</b>	<b>26</b>
<b>3.1.5. Salud e higiene en el trabajo.....</b>	<b>26</b>
<b>3.1.6. Documentación de obra .....</b>	<b>27</b>
<b>3.1.7. Disposiciones económicas .....</b>	<b>29</b>
<b>3.2. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES.....</b>	<b>29</b>
<b>3.2.1. Medios de protección colectiva.....</b>	<b>29</b>
<b>3.2.2. Medios de protección individual.....</b>	<b>30</b>
<b>3.2.3. Instalaciones provisionales de salud y confort .....</b>	<b>30</b>
<b>4. PRESUPUESTO .....</b>	<b>31</b>
<b>5. DOCUMENTOS DE QUE CONSTA EL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD .....</b>	<b>32</b>

## **1. MEMORIA**

### **1.1. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD EN OBRAS**

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

De acuerdo con el art. 6 de dicha ley, serán las normas reglamentarias las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran necesariamente las destinadas a garantizar la seguridad y la salud en las obras de construcción.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre de 1.997 establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, entendiéndose como tal cualquier obra, pública o privada, en la que se efectúen trabajos de construcción o ingeniería civil.

#### **PETICIONARIO**

- Nombre del Titular: **UNIVERGY ES SPC 43 SL**
- CIF: **B-8630231**
- Domicilio: Calle Serrano, Nº 41, puerta 7 derecha, Madrid 28001
- Representante: D. Ignacio Javier Blanco Cuesta, NIF: 12.762.477-F

#### **AUTOR DEL PROYECTO**

El siguiente proyecto es redactado por D. Ginés Martínez Pérez, Ingeniero Técnico Industrial, con número de colegiado 1280, del Colegio Oficial de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales de Albacete.

- La empresa redactora del proyecto es **UNIVERGY INTERNATIONAL, S.L.**
- Teléfono de contacto: +34 967 25 70 33
- Dirección: Av. De la Guardia Civil, Nº 48, 02005 Albacete
- web: [www.univergysolar.com](http://www.univergysolar.com)

#### **PRESUPUESTO DE LA OBRA:**

El presupuesto de ejecución por contrata asciende a 562.716,00 €

#### **DURACIÓN OBRAS:**

La puesta en marcha de las instalaciones recogidas, en este proyecto, se estima en 12 meses, una vez se tengan todas las autorizaciones necesarias.

Como se observa se trata de una obra en la cual el presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto es superior a 450.759,08 €, **supuesto previsto en el apartado 1 del art. 4 del RD 1627/1997, por lo que se redacta el presente ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.**

### **1.1.1. Objeto**

En el presente Estudio de Seguridad y Salud se definen las medidas a adoptar encaminadas a la prevención de los riesgos de accidente y enfermedades profesionales que pueden ocasionarse durante la ejecución de la obra, así como las instalaciones preceptivas de higiene y bienestar de los trabajadores.

Se exponen unas directrices básicas de acuerdo con el Real Decreto 1627/97, en cuanto a las disposiciones mínimas en materia de seguridad y salud, con el fin de que el contratista cumpla con sus obligaciones en cuanto a la prevención de riesgos profesionales.

Los objetivos que pretende alcanzar el presente Estudio de Seguridad y Salud son:

- Garantizar la salud e integridad física de los trabajadores
- Evitar acciones o situaciones peligrosas por improvisación, o por insuficiencia o falta de medios
- Delimitar y esclarecer atribuciones y responsabilidades en materia de seguridad de las personas que intervienen en el proceso constructivo
- Determinar los costes de las medidas de protección y prevención
- Referir la clase de medidas de protección a emplear en función del riesgo
- Detectar a tiempo los riesgos que se derivan de la ejecución de la obra
- Aplicar técnicas de ejecución que reduzcan al máximo estos riesgos

### **1.1.2. Contenido del ESS**

De acuerdo con el Real Decreto 1627/97, el Estudio de Seguridad y Salud precisa las normas de seguridad y salud aplicables a la obra, contemplando la identificación de los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando las medidas técnicas necesarias para ello, así como la relación de los riesgos laborales que no puedan eliminarse, especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir dichos riesgos y valorando su eficacia, en especial cuando se propongan medidas alternativas, además de cualquier otro tipo de actividad que se lleve a cabo en la misma.

En el estudio se contemplan también las previsiones y las informaciones útiles para efectuar en su día, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los previsibles trabajos posteriores de reparación o mantenimiento, siempre dentro del marco de la Ley 31/95 de Prevención de Riesgos Laborales.

## **1.2. DATOS GENERALES**

### **1.2.1. Agentes**

Entre los agentes que intervienen en materia de seguridad y salud en la obra objeto del presente estudio, se reseñan:

PROMOTOR: UNIVERGY ES SPC 43 SL

AUTOR DEL PROYECTO: D. Ginés Martínez Pérez

CONSTRUCTOR - JEFE DE OBRA: A determinar por el promotor

COORDINADOR DE SEGURIDAD Y SALUD: A determinar por el promotor

### **1.2.2. Características generales del Proyecto de Ejecución**

De la información disponible en la fase de proyecto, se aporta aquella que se considera relevante y que puede servir de ayuda para la redacción del Plan de Seguridad y Salud.

**PSFV “SON MULET” DE 999,00 kW**

Denominación del proyecto: Instalación solar fotovoltaica “SON MULET” de 999,00 kW, conectada a red, en suelo.

Presupuesto ejecución material: 562.716,00 €

Plazo de ejecución: 12 meses

Núm. máx. Operarios: 30

### **1.2.3. Emplazamiento y condiciones del entorno**

En el presente apartado se especifican, de forma resumida, las condiciones del entorno a considerar para la adecuada evaluación y delimitación de los riesgos que pudieran causar.

Ubicación: La instalación se ubicará en el Polígono 19, parcela 740, del Término Municipal de Lluçmajor, provincia de Islas Baleares.

Accesos a la obra: Se tienen accesos adecuados y en buen estado, no dificultándose el tránsito de personas y/o vehículos.

Topografía del terreno: Plana, sin pendientes de importancia.

Edificaciones colindantes: Actualmente no se encuentra ninguna edificación cercana al proyecto objeto de estudio.

Servidumbres y condicionantes: actualmente la parcela no es atravesada por ninguna línea de AT y linda al norte por un camino, condicionantes que se han tenido en cuenta, dejando las distancias oportunas a nuestra instalación.

Condiciones climáticas y ambientales: Condiciones exteriores propias de la zona en la cual se encuentra la construcción según temporada.

Durante los periodos en los que se produzca entrada y salida de vehículos se señalará convenientemente el acceso de los mismos, tomándose todas las medidas oportunas, para evitar posibles accidentes.

### **1.3. MEDIOS DE AUXILIO**

La evacuación de heridos a los centros sanitarios se llevará a cabo exclusivamente por personal especializado, en ambulancia. Tan solo los heridos leves podrán trasladarse por otros medios, siempre con el consentimiento y bajo la supervisión del responsable de emergencias de la obra.

Se dispondrá en lugar visible de la obra un cartel con los teléfonos de urgencias y de los centros sanitarios más próximos.

#### **1.3.1. Medios de auxilio en obra**

En la obra se dispondrán de dos armarios botiquín portátiles modelos B con destino a empresas de 5 a 25 trabajadores, en un lugar accesible a los operarios y debidamente equipados.

Sus contenidos se limitarán, como mínimo, a:

- Desinfectantes y antisépticos autorizados
- Gasas estériles
- Algodón hidrófilo
- Vendas
- Esparadrapo
- Apósitos adhesivos
- Tijeras
- Pinzas y guantes desechables

**PSFV "SON MULET" DE 999,00 kW**

El responsable de emergencias revisará periódicamente el material de primeros auxilios, reponiendo los elementos utilizados y sustituyendo los productos caducados.

**1.3.2. Medios de auxilio en caso de accidente: centros asistenciales más próximos**

Se aporta la información de los centros sanitarios más próximos a la obra, que puede ser de gran utilidad si se llegara a producir un accidente laboral.

NIVEL ASISTENCIAL	NOMBRE, EMPLAZAMIENTO Y TELÉFONO	DI STANCIA APROX. (KM)
Primeros auxilios	Botiquín portátil	En la obra
Asistencia primaria (Urgencias)	Centro de Salud Lluçmajor-Migjorn C/ d´Antoni Maura, 0 07620, Lucmajor (Islas Baleares) Tif. 971 66 23 04	6,1 km
Urgencias	Hospital Son Llätzer Ctra. De Manacor, PK 4 07198, Palma (Islas Baleares) Telf. 871 20 20 00	29,6 km

La distancia al centro asistencial más próximo se estima en 10 minutos, en condiciones normales de tráfico.

### 1.3.3. Itinerario más adecuado a seguir durante la posible evacuación de heridos

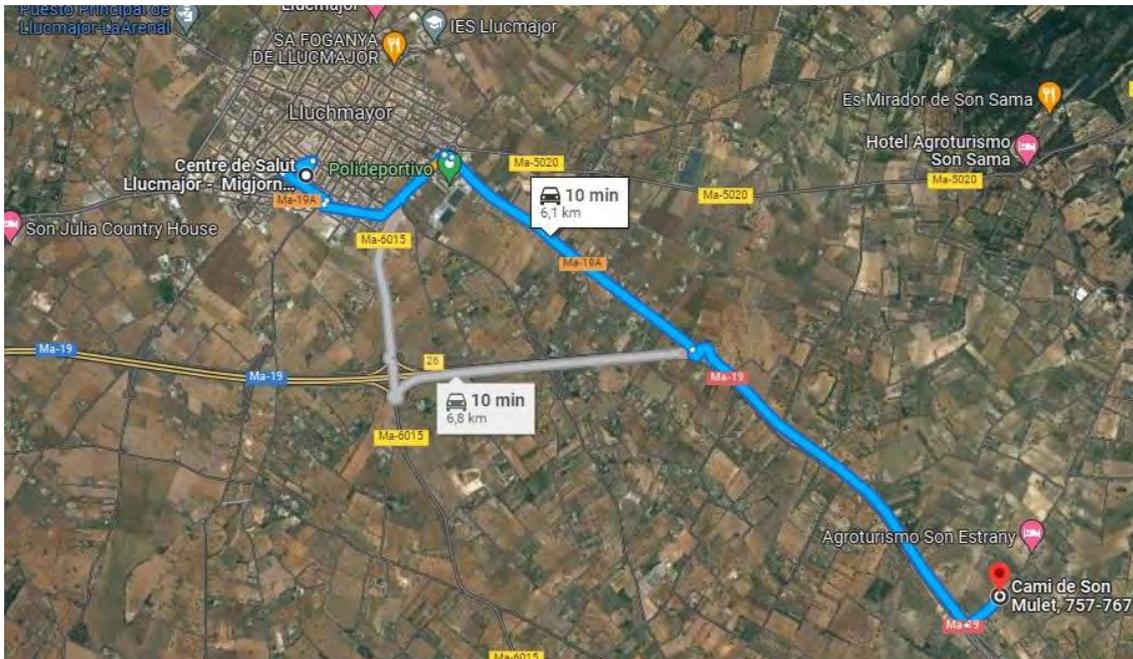


Ilustración 1.- Itinerario más adecuado durante la posible evacuación de heridos al Centro de salud Lluçmajor-Migjorn

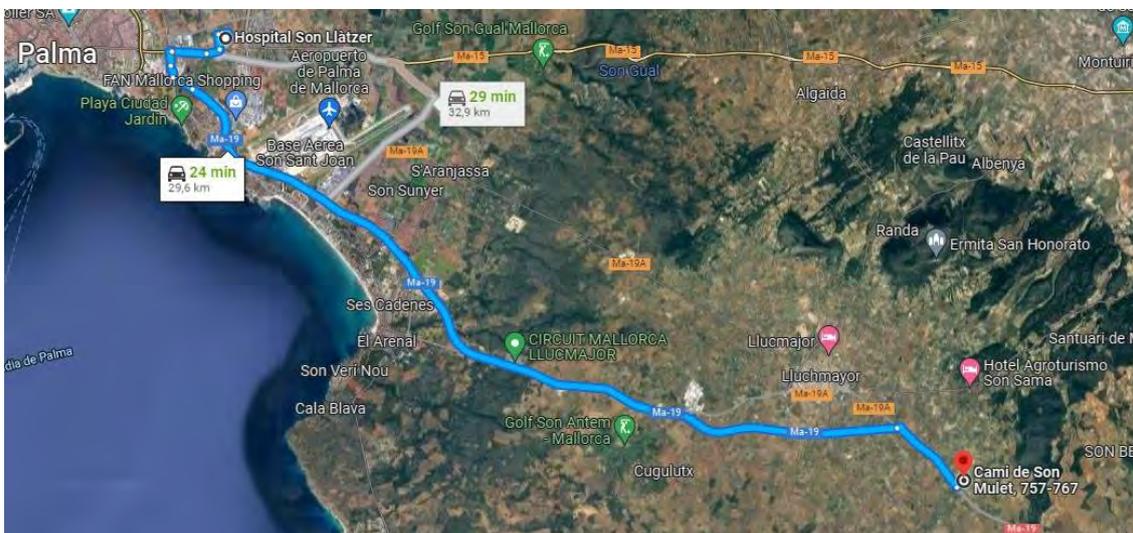


Ilustración 2.- Itinerario más adecuado durante la posible evacuación de heridos al Hospital Son Llàtzer

## **1.4. INSTALACIONES DE HIGIENE Y BIENESTAR DE LOS TRABAJADORES**

Los servicios higiénicos de la obra cumplirán las "Disposiciones mínimas generales relativas a los lugares de trabajo en las obras" contenidas en el apartado 15 del Anexo IV (Parte A) del R.D. 1627/97.

Dadas las características y el volumen de la obra, se ha previsto la colocación de instalaciones provisionales tipo caseta prefabricada para el vestuario y los aseos.

### **1.3.4. Vestuarios**

Los vestuarios dispondrán bancos y asientos, además de taquillas dotadas de llave y con la capacidad necesaria para guardar la ropa y el calzado.

### **1.3.5. Aseos**

La dotación mínima prevista para los aseos es de:

- 1 ducha por cada 10 trabajadores o fracción que trabajen simultáneamente en la obra.
- 1 retrete por cada 25 hombres o fracción y 1 por cada 15 mujeres o fracción.
- 1 lavabo por cada retrete.
- 1 urinario por cada 25 hombres o fracción.
- 1 seca manos de celulosa o eléctrico por cada lavabo.
- 1 jabonera dosificadora por cada lavabo.
- 1 recipiente para recogida de celulosa sanitaria.
- 1 portarrollos con papel higiénico por cada inodoro.

## **1.4. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS A ADOPTAR**

A continuación, se expone la relación de los riesgos más frecuentes que pueden surgir durante las distintas fases de la obra, con las medidas preventivas y de protección colectiva a adoptar con el fin de eliminar o reducir al máximo dichos riesgos, así como los equipos de protección individual (EPI) imprescindibles para mejorar las condiciones de seguridad y salud en la obra.

Riesgos generales más frecuentes

- Caída de objetos y/o materiales al mismo o a distinto nivel.
- Desprendimiento de cargas suspendidas.
- Exposición a temperaturas ambientales extremas.
- Exposición a vibraciones y ruido.
- Cortes y golpes en la cabeza y extremidades.
- Cortes y heridas con objetos punzantes.
- Sobreesfuerzos, movimientos repetitivos o posturas inadecuadas.
- Electrocuaciones por contacto directo o indirecto.
- Intoxicación por inhalación de humos y gases.

Medidas preventivas y protecciones colectivas de carácter general

- La zona de trabajo permanecerá ordenada, libre de obstáculos, limpia y bien iluminada
- Se colocarán carteles indicativos de las medidas de seguridad en lugares visibles de la obra.
- Se prohibirá la entrada a toda persona ajena a la obra.

**PSFV “SON MULET” DE 999,00 kW**

- Los recursos preventivos de la obra tendrán presencia permanente en aquellos trabajos que entrañen mayores riesgos, en cumplimiento de los supuestos regulados por el Real Decreto 604/06 que exigen su presencia.
- Las operaciones que entrañen riesgos especiales se realizarán bajo la supervisión de una persona cualificada, debidamente instruida
- Se suspenderán los trabajos en caso de tormenta y cuando llueva con intensidad o la velocidad del viento sea superior a 50 km/h.
- Cuando las temperaturas sean extremas, se evitará, en la medida de lo posible, trabajar durante las horas de mayor insolación
- La carga y descarga de materiales se realizará con precaución y cautela, preferentemente por medios mecánicos, evitando movimientos bruscos que provoquen su caída
- La manipulación de los elementos pesados se realizará por personal cualificado, utilizando medios mecánicos o palancas, para evitar sobreesfuerzos innecesarios
- Ante la existencia de líneas eléctricas aéreas, se guardarán las distancias mínimas preventivas, en función de su intensidad y voltaje
- No se realizará ningún trabajo dentro del radio de acción de las máquinas o vehículos
- Los operarios no desarrollarán trabajos, ni permanecerán, debajo de cargas suspendidas
- Se evitarán o reducirán al máximo los trabajos en altura
- Se utilizarán escaleras normalizadas, sujetas firmemente, para el descenso y ascenso a las zonas excavadas
- Dentro del recinto de la obra, los vehículos y máquinas circularán a una velocidad reducida, inferior a 20 km/h

Equipos de protección individual (EPI) a utilizar en las distintas fases de ejecución de la obra

- Casco de seguridad homologado
- Cinturón de seguridad con dispositivo anticaída
- Cinturón portaherramientas
- Guantes de goma
- Guantes de cuero
- Guantes aislantes
- Calzado con puntera reforzada
- Calzado de seguridad con suela aislante y anticlavos
- Ropa de trabajo impermeable
- Faja antilumbago
- Gafas de seguridad antiimpactos
- Protectores auditivos

### **1.4.1. Durante los trabajos previos a la ejecución de la obra**

Se expone la relación de los riesgos más frecuentes que pueden surgir en los trabajos previos a la ejecución de la obra, con las medidas preventivas, protecciones colectivas y equipos de protección individual (EPI), específicos para dichos trabajos.

#### **1.4.1.1. Instalación eléctrica provisional**

Riesgos más frecuentes

- Electrocutaciones por contacto directo o indirecto
- Cortes y heridas con objetos punzantes
- Proyección de partículas en los ojos
- Incendios

#### Medidas preventivas y protecciones colectivas

- Prevención de posibles contactos eléctricos indirectos, mediante el sistema de protección de puesta a tierra y dispositivos de corte (interruptores diferenciales)
- Se respetará una distancia mínima a las líneas de alta tensión de 6 m para las líneas aéreas y de 2 m para las líneas enterradas
- Se comprobará que el trazado de la línea eléctrica no coincide con el del suministro de agua
- Se ubicarán los cuadros eléctricos en lugares accesibles, dentro de cajas prefabricadas homologadas, con su toma de tierra independiente, protegidas de la intemperie y provistas de puerta, llave y visera
- Se utilizarán solamente conducciones eléctricas antihumedad y conexiones estancas
- En caso de tender líneas eléctricas sobre zonas de paso, se situarán a una altura mínima de 2,2 m si se ha dispuesto algún elemento para impedir el paso de vehículos y de 5,0 m en caso contrario
- Los cables enterrados estarán perfectamente señalizados y protegidos con tubos rígidos, a una profundidad superior a 0,4 m
- Las tomas de corriente se realizarán a través de clavijas blindadas normalizadas
- Quedan terminantemente prohibidas las conexiones triples (ladrones) y el empleo de fusibles caseros, empleándose una toma de corriente independiente para cada aparato o herramienta

#### Equipos de protección individual (EPI)

- Calzado aislante para electricistas
- Guantes dieléctricos
- Banquetas aislantes de la electricidad
- Comprobadores de tensión
- Herramientas aislantes
- Ropa de trabajo impermeable
- Ropa de trabajo reflectante

#### **1.4.1.2. Vallado de obra**

##### Riesgos más frecuentes

- Cortes y heridas con objetos punzantes
- Proyección de fragmentos o de partículas
- Exposición a temperaturas ambientales extremas
- Exposición a vibraciones y ruido

##### Medidas preventivas y protecciones colectivas

- Se prohibirá el aparcamiento en la zona destinada a la entrada de vehículos a la obra
- Se retirarán los clavos y todo el material punzante resultante del vallado
- Se localizarán las conducciones que puedan existir en la zona de trabajo, previamente a la excavación
- Equipos de protección individual (EPI)
- Calzado con puntera reforzada
- Guantes de cuero
- Ropa de trabajo reflectante

## **1.4.2. Durante las fases de ejecución de la obra**

### **1.4.2.1. Acondicionamiento del terreno**

Riesgos más frecuentes

- Atropellos y colisiones en giros o movimientos inesperados de las máquinas, especialmente durante la operación de marcha atrás
- Circulación de camiones con el volquete levantado
- Fallo mecánico en vehículos y maquinaria, en especial de frenos y de sistema de dirección
- Caída de material desde la cuchara de la máquina
- Caída de tierra durante las maniobras de desplazamiento del camión
- Vuelco de máquinas por exceso de carga

Medidas preventivas y protecciones colectivas

- Antes de iniciar la excavación se verificará que no existen líneas o conducciones enterradas
- Los vehículos no circularán a distancia inferiores a 2,0 metros de los bordes de la excavación ni de los desniveles existentes
- Las vías de acceso y de circulación en el interior de la obra se mantendrán libres de montículos de tierra y de hoyos
- Todas las máquinas estarán provistas de dispositivos sonoros y luz blanca en marcha atrás
- La zona de tránsito quedará perfectamente señalizada y sin materiales acopiados
- Se realizarán entibaciones cuando exista peligro de desprendimiento de tierras

Equipos de protección individual (EPI)

- Auriculares antirruído
- Cinturón antivibratorio para el operador de la máquina

### **1.4.2.2. Cimentación**

Riesgos más frecuentes

- Inundaciones o filtraciones de agua
- Vuelcos, choques y golpes provocados por la maquinaria o por vehículos

Medidas preventivas y protecciones colectivas

- Se colocarán protectores homologados en las puntas de las armaduras de espera
- El transporte de las armaduras se efectuará mediante eslingas, enlazadas y provistas de ganchos con pestillos de seguridad
- Se retirarán los clavos sobrantes y los materiales punzantes

Equipos de protección individual (EPI)

- Guantes homologados para el trabajo con hormigón
- Guantes de cuero para la manipulación de las armaduras
- Botas de goma de caña alta para hormigonado
- Botas de seguridad con plantillas de acero y antideslizantes

### **1.4.2.3. Estructura**

Riesgos más frecuentes

- Cortes en las manos.
- Caídas de objetos a distinto nivel.
- Golpes en manos, pies y cabeza.
- Electrocuaciones por contacto indirecto.
- Caída al mismo nivel.

#### Medidas preventivas y protecciones colectivas

- Las herramientas de mano irán enganchadas con mosquetón para evitar su caída.
- Se habilitarán espacios para situar los materiales.
- Las maniobras de ubicación de la armadura serán realizadas por tres operarios: dos controlando el elemento mediante cuerdas sujetas a sus extremos y otro guiando la operación.
- Ningún operario permanecerá debajo de elementos suspendidos o de zonas en las que se estén realizando soldaduras.

#### Equipos de protección individual (EPI)

- Casco de seguridad homologado
- Botas de seguridad con plantillas de acero y antideslizantes

#### **1.4.2.4. Instalaciones en general**

##### Riesgos más frecuentes

- Electrocuaciones por contacto directo o indirecto
- Quemaduras producidas por descargas eléctricas
- Intoxicación por vapores procedentes de la soldadura
- Incendios y explosiones

##### Medidas preventivas y protecciones colectivas

- El personal encargado de realizar trabajos en instalaciones estará formado y adiestrado en el empleo del material de seguridad y de los equipos y herramientas específicas para cada labor
- Se utilizarán solamente lámparas portátiles homologadas, con manguera antihumedad y clavija de conexión normalizada, alimentadas a 24 voltios
- Se utilizarán herramientas portátiles con doble aislamiento

##### Equipos de protección individual (EPI)

- Guantes aislantes en pruebas de tensión
- Calzado con suela aislante ante contactos eléctricos
- Banquetas aislantes de la electricidad
- Comprobadores de tensión
- Herramientas aislantes

### **1.4.3. Durante la utilización de medios auxiliares**

La prevención de los riesgos derivados de la utilización de los medios auxiliares de la obra se realizará atendiendo a las prescripciones de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

En ningún caso se admitirá la utilización de andamios o escaleras de mano que no estén normalizados y cumplan con la normativa vigente.

En el caso de las plataformas de descarga de materiales, sólo se utilizarán modelos normalizados, disponiendo de barandillas homologadas y enganches para cinturón de seguridad, entre otros elementos.

Relación de medios auxiliares previstos en la obra con sus respectivas medidas preventivas y protecciones colectivas:

#### **1.4.3.1. Escalera de mano**

Se revisará periódicamente el estado de conservación de las escaleras

Dispondrán de zapatas antideslizantes o elementos de fijación en la parte superior o inferior de los largueros

Se transportarán con el extremo delantero elevado, para evitar golpes a otros objetos o a personas

Se apoyarán sobre superficies horizontales, con la planeidad adecuada para que sean estables e inmóviles, quedando prohibido el uso como cuña de cascotes, ladrillos, bovedillas o elementos similares.

Los travesaños quedarán en posición horizontal y la inclinación de la escalera será inferior al 75% respecto al plano horizontal.

El extremo superior de la escalera sobresaldrá 1,0 m de la altura de desembarque, medido en la dirección vertical.

El operario realizará el ascenso y descenso por la escalera en posición frontal (mirando los peldaños), sujetándose firmemente con las dos manos en los peldaños, no en los largueros

Se evitará el ascenso o descenso simultáneo de dos o más personas

Cuando se requiera trabajar sobre la escalera en alturas superiores a 3,5 m, se utilizará siempre el cinturón de seguridad con dispositivo anti-caída

#### **1.4.3.2. Andamio de borriquetas**

Los andamios de borriquetas se apoyarán sobre superficies firmes, estables y niveladas

Se empleará un mínimo de dos borriquetas para la formación de andamios, quedando totalmente prohibido como apoyo el uso de bidones, ladrillos, bovedillas u otros objetos

Las plataformas de trabajo estarán perfectamente ancladas a las borriquetas

Queda totalmente prohibido instalar un andamio de borriquetas encima de otro

#### **1.4.4. Durante la utilización de maquinaria y herramientas**

Las medidas preventivas a adoptar y las protecciones a emplear para el control y la reducción de riesgos debidos a la utilización de maquinaria y herramientas durante la ejecución de la obra se desarrollarán en el correspondiente Plan de Seguridad y Salud, conforme a los siguientes criterios:

- a) Todas las máquinas y herramientas que se utilicen en la obra dispondrán de su correspondiente manual de instrucciones, en el que estarán especificados claramente tanto los riesgos que entrañan para los trabajadores como los procedimientos para su utilización con la debida seguridad.
- b) La maquinaria cumplirá las prescripciones contenidas en el vigente Reglamento de Seguridad en las Máquinas, las Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC) y las especificaciones de los fabricantes.
- c) No se aceptará la utilización de ninguna máquina, mecanismo o artefacto mecánico sin reglamentación específica.

Relación de máquinas y herramientas que está previsto utilizar en la obra, con sus correspondientes medidas preventivas y protecciones colectivas:

##### **1.4.4.1. Pala cargadora**

Para realizar las tareas de mantenimiento, se apoyará la cuchara en el suelo, se parará el motor, se conectará el freno de estacionamiento y se bloqueará la máquina

Queda prohibido el uso de la cuchara como grúa o medio de transporte

La extracción de tierras se efectuará en posición frontal a la pendiente

El transporte de tierras se realizará con la cuchara en la posición más baja posible, para garantizar la estabilidad de la pala

##### **1.4.4.2. Retroexcavadora**

Para realizar las tareas de mantenimiento, se apoyará la cuchara en el suelo, se parará el motor, se conectará el freno de estacionamiento y se bloqueará la máquina

Queda prohibido el uso de la cuchara como grúa o medio de transporte

Los desplazamientos de la retroexcavadora se realizarán con la cuchara apoyada sobre la máquina en el sentido de la marcha

Los cambios de posición de la cuchara en superficies inclinadas se realizarán por la zona de mayor altura

Se prohibirá la realización de trabajos dentro del radio de acción de la máquina

##### **1.4.4.3. Camión de caja basculante**

Las maniobras del camión serán dirigidas por un señalista de tráfico

Se comprobará que el freno de mano está activado antes de la puesta en marcha del motor, al abandonar el vehículo y durante las operaciones de carga y descarga

No se circulará con la caja izada después de la descarga

##### **1.4.4.4. Camión para transporte**

Las maniobras del camión serán dirigidas por un señalista de tráfico

**PSFV “SON MULET” DE 999,00 kW**

Las cargas se repartirán uniformemente en la caja, evitando acopios con pendientes superiores al 5% y protegiendo los materiales sueltos con una lona

Antes de proceder a las operaciones de carga y descarga, se colocará el freno en posición de frenado y, en caso de estar situado en pendiente, calzos de inmovilización debajo de las ruedas

En las operaciones de carga y descarga se evitarán movimientos bruscos que provoquen la pérdida de estabilidad, permaneciendo siempre el conductor fuera de la cabina

**1.4.4.5. Hormigonera**

Las operaciones de mantenimiento serán realizadas por personal especializado, previa desconexión de la energía eléctrica

La hormigonera tendrá un grado de protección IP-55

Su uso estará restringido sólo a personas autorizadas

Dispondrá de freno de basculamiento del bombo

Los conductos de alimentación eléctrica de la hormigonera estarán conectados a tierra, asociados a un disyuntor diferencial

Las partes móviles del aparato deberán permanecer siempre protegidas mediante carcasas conectadas a tierra

No se ubicarán a distancias inferiores a tres metros de los bordes de excavación y/o de los bordes de los forjados

**1.4.4.6. Vibrador**

La operación de vibrado se realizará siempre desde una posición estable

La manguera de alimentación desde el cuadro eléctrico estará protegida cuando discurra por zonas de paso

Tanto el cable de alimentación como su conexión al transformador estarán en perfectas condiciones de estanqueidad y aislamiento

Los operarios no efectuarán el arrastre del cable de alimentación colocándolo alrededor del cuerpo. Si es necesario, esta operación se realizará entre dos operarios

El vibrado del hormigón se realizará desde plataformas de trabajo seguras, no permaneciendo en ningún momento el operario sobre el encofrado ni sobre elementos inestables

Nunca se abandonará el vibrador en funcionamiento, ni se desplazará tirando de los cables

Para las vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo, el valor de exposición diaria normalizado para un período de referencia de ocho horas, no superará 2,5 m/s<sup>2</sup>, siendo el valor límite de 5 m/s<sup>2</sup>

**1.4.4.7. Martillo picador**

Las mangueras de aire comprimido deben estar situadas de forma que no dificulten ni el trabajo de los operarios ni el paso del personal

No se realizarán ni esfuerzos de palanca ni operaciones similares con el martillo en marcha

Se verificará el perfecto estado de los acoplamientos de las mangueras

Se cerrará el paso del aire antes de desarmar un martillo

**1.4.4.8. Sierra circular**

Su uso está destinado exclusivamente al corte de elementos o piezas de la obra

**PSFV “SON MULET” DE 999,00 kW**

Para el corte de materiales cerámicos o pétreos se emplearán discos abrasivos y para elementos de madera discos de sierra.

Deberá existir un interruptor de parada cerca de la zona de mando.

La zona de trabajo deberá estar limpia de serrín y de virutas, para evitar posibles incendios.

Las piezas a serrar no contendrán clavos ni otros elementos metálicos.

El trabajo con el disco agresivo se realizará en húmedo.

No se utilizará la sierra circular sin la protección de prendas adecuadas, tales como mascarillas antipolvo y gafas.

**1.4.4.9. Sierra circular de mesa**

Será utilizado exclusivamente por la persona debidamente autorizada.

El trabajador que utilice la sierra circular estará debidamente formado en su uso y manejo, conocerá el contenido del manual de instrucciones, las correctas medidas preventivas a adoptar y el uso de los EPI necesarios.

Las sierras circulares se ubicarán en un lugar apropiado, sobre superficies firmes y secas, a distancias superiores a tres metros del borde de los forjados, salvo que éstos estén debidamente protegidos por redes, barandillas o petos de remate.

En los casos en que se superen los valores de exposición al ruido indicados en el artículo 51 del Real Decreto 286/06 de protección de los trabajadores frente al ruido, se establecerán las acciones correctivas oportunas, tales como el empleo de protectores auditivos.

La sierra estará totalmente protegida por la parte inferior de la mesa, de manera que no se pueda acceder al disco.

La parte superior de la sierra dispondrá de una carcasa metálica que impida el acceso al disco de sierra, excepto por el punto de introducción del elemento a cortar, y la proyección de partículas.

Se utilizará siempre un empujador para guiar el elemento a cortar, de modo que en ningún caso la mano quede expuesta al disco de la sierra.

La instalación eléctrica de la máquina estará siempre en perfecto estado y condiciones, comprobándose periódicamente el cableado, las clavijas y la toma de tierra.

Las piezas a serrar no contendrán clavos ni otros elementos metálicos.

El operario se colocará a sotavento del disco, evitando la inhalación de polvo.

**1.4.4.10. Equipo de soldadura**

No habrá materiales inflamables ni explosivos a menos de 10 metros de la zona de trabajo de soldadura.

Antes de soldar se eliminarán las pinturas y recubrimientos del soporte.

Durante los trabajos de soldadura se dispondrá siempre de un extintor de polvo químico en perfecto estado y condiciones de uso, en un lugar próximo y accesible.

En los locales cerrados en los que no se pueda garantizar una correcta renovación de aire se instalarán extractores, preferentemente sistemas de aspiración localizada.

Se paralizarán los trabajos de soldadura en altura ante la presencia de personas bajo el área de trabajo.

Tanto los soldadores como los trabajadores que se encuentren en las inmediaciones dispondrán de protección visual adecuada, no permaneciendo en ningún caso con los ojos al descubierto.

#### **1.4.4.II. Herramientas manuales diversas**

La alimentación de las herramientas se realizará a 24 V cuando se trabaje en ambientes húmedos o las herramientas no dispongan de doble aislamiento.

El acceso a las herramientas y su uso estará permitido únicamente a las personas autorizadas.

No se retirarán de las herramientas las protecciones diseñadas por el fabricante

Se prohibirá, durante el trabajo con herramientas, el uso de pulseras, relojes, cadenas y elementos similares

Las herramientas eléctricas dispondrán de doble aislamiento o estarán conectadas a tierra.

En las herramientas de corte se protegerá el disco con una carcasa antiproyección.

Las conexiones eléctricas a través de clemas se protegerán con carcasas anticontactos eléctricos.

Las herramientas se mantendrán en perfecto estado de uso, con los mangos sin grietas y limpios de residuos, manteniendo su carácter aislante para los trabajos eléctricos.

Las herramientas eléctricas estarán apagadas mientras no se estén utilizando y no se podrán usar con las manos o los pies mojados.

En los casos en que se superen los valores de exposición al ruido indicados en el artículo 51 del Real Decreto 286/06 de protección de los trabajadores frente al ruido, se establecerán las acciones correctivas oportunas, tales como el empleo de protectores auditivos.

### **1.5. IDENTIFICACIÓN DE LOS RIESGOS LABORALES EVITABLES**

En este apartado se reseña la relación de las medidas preventivas a adoptar para evitar o reducir el efecto de los riesgos más frecuentes durante la ejecución de la obra.

#### **1.5.1. Caídas al mismo nivel**

La zona de trabajo permanecerá ordenada, libre de obstáculos, limpia y bien iluminada

Se habilitarán y balizarán las zonas de acopio de materiales

#### **1.5.2. Caídas a distinto nivel**

Se dispondrán escaleras de acceso para salvar los desniveles

Los huecos horizontales y los bordes de los forjados se protegerán mediante barandillas y redes homologadas

Se mantendrán en buen estado las protecciones de los huecos y de los desniveles

Las escaleras de acceso quedarán firmemente sujetas y bien amarradas

#### **1.5.3. Polvo y partículas**

Se regará periódicamente la zona de trabajo para evitar el polvo

Se usarán gafas de protección y mascarillas antipolvo en aquellos trabajos en los que se genere polvo o partículas.

#### **1.5.4. Ruido**

Se evaluarán los niveles de ruido en las zonas de trabajo.

Las máquinas estarán provistas de aislamiento acústico.

Se dispondrán los medios necesarios para eliminar o amortiguar los ruidos.

#### **1.5.5. Esfuerzos**

Se evitará el desplazamiento manual de las cargas pesadas.

Se limitará el peso de las cargas en caso de desplazamiento manual.

Se evitarán los sobreesfuerzos o los esfuerzos repetitivos.

Se evitarán las posturas inadecuadas o forzadas en el levantamiento o desplazamiento de cargas.

#### **1.5.6. Incendios**

No se fumará en presencia de materiales fungibles ni en caso de existir riesgo de incendio.

#### **1.5.7. Intoxicación por emanaciones**

Los locales y las zonas de trabajo dispondrán de ventilación suficiente.

Se utilizarán mascarillas y filtros apropiados.

### **1.6. RELACIÓN DE LOS RIESGOS LABORALES QUE NO PUEDEN ELIMINARSE**

Los riesgos que difícilmente pueden eliminarse son los que se producen por causas inesperadas (como caídas de objetos y desprendimientos, entre otras). No obstante, pueden reducirse con el adecuado uso de las protecciones individuales y colectivas, así como con el estricto cumplimiento de la normativa en materia de seguridad y salud, y de las normas de la buena construcción.

#### **1.6.1. Caída de objetos**

Medidas preventivas y protecciones colectivas:

- Se montarán marquesinas en los accesos.
- La zona de trabajo permanecerá ordenada, libre de obstáculos, limpia y bien iluminada.
- Se evitará el amontonamiento de materiales u objetos sobre los andamios.
- No se lanzarán cascotes ni restos de materiales desde los andamios.
- Equipos de protección individual (EPI)
- Casco de seguridad homologado
- Guantes y botas de seguridad
- Uso de bolsa portaherramientas

#### **1.6.2. Dermatitis**

Medidas preventivas y protecciones colectivas

- Se evitará la generación de polvo de cemento

Equipos de protección individual (EPI)

- Guantes y ropa de trabajo adecuada

### **1.6.3. Electroclusiones**

Medidas preventivas y protecciones colectivas

- Se revisará periódicamente la instalación eléctrica
- El tendido eléctrico quedará fijado a los paramentos verticales
- Los alargadores portátiles tendrán mango aislante
- La maquinaria portátil dispondrá de protección con doble aislamiento
- Toda la maquinaria eléctrica estará provista de toma de tierra

Equipos de protección individual (EPI)

- Guantes dieléctricos
- Calzado aislante para electricistas
- Banquetas aislantes de la electricidad

### **1.6.4. Quemaduras**

Medidas preventivas y protecciones colectivas

- La zona de trabajo permanecerá ordenada, libre de obstáculos, limpia y bien iluminada

Equipos de protección individual (EPI)

- Guantes, polainas y mandiles de cuero

### **1.6.5. Golpes y cortes en extremidades**

Medidas preventivas y protecciones colectivas

- La zona de trabajo permanecerá ordenada, libre de obstáculos, limpia y bien iluminada

Equipos de protección individual (EPI)

- Guantes y botas de seguridad

## **1.7. CONDICIONES DE SEGURIDAD Y SALUD, EN TRABAJOS POSTERIORES DE REPARACIÓN Y MANTENIMIENTO**

En este apartado se aporta la información útil para realizar, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los futuros trabajos de conservación, reparación y mantenimiento de la instalación que entrañan mayores riesgos.

### **1.7.1. Trabajos en instalaciones**

Los trabajos correspondientes a la instalación eléctrica deberán realizarse por personal cualificado, cumpliendo las especificaciones establecidas en su correspondiente Plan de Seguridad y Salud, así como en la normativa vigente en cada materia.

### **1.7.2. Trabajos con pinturas y barnices**

Los trabajos con pinturas u otros materiales cuya inhalación pueda resultar tóxica deberán realizarse con ventilación suficiente, adoptando los elementos de protección adecuados.

## **1.8. TRABAJOS QUE IMPLICAN RIESGOS ESPECIALES**

En la obra objeto del presente Estudio de Seguridad y Salud concurren los riesgos especiales referidos en los puntos 4 y 10 incluidos en el Anexo II. "Relación no exhaustiva de los trabajos que implican riesgos especiales para la seguridad y la salud de los trabajadores" del R.D. 1627/97 de 24 de octubre.

## **1.9. MEDIDAS EN CASO DE EMERGENCIA**

El Contratista deberá reflejar en el correspondiente Plan de Seguridad y Salud las posibles situaciones de emergencia, estableciendo las medidas oportunas en caso de primeros auxilios y designando para ello a personal con formación, que se hará cargo de dichas medidas.

Los trabajadores responsables de las medidas de emergencia tienen derecho a la paralización de su actividad, debiendo estar garantizada la adecuada administración de los primeros auxilios y, cuando la situación lo requiera, el rápido traslado del operario a un centro de asistencia médica.

## **1.10. PRESENCIA DE LOS RECURSOS PREVENTIVOS DEL CONTRATISTA**

Dadas las características de la obra y los riesgos previstos en el presente Estudio de Seguridad y Salud, cada contratista deberá asignar la presencia de sus recursos preventivos en la obra, según se establece en la Ley 54/2003, de 12 de diciembre, de Reforma del Marco Normativo de Prevención de Riesgos Laborales, a través de su artículo 4.3.

A tales efectos, el contratista deberá concretar los recursos preventivos asignados a la obra con capacitación suficiente, que deberán disponer de los medios necesarios para vigilar el cumplimiento de las medidas incluidas en el correspondiente Plan de Seguridad y Salud.

Dicha vigilancia incluirá la comprobación de la eficacia de las actividades preventivas previstas en dicho Plan, así como la adecuación de tales actividades a los riesgos que pretenden prevenirse o a la aparición de riesgos no previstos y derivados de la situación que determina la necesidad de la presencia de los recursos preventivos.

Si, como resultado de la vigilancia, se observa un deficiente cumplimiento de las actividades preventivas, las personas que tengan asignada la presencia harán las indicaciones necesarias para el correcto e inmediato cumplimiento de las actividades preventivas, debiendo poner tales circunstancias en conocimiento del empresario para que éste adopte las medidas oportunas para corregir las deficiencias observadas.

## 2. NORMATIVA Y LEGISLACIÓN APLICABLE

Son de obligado cumplimiento, en lo que afecten a los trabajos a realizar, las disposiciones contenidas en la siguiente relación:

- **R.D. 1627/1997**, de 24 de octubre, sobre Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud en las Obras de Construcción (BOE del 25/10/97).
- **Ley 31/1995**, de 8 de noviembre, sobre Prevención de Riesgos Laborales (BOE del 10/11/95).

Desarrollo de la Ley 31/1995 sobre prevención de Riesgos Laborales a través de las siguientes disposiciones:

- **R.D. 39/1997**, de 17 de enero, sobre Reglamento de Servicios de Prevención (BOE del 31/01/97).
- **R.D. 485/1997**, de 14 de abril, sobre Disposiciones Mínimas en materia de Señalización, Seguridad y Salud en el Trabajo (BOE del 23/04/97).
- **R.D. 486/1997**, de 14 de abril, sobre Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud en los Lugares de Trabajo (BOE del 23/04/97).
- **R.D. 487/1997**, de 14 de abril, sobre Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud relativas a la Manipulación Manual de Cargas que entra en riesgos, en particular los dorsolumbares para los trabajadores.
- **R.D. 773/1997**, del 30 de mayo, sobre Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud relativas a la Utilización por los trabajadores de los Equipos de Protección Individual (BOE del 12/06/97).
- **R.D. 1215/1997**, de 18 de julio, sobre Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud para la utilización por los trabajadores de los Equipos de Trabajo (BOE del 07/12/97).
- **Ley 32/2006**, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el Sector de la construcción.
- **Real Decreto 1644/2008**, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas
- **Real Decreto 1849/2000**, de 10 de noviembre, por el que se derogan diferentes disposiciones en materia de normalización y homologación de productos industriales
- **Real Decreto 396/2006**, de 31 de marzo, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto
- **Real Decreto 286/2006**, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.
- **Real Decreto Legislativo 2/2015**, de 23 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley del Estatuto de los Trabajadores.
- Regulación de la Jornada de Trabajo, Jornadas Especiales y Descanso (R.D. 2001/83).
- **Real Decreto 337/2014**, de 9 de mayo, por el que se aprueban el reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.
- **Real Decreto 842/2002**, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- Normativa de ámbito local (Ordenanzas Municipales).
  - Demás Disposiciones Oficiales relativas a Seguridad, Higiene y Medicina del Trabajo que puedan afectar a los distintos trabajos a realizar en obra.

### **3. PLIEGO DE CONDICIONES**

#### **3.1. PLIEGO DE CLÁUSULAS ADMINISTRATIVAS**

##### **3.1.1. Disposiciones generales: Objeto del Pliego de condiciones**

El presente Pliego de condiciones junto con las disposiciones contenidas en el correspondiente Pliego del Proyecto de ejecución, tienen por objeto definir las atribuciones y obligaciones de los agentes que intervienen en materia de Seguridad y Salud, así como las condiciones que deben cumplir las medidas preventivas, las protecciones individuales y colectivas de la instalación, situada en Lluçmajor (Islas Baleares) según el proyecto redactado por Ginés Martínez Pérez. Todo ello con fin de evitar cualquier accidente o enfermedad profesional, que pueden ocasionarse durante el transcurso de la ejecución de la obra o en los futuros trabajos de conservación, reparación y mantenimiento de la instalación.

##### **3.1.2. Disposiciones facultativas**

###### **3.1.2.1. Definición, atribuciones y obligaciones de los agentes de la edificación**

Las garantías y responsabilidades de los agentes y trabajadores de la obra frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo en materia de seguridad y salud, son las establecidas por la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales y el Real Decreto 1627/1997 "Disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción".

###### **3.1.2.2. El Promotor**

Es la persona física o jurídica, pública o privada, que individual o colectivamente decide, impulsa, programa y financia con recursos propios o ajenos, las obras de edificación para sí o para su posterior enajenación, entrega o cesión a terceros bajo cualquier título.

Tiene la responsabilidad de contratar a los técnicos redactores del preceptivo Estudio de Seguridad y Salud, al igual que a los técnicos coordinadores en la materia en la fase que corresponda, todo ello según lo establecido en el R.D. 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas en materia de seguridad y salud en las obras de construcción, facilitando copias a las empresas contratistas, subcontratistas o trabajadores autónomos contratados directamente por el Promotor, exigiendo la presentación de cada Plan de Seguridad y Salud previamente al comienzo de las obras.

El Promotor tendrá la consideración de Contratista cuando realice la totalidad o determinadas partes de la obra con medios humanos y recursos propios, o en el caso de contratar directamente a trabajadores autónomos para su realización o para trabajos parciales de la misma, excepto en los casos estipulados en el Real Decreto 1627/1997.

###### **3.1.2.3. El Projectista**

Es el agente que, por encargo del Promotor y con sujeción a la normativa técnica y urbanística correspondiente, redacta el proyecto.

Tomará en consideración en las fases de concepción, estudio y elaboración del proyecto básico y de ejecución, los principios y criterios generales de prevención en materia de seguridad y de salud, de acuerdo con la legislación vigente.

###### **3.1.2.4. El Contratista y Subcontratista**

Según define el artículo 2 del Real Decreto 1627/1997:

**PSFV "SON MULET" DE 999,00 kW**

Contratista es la persona física o jurídica que asume contractualmente ante el Promotor, con medios humanos y materiales propios o ajenos, el compromiso de ejecutar la totalidad o parte de las obras, con sujeción al proyecto y al contrato.

Subcontratista es la persona física o jurídica que asume contractualmente ante el contratista, empresario principal, el compromiso de realizar determinadas partes o instalaciones de la obra, con sujeción al proyecto por el que se rige su ejecución.

El Contratista comunicará a la autoridad laboral competente la apertura del centro de trabajo en la que incluirá el Plan de Seguridad y Salud al que se refiere el artículo 7 del R.D.1627/1997, de 24 de octubre.

Adoptará todas las medidas preventivas que cumplan los preceptos en materia de Prevención de Riesgos Laborales y Seguridad y Salud que establece la legislación vigente, redactando el correspondiente Plan de Seguridad y ajustándose al cumplimiento estricto y permanente de lo establecido en el Estudio de Seguridad y Salud, disponiendo de todos los medios necesarios y dotando al personal del equipamiento de seguridad exigibles, cumpliendo las órdenes efectuadas por el Coordinador de Seguridad y Salud en la fase de ejecución de la obra.

Supervisará de manera continuada el cumplimiento de las normas de seguridad, tutelando las actividades de los trabajadores a su cargo y, en su caso, relevando de su puesto a todos aquellos que pudieran menoscabar las condiciones básicas de seguridad personales o generales, por no estar en las condiciones adecuadas.

Entregará la información suficiente al Coordinador de Seguridad y Salud en la obra, donde se acredite la estructura organizativa de la empresa, sus responsabilidades, funciones, procesos, procedimientos y recursos materiales y humanos disponibles, con el fin de garantizar una adecuada acción preventiva de riesgos de la obra.

Entre las responsabilidades y obligaciones del contratista y de los subcontratistas en materia de seguridad y salud, cabe destacar las contenidas en el artículo 11 "Obligaciones de los contratistas y subcontratistas" del R.D. 1627/1997.

Aplicar los principios de la acción preventiva que se recogen en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

Cumplir y hacer cumplir a su personal lo establecido en el plan de seguridad y salud.

Cumplir la normativa en materia de prevención de riesgos laborales, teniendo en cuenta, en su caso, las obligaciones sobre coordinación de actividades empresariales previstas en el artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y las disposiciones mínimas establecidas en el anexo IV del R.D. 1627/1997, durante la ejecución de la obra.

Informar y proporcionar las instrucciones adecuadas y precisas a los trabajadores autónomos sobre todas las medidas que hayan de adoptarse en lo referente a su seguridad y salud en la obra.

Atender las indicaciones y consignas del Coordinador en Materia de Seguridad y Salud, cumpliendo estrictamente sus instrucciones durante la ejecución de la obra.

Responderán de la correcta ejecución de las medidas preventivas fijadas en el plan de seguridad y salud en lo relativo a las obligaciones que les correspondan a ellos directamente o, en su caso, a los trabajadores autónomos por ellos contratados.

Responderán solidariamente de las consecuencias que se deriven del incumplimiento de las medidas previstas en el plan, en los términos del apartado 2 del artículo 42 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

Las responsabilidades de los coordinadores, de la Dirección Facultativa y del Promotor, no eximirán de sus responsabilidades a los contratistas y a los subcontratistas.

### **3.1.2.5. La Dirección Facultativa**

Según define el artículo 2 del Real Decreto 1627/1997, se entiende como Dirección Facultativa:

El técnico o los técnicos competentes designados por el Promotor, encargados de la dirección y del control de la ejecución de la obra.

Las responsabilidades de la Dirección Facultativa y del Promotor, no eximen en ningún caso de las atribuibles a los contratistas y a los subcontratistas.

### **3.1.2.6. Coordinador de Seguridad y Salud en Proyecto**

Es el técnico competente designado por el Promotor para coordinar, durante la fase del proyecto de ejecución, la aplicación de los principios y criterios generales de prevención en materia de seguridad y salud.

### **3.1.2.7. Coordinador de Seguridad y Salud en Ejecución**

El Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra, es el técnico competente designado por el Promotor, que forma parte de la Dirección Facultativa.

Asumirá las tareas y responsabilidades contenidas en la Guía Técnica sobre el R.D. 1627/1997, de 24 de octubre, cuyas funciones consisten en:

- Coordinar la aplicación de los principios generales de prevención y de seguridad, tomando las decisiones técnicas y de organización, con el fin de planificar las distintas tareas o fases de trabajo que vayan a desarrollarse simultánea o sucesivamente, estimando la duración requerida para la ejecución de las mismas.
- Coordinar las actividades de la obra para garantizar que los contratistas y, en su caso, los subcontratistas y los trabajadores autónomos, apliquen de manera coherente y responsable los principios de la acción preventiva recogidos en la legislación vigente.
- Aprobar el plan de seguridad y salud elaborado por el Contratista y, en su caso, las modificaciones introducidas en el mismo.
- Organizar la coordinación de actividades empresariales prevista en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- Coordinar las acciones y funciones de control de la aplicación correcta de los métodos de trabajo.
- Adoptar las medidas necesarias para que sólo las personas autorizadas puedan acceder a la obra. La Dirección Facultativa asumirá esta función cuando no fuera necesaria la designación de un coordinador.

### **3.1.2.8. Trabajadores Autónomos**

Son las personas físicas distintas del Contratista y Subcontratista, que realizan de forma personal y directa una actividad profesional, sin sujeción a un contrato de trabajo y que asumen contractualmente ante el Promotor, el Contratista o el Subcontratista, el compromiso de realizar determinadas partes o instalaciones de la obra.

Cuando el trabajador autónomo emplee en la obra a trabajadores por cuenta ajena, tendrá la consideración de Contratista o Subcontratista.

Los trabajadores autónomos cumplirán lo establecido en el plan de seguridad y salud.

### **3.1.2.9. Trabajadores por cuenta ajena**

Los contratistas y subcontratistas deberán garantizar que los trabajadores reciban una información adecuada de todas las medidas que hayan de adoptarse en lo que se refiere a su seguridad y su salud en la obra.

La consulta y la participación de los trabajadores o de sus representantes, se realizarán de conformidad con lo dispuesto en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

El Contratista facilitará a los representantes de los trabajadores en el centro de trabajo una copia del plan de seguridad y salud y de sus posibles modificaciones.

### **3.1.2.10. Fabricantes y suministradores de equipos de protección y materiales de construcción**

Los fabricantes, importadores y suministradores de maquinaria, equipos, productos y útiles de trabajo, deberán suministrar la información que indique la forma correcta de utilización por los trabajadores, las medidas preventivas adicionales que deban tomarse y los riesgos laborales que conlleven tanto su uso normal como su manipulación o empleo inadecuado.

### **3.1.2.11. Recursos preventivos**

Con el fin de ejercer las labores de recurso preventivo, según lo establecido en la Ley 31/95, el empresario designará para la obra los recursos preventivos, que podrán ser:

- a) Uno o varios trabajadores designados por la empresa.
- b) Uno o varios miembros del servicio de prevención propio de la empresa.
- c) Uno o varios miembros del servicio o los servicios de prevención ajenos.

Las personas a las que se asigne esta vigilancia deberán dar las instrucciones necesarias para el correcto e inmediato cumplimiento de las actividades preventivas. En caso de observar un deficiente cumplimiento de las mismas o una ausencia, insuficiencia o falta de adecuación de las mismas, se informará al empresario para que éste adopte las medidas necesarias para su corrección, notificándose a su vez al Coordinador de Seguridad y Salud y al resto de la Dirección Facultativa.

En el Plan de Seguridad y Salud se especificarán los casos en que la presencia de los recursos preventivos es necesaria, especificándose expresamente el nombre de la persona o personas designadas para tal fin, concretando las tareas en las que inicialmente se prevé necesaria su presencia.

### **3.1.3. Formación en Seguridad**

Con el fin de que todo el personal que acceda a la obra disponga de la suficiente formación en las materias preventivas de seguridad y salud, la empresa se encargará de su formación para la adecuada prevención de riesgos y el correcto uso de las protecciones colectivas e individuales. Dicha formación alcanzará todos los niveles de la empresa, desde los directivos hasta los trabajadores no cualificados, incluyendo a los técnicos, encargados, especialistas y operadores de máquinas entre otros.

### **3.1.4. Reconocimientos médicos**

La vigilancia del estado de salud de los trabajadores quedará garantizada por la empresa contratista, en función de los riesgos inherentes al trabajo asignado y en los casos establecidos por la legislación vigente.

Dicha vigilancia será voluntaria, excepto cuando la realización de los reconocimientos sea imprescindible para evaluar los efectos de las condiciones de trabajo sobre su salud, o para verificar que su estado de salud no constituye un peligro para otras personas o para el mismo trabajador.

### **3.1.5. Salud e higiene en el trabajo**

#### **3.1.5.1. Primeros auxilios**

El empresario designará al personal encargado de la adopción de las medidas necesarias en caso de accidente, con el fin de garantizar la prestación de los primeros auxilios y la evacuación del accidentado.

**PSFV “SON MULET” DE 999,00 kW**

Se dispondrá, en un lugar visible de la obra y accesible a los operarios, un botiquín perfectamente equipado con material sanitario destinado a primeros auxilios.

El Contratista instalará rótulos con caracteres legibles hasta una distancia de 2 m, en el que se suministre a los trabajadores y participantes en la obra la información suficiente para establecer rápido contacto con el centro asistencial más próximo.

**3.1.5.2. Actuación en caso de accidente**

En caso de accidente se tomarán solamente las medidas indispensables hasta que llegue la asistencia médica, para que el accidentado pueda ser trasladado con rapidez y sin riesgo. En ningún caso se le moverá, excepto cuando sea imprescindible para su integridad.

Se comprobarán sus signos vitales (consciencia, respiración, pulso y presión sanguínea), se le intentará tranquilizar, y se le cubrirá con una manta para mantener su temperatura corporal.

No se le suministrará agua, bebidas o medicamento alguno y, en caso de hemorragia, se presionarán las heridas con gasas limpias.

El empresario notificará el accidente por escrito a la autoridad laboral, conforme al procedimiento reglamentario.

**3.1.6. Documentación de obra****3.1.6.1. Estudio de seguridad y Salud**

Es el documento elaborado por el técnico competente designado por el Promotor, donde se precisan las normas de seguridad y salud aplicables a la obra, contemplando la identificación de los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando las medidas técnicas necesarias para ello.

Incluye también las previsiones y las informaciones útiles para efectuar en su día, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los previsibles trabajos posteriores.

**3.1.6.2. Plan de seguridad y salud**

En aplicación del presente estudio de seguridad y salud, cada Contratista elaborará el correspondiente plan de seguridad y salud en el trabajo en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en el presente estudio, en función de su propio sistema de ejecución de la obra. En dicho plan se incluirán, en su caso, las propuestas de medidas alternativas de prevención que el Contratista proponga con la correspondiente justificación técnica, que no podrán implicar disminución de los niveles de protección previstos en este estudio de seguridad y salud.

El Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra aprobará el plan de seguridad y salud antes del inicio de la misma.

El plan de seguridad y salud podrá ser modificado por el Contratista en función del proceso de ejecución de la obra, de la evolución de los trabajos y de las posibles incidencias o modificaciones que puedan surgir durante el desarrollo de la misma, siempre con la aprobación expresa del Coordinador de Seguridad y Salud y la Dirección Facultativa.

Quienes intervengan en la ejecución de la obra, así como las personas u órganos con responsabilidades en materia de prevención de las empresas intervinientes en la misma y los representantes de los trabajadores, podrán presentar por escrito y de forma razonada, las sugerencias y alternativas que estimen oportunas. A tal efecto, el plan de seguridad y salud estará en la obra a disposición permanente de los mismos y de la Dirección Facultativa.

### **3.1.6.3. Acta de aprobación del plan**

El plan de seguridad y salud elaborado por el Contratista será aprobado por el Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra, por la Dirección Facultativa o por la Administración en el caso de obras públicas, quien deberá emitir un acta de aprobación como documento acreditativo de dicha operación, visado por el Colegio Profesional correspondiente.

### **3.1.6.4. Comunicación de apertura de centro de trabajo**

La comunicación de apertura del centro de trabajo a la autoridad laboral competente será previa al comienzo de los trabajos y se presentará únicamente por los empresarios que tengan la consideración de contratistas.

La comunicación contendrá los datos de la empresa, del centro de trabajo y de producción y/o almacenamiento del centro de trabajo. Deberá incluir, además, el plan de seguridad y salud.

### **3.1.6.5. Libro de incidencias**

Con fines de control y seguimiento del plan de seguridad y salud, en cada centro de trabajo existirá un libro de incidencias que constará de hojas por duplicado, habilitado a tal efecto.

Será facilitado por el colegio profesional que vise el acta de aprobación del plan o la oficina de supervisión de proyectos u órgano equivalente cuando se trate de obras de las administraciones públicas.

El libro de incidencias deberá mantenerse siempre en la obra, en poder del Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra, teniendo acceso la Dirección Facultativa de la obra, los contratistas y subcontratistas y los trabajadores autónomos, así como las personas u órganos con responsabilidades en materia de prevención en las empresas intervinientes en la obra, los representantes de los trabajadores y los técnicos de los órganos especializados en materia de seguridad y salud en el trabajo de las administraciones públicas competentes, quienes podrán hacer anotaciones en el mismo.

El Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra, deberá notificar al Contratista afectado y a los representantes de los trabajadores de éste, sobre las anotaciones efectuadas en el libro de incidencias.

Cuando las anotaciones se refieran a cualquier incumplimiento de las advertencias u observaciones anteriores, se remitirá una copia a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social en el plazo de veinticuatro horas. En todo caso, deberá especificarse si la anotación se trata de una nueva observación o supone una reiteración de una advertencia u observación anterior.

### **3.1.6.6. Libro de órdenes**

En la obra existirá un libro de órdenes y asistencias, en el que la Dirección Facultativa reseñará las incidencias, órdenes y asistencias que se produzcan en el desarrollo de la obra.

Las anotaciones así expuestas tienen rango de órdenes o comentarios necesarios de ejecución de obra y, en consecuencia, serán respetadas por el Contratista de la obra.

### **3.1.6.7. Libro de visitas**

El libro de visitas deberá estar en obra, a disposición permanente de la Inspección de Trabajo y Seguridad Social.

El primer libro lo habilitará el Jefe de la Inspección de la provincia en que se encuentre la obra. Para habilitar el segundo o los siguientes, será necesario presentar el anterior. En caso de pérdida o destrucción, el representante legal de la empresa deberá justificar por escrito los motivos y las pruebas. Una vez agotado un libro, se conservará durante 5 años, contados desde la última diligencia.

### **3.1.6.8. Libro de subcontratación**

El Contratista deberá disponer de un libro de subcontratación, que permanecerá en todo momento en la obra, reflejando por orden cronológico desde el comienzo de los trabajos, todas y cada una de las subcontrataciones realizadas en una determinada obra con empresas subcontratistas y trabajadores autónomos.

El libro de subcontratación cumplirá las prescripciones contenidas en el Real Decreto 1109/2007, de 24 de agosto, por el que se desarrolla la Ley 32/2006 de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el Sector de la Construcción, en particular el artículo 15 "Contenido del Libro de Subcontratación" y el artículo 16 "Obligaciones y derechos relativos al Libro de Subcontratación".

Al libro de subcontratación tendrán acceso el Promotor, la Dirección Facultativa, el Coordinador de Seguridad y Salud en fase de ejecución de la obra, las empresas y trabajadores autónomos intervinientes en la obra, los técnicos de prevención, los delegados de prevención, la autoridad laboral y los representantes de los trabajadores de las diferentes empresas que intervengan en la ejecución de la obra.

### **3.1.7. Disposiciones económicas**

El marco de relaciones económicas para el abono y recepción de la obra, se fija en el pliego de condiciones del proyecto o en el correspondiente contrato de obra entre el Promotor y el Contratista, debiendo contener al menos los puntos siguientes:

- Fianzas
- De los precios
- Precio básico
- Precio unitario
- Presupuesto de Ejecución Material (PEM)
- Precios contradictorios
- Reclamación de aumento de precios
- Formas tradicionales de medir o de aplicar los precios
- De la revisión de los precios contratados
- Acopio de materiales
- Obras por administración
- Valoración y abono de los trabajos
- Indemnizaciones mutuas
- Retenciones en concepto de garantía
- Plazos de ejecución y plan de obra
- Liquidación económica de las obras
- Liquidación final de la obra

## **3.2. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES**

### **3.2.1. Medios de protección colectiva**

Los medios de protección colectiva se colocarán según las especificaciones del Plan de Seguridad y Salud antes de iniciar el trabajo en el que se requieran, no suponiendo un riesgo en sí mismos.

Se repondrán siempre que estén deteriorados, al final del periodo de su vida útil, después de estar sometidos a solicitaciones límite, o cuando sus tolerancias sean superiores a las admitidas o aconsejadas por el fabricante.

El mantenimiento será vigilado de forma periódica (cada semana) por el Delegado de Prevención.

### **3.2.2. Medios de protección individual**

Todos los equipos de protección individual (EPI) empleados en la obra dispondrán de marcado CE, que llevarán inscrito en el propio equipo, en el embalaje y en el folleto informativo.

Serán ergonómicos y no causarán molestias innecesarias. Nunca supondrán un riesgo en sí mismos, ni perderán su seguridad de forma involuntaria.

El fabricante los suministrará junto con un folleto informativo en el que aparecerán las instrucciones de uso y mantenimiento, nombre y dirección del fabricante, grado o clase de protección, accesorios que pueda llevar y características de las piezas de repuesto, límite de uso, plazo de vida útil y controles a los que se ha sometido. Estará redactado de forma comprensible y, en el caso de equipos de importación, traducidos a la lengua oficial.

Serán suministrados gratuitamente por el empresario y se reemplazarán siempre que estén deteriorados, al final del periodo de su vida útil o después de estar sometidos a solicitaciones límite.

Se utilizarán de forma personal y para los usos previstos por el fabricante, supervisando el mantenimiento el Delegado de Prevención.

### **3.2.3. Instalaciones provisionales de salud y confort**

Los locales destinados a instalaciones provisionales de salud y confort tendrán una temperatura, iluminación, ventilación y condiciones de humedad adecuadas para su uso. Los revestimientos de los suelos, paredes y techos serán continuos, lisos e impermeables, acabados preferentemente con colores claros y con material que permita la limpieza con desinfectantes o antisépticos.

El Contratista mantendrá las instalaciones en perfectas condiciones sanitarias (limpieza diaria), estarán provistas de agua corriente fría y caliente y dotada de los complementos necesarios para higiene personal, tales como jabón, toallas y recipientes de desechos.

#### **3.2.3.1. Vestuarios**

Serán de fácil acceso, estarán próximos al área de trabajo y tendrán asientos y taquillas independientes bajo llave, con espacio suficiente para guardar la ropa y el calzado.

Cuando no se disponga de vestuarios, se habilitará una zona para dejar la ropa y los objetos personales bajo llave.

#### **3.2.3.2. Aseos y duchas**

Estarán junto a los vestuarios y dispondrán de instalación de agua fría y caliente, ubicando al menos una cuarta parte de los grifos en cabinas individuales con puerta con cierre interior.

La dotación mínima prevista para los aseos será la que se cita en el apartado 1.4.2 del presente estudio.

#### **3.2.3.3. Retretes**

Serán de fácil acceso y estarán próximos al área de trabajo. Se ubicarán preferentemente en cabinas, sin visibilidad desde el exterior y provistas de percha y puerta con cierre interior.

Dispondrán de ventilación al exterior, pudiendo no tener techo siempre que comuniquen con aseos o pasillos con ventilación exterior, evitando cualquier comunicación con comedores, cocinas, dormitorios o vestuarios.

Tendrán descarga automática de agua corriente y en el caso de que no puedan conectarse a la red de alcantarillado se dispondrá de letrinas sanitarias o fosas sépticas.

#### **4. PRESUPUESTO**

El importe del Presupuesto de Ejecución Material del presente Estudio de Seguridad y Salud, que asciende a la cantidad de CUATRO MIL NOVECIENTOS SESENTA Y TRES euros con TREINTA Y NUEVE céntimos (4.963,39 €).

## 5. DOCUMENTOS DE QUE CONSTA EL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

Los documentos que conforman este Estudio de Seguridad y Salud son los siguientes:

**DOCUMENTO Nº I. MEMORIA**

**DOCUMENTO Nº II. PLIEGO DE CONDICIONES**

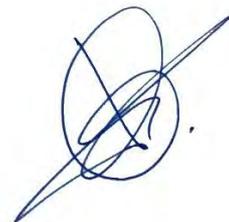
**DOCUMENTO Nº III. PRESUPUESTO (ver desglose de presupuesto en el proyecto)**

**DOCUMENTO Nº IV. PLANOS**

ÍNDICE DE PLANOS	
Nº PLANO	DESCRIPCIÓN
6.SS.1	ESTUDIO SEGURIDAD Y SALUD ITINERARIO EVACUACIÓN HERIDOS
6.SS.2	ESTUDIO SEGURIDAD Y SALUD PROTECCIONES INDIVIDUALES
6.SS.3	ESTUDIO SEGURIDAD Y SALUD SEÑALES
6.SS.4	ESTUDIO SEGURIDAD Y SALUD ANDAMIOS Y ESCALERAS DE MANO
6.SS.5	ESTUDIO SEGURIDAD Y SALUD ESQUEMA UNIFILAR, VALLADO Y CASETA DE OBRA

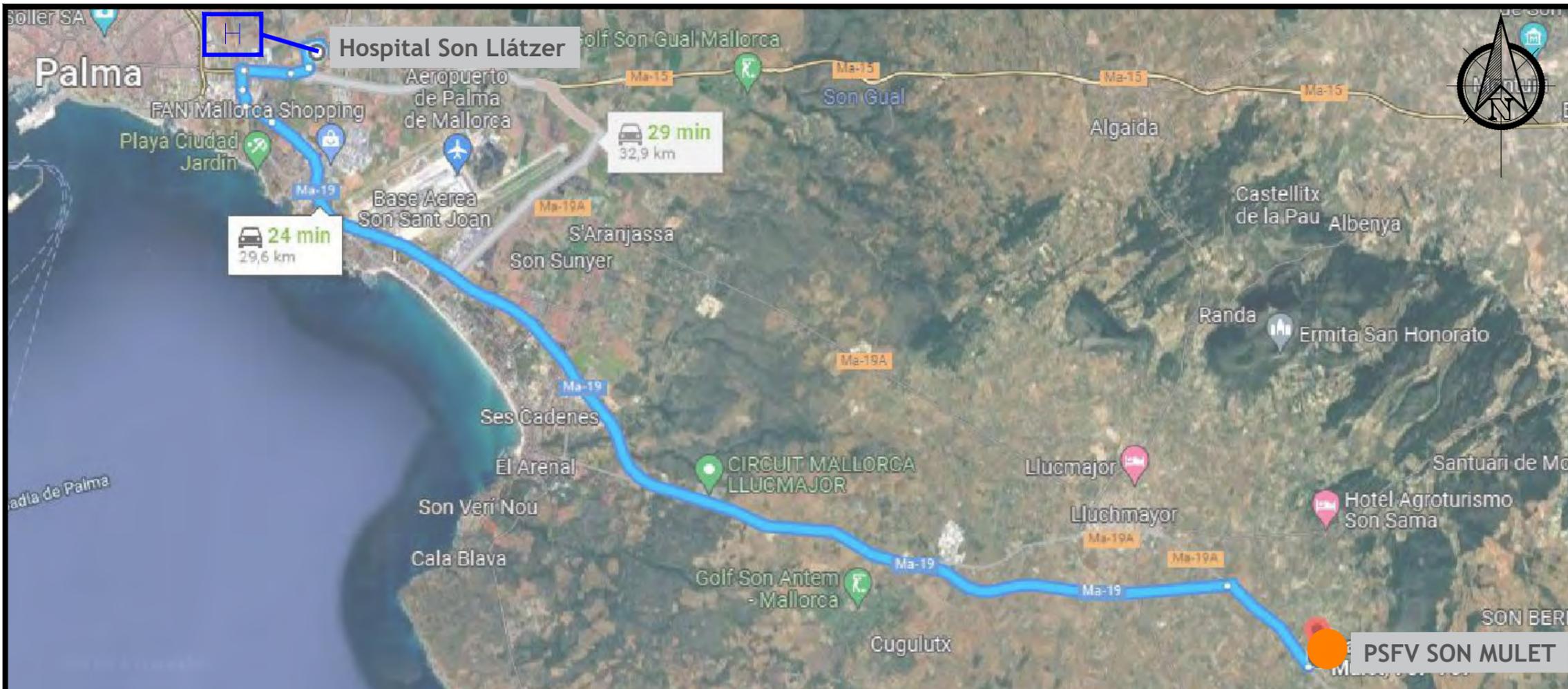
Albacete, noviembre de 2022

El Ingeniero Técnico Industrial



**Fdo. Ginés Martínez Pérez**

**Nº colegiado:1280, COGITI Albacete**



LEYENDA	
	ITINERARIO EVACUACIÓN
	HOSPITAL
	CENTRO DE SALUD
	UBICACIÓN OBRA OBJETO DEL PROYECTO

**DATOS HOSPITAL**  
 -NOMBRE: Hospital Son Llätzer  
 -DIRECCIÓN: Ctra. de Manacor, PK 4, 07198 Palma (Islas Baleares)  
 -TELÉFONO: 871 20 20 00

**DATOS ITINERARIO**  
 -DURACIÓN: 24 MINUTOS  
 -DISTANCIA DESDE OBRA: 29,6 km

**DATOS CENTRO DE SALUD**  
 -NOMBRE: Centro de Salud Lluçmajor-Migjorn  
 -DIRECCIÓN: C/ d'Antoni Maura, 0, 07620 Lluçmajor (Islas Baleares)  
 -TELÉFONO: 971 66 23 04

**DATOS ITINERARIO**  
 -DURACIÓN: 10 MINUTOS  
 -DISTANCIA DESDE OBRA: 6,1 km

FECHA:	DESCRIPCIÓN:	REVISIÓN:
16/11/2022	PLANO ITINERARIO EVACUACIÓN HERIDOS	0

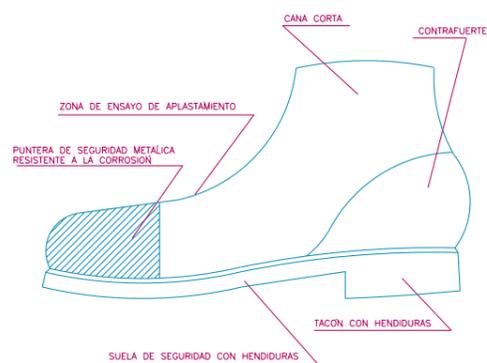


**UNIVERGY** PRELIMINAR  
NO PARA  
CONSTRUCCIÓN

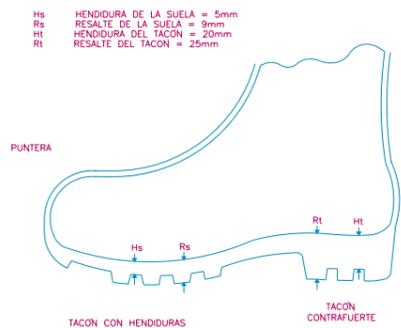
PROYECTO:  
**PSFV SON MULET  
 999,00 kW  
 LLUCMAJOR (ISLAS BALEARES)**

DESCRIPCIÓN DEL PLANO:  
**6.SS.1 ESTUDIO SEGURIDAD Y SALUD  
 ITINERARIO EVACUACIÓN HERIDOS**

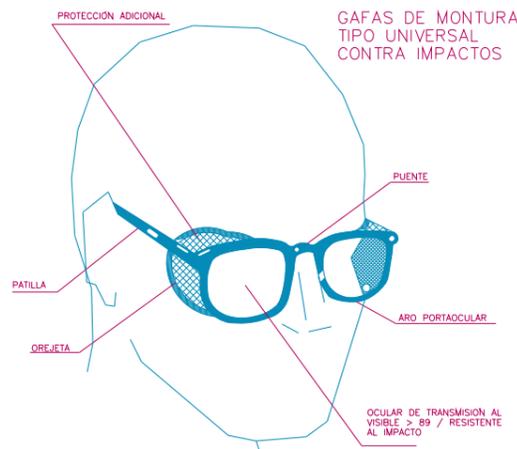
SITUACIÓN:	Polígono 19, parcela 740	
COORDENADAS:	UTM ETRS89 31 X: 494 658 m Y: 4 368 373 m	GEOGRÁFICAS 39,464919° N 2,937900° E
REF PROYECTO:		
DEPARTAMENTO:	UNIVERGY ESPAÑA	
FECHA:	16/11/2022	
ESCALA:	S/E	
DISEÑADO POR:	INGENIERO TÉC. INDUSTRIAL: NNC	
PR.MANAGEMENT:	Fdo. Ginés Martínez Pérez Colegiado nº 1280	



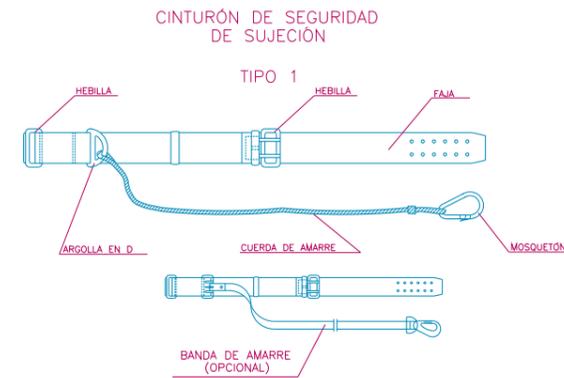
BOTA DE SEGURIDAD



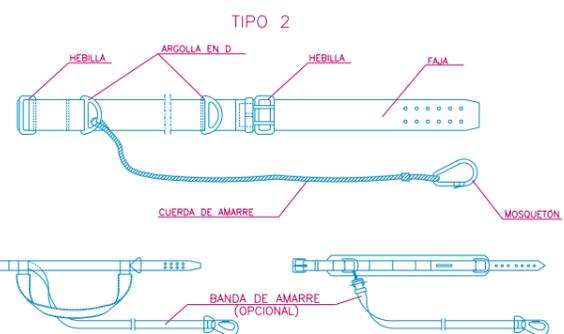
BOTA IMPERMEABLE AL AGUA Y A LA HUMEDAD



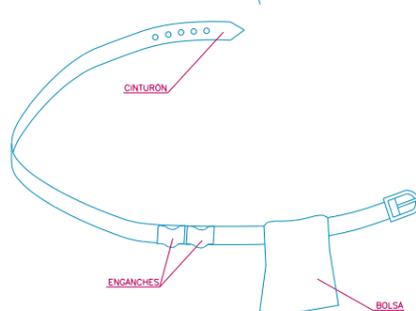
GAFAS DE MONTURA TIPO UNIVERSAL CONTRA IMPACTOS



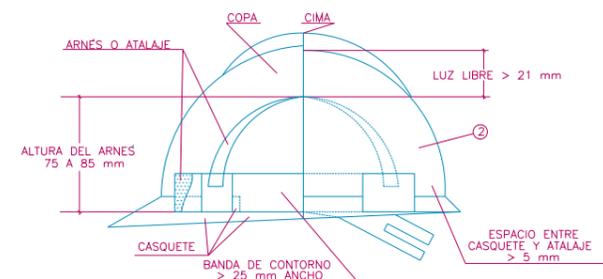
CINTURÓN DE SEGURIDAD DE SUJECIÓN TIPO 1



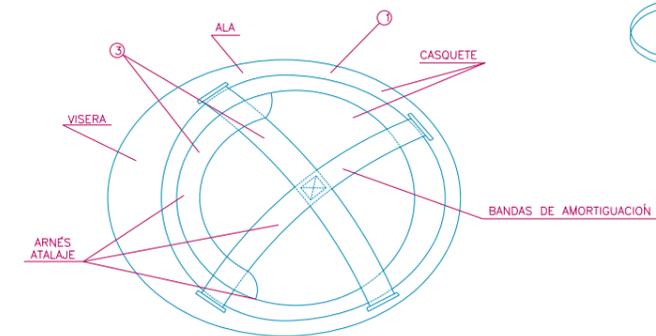
TIPO 2



PORTAHERRAMIENTAS  
1. PERMITE TENER LAS MANOS LIBRES, MAS SEGURIDAD AL MOVERSE  
2. EVITA CAIDAS DE HERRAMIENTAS  
3. NO EXAME DEL CINTURÓN DE SEGURIDAD CUANDO ESTE ES NECESARIO

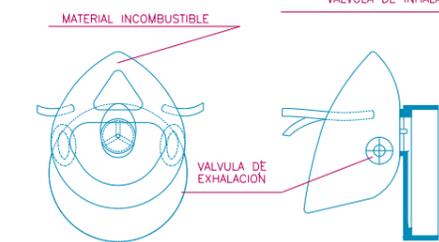
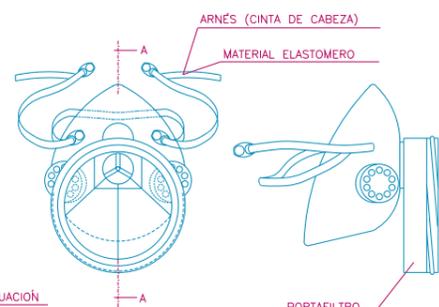


PORTAHERRAMIENTAS  
1. PERMITE TENER LAS MANOS LIBRES, MAS SEGURIDAD AL MOVERSE  
2. EVITA CAIDAS DE HERRAMIENTAS  
3. NO EXAME DEL CINTURÓN DE SEGURIDAD CUANDO ESTE ES NECESARIO

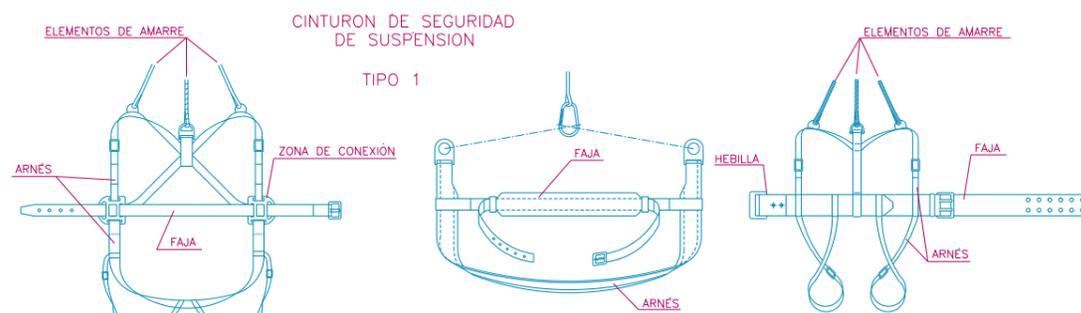


CASCO DE SEGURIDAD NO METÁLICO

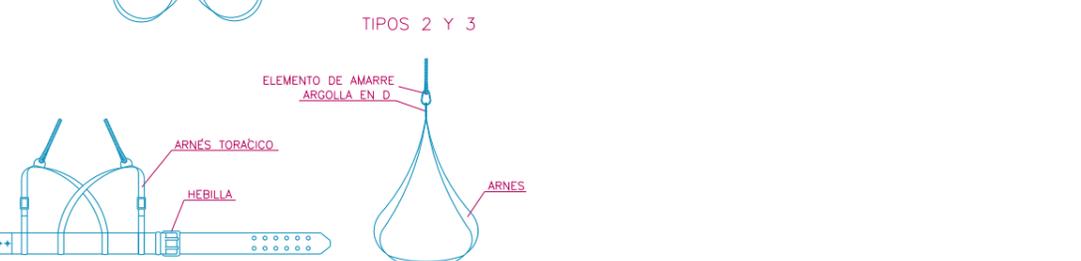
1. MATERIAL INCOMBUSTIBLE, RESISTENTE A GRASAS, SALES Y AGUA
2. CLASE N AISLANTE A 1000 V CLASE E-AT AISLANTE A 25000 V
3. MATERIAL NO RÍGIDO HIDRÓFUGO, FÁCIL LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN



SECCIÓN A-A MASCARILLA ANTIPOLVO



CINTURÓN DE SEGURIDAD DE SUSPENSIÓN TIPO 1



TIPOS 2 Y 3

FECHA:	DESCRIPCIÓN:	REVISIÓN:
16/11/2022	PROTECCIONES INDIVIDUALES	0

**UNIVERGY** PRELIMINAR NO PARA CONSTRUCCIÓN

PROYECTO:

**PSFV SON MULET  
999,00 kW  
LLUCMAJOR (ISLAS BALEARES)**

DESCRIPCIÓN DEL PLANO:  
**6.SS.2 ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD PROTECCIONES INDIVIDUALES**

SITUACIÓN: **Polígono 19, parcela 740**

COORDENADAS: **UTM ETRS89 31 X: 494 658 m Y: 4 368 373 m** **GEOGRÁFICAS 39,464919° N 2,937900° E**

REF PROYECTO:

DEPARTAMENTO: **UNIVERGY ESPAÑA**

FECHA: **16/11/2022**

ESCALA: **S/E**

DISEÑADO POR: **NNC**

PR.MANAGEMENT: **TMG** Fdo. Ginés Martínez Pérez Colegiado nº 1280



SEÑALES DE SALVAMENTO

SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	SIMBOLO	COLORES			SEÑAL DE SEGURIDAD
		DEL SIMBOLO	DE SEGURIDAD	DE CONTRASTE	
EQUIPO DE PRIMEROS AUXILIOS		BLANCO	VERDE	BLANCO	
LOCALIZACION DE PRIMEROS AUXILIOS		BLANCO	VERDE	BLANCO	
DIRECCION HACIA PRIMEROS AUXILIOS		BLANCO	VERDE	BLANCO	
LOCALIZACION SALIDA DE SOCORRO		BLANCO	VERDE	BLANCO	
DIRECCION HACIA SALIDA DE SOCORRO		BLANCO	VERDE	BLANCO	
LOCALIZACION DUCHA DE SOCORRO		BLANCO	VERDE	BLANCO	

SEÑALES DE ADVERTENCIA

SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	SIMBOLO	COLORES			SEÑAL DE ADVERTENCIA
		DEL SIMBOLO	DE SEGURIDAD	DE CONTRASTE	
CAIDAS AL MISMO NIVEL		NEGRO	AMARILLO	NEGRO	
ALTA PRESION		NEGRO	AMARILLO	NEGRO	
ALTA TEMPERATURA		NEGRO	AMARILLO	NEGRO	
BAJA TEMPERATURA		NEGRO	AMARILLO	NEGRO	
RADIACIONES LASER		NEGRO	AMARILLO	NEGRO	
CARRETIILLAS DE MANUTENCION		NEGRO	AMARILLO	NEGRO	

Establecimiento de las dimensiones de una señal hasta una distancia de 50 metros:

$$S \geq \frac{L^2}{2000}$$

Siendo L la distancia en metros desde donde se puede ver la señal y S la superficie en metros de la señal.

SEÑALES DE OBLIGACION

SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	SIMBOLO	COLORES			SEÑAL DE SEGURIDAD
		DEL SIMBOLO	DE SEGURIDAD	DE CONTRASTE	
USO OBLIGATORIO DE CINTUROS DE SEGURIDAD		BLANCO	AZUL	BLANCO	
USO OBLIGATORIO DE GAFAS O PANTALLA		BLANCO	AZUL	BLANCO	
OBLIGACION DE LAVARSE LAS MANOS		BLANCO	AZUL	BLANCO	
USO OBLIGATORIO DE CALZADO ANTIESTATICO		BLANCO	AZUL	BLANCO	
EMPUJAR NO ARRASTRAR		BLANCO	AZUL	BLANCO	
USO OBLIGATORIO OBLIGATORIO DE PANTALLA		BLANCO	AZUL	BLANCO	
USO OBLIGATORIO DE PROTECTOR AJUSTABLE		BLANCO	AZUL	BLANCO	

EL COLOR EN LA SEGURIDAD

COLOR	SIGNIFICADO	APLICACION
ROJO	PARADA PROHIBICION	<ul style="list-style-type: none"> <li>Señales de parada.</li> <li>Señales de prohibición.</li> <li>Dispositivos de conexión de urgencia.</li> <li>Localización y señalización contra incendios.</li> </ul>
AMARILLO	ATENCION ZONA DE PELIGRO	<ul style="list-style-type: none"> <li>Señales de parada.</li> <li>Señales de prohibición.</li> <li>Dispositivos de conexión de urgencia.</li> </ul>
VERDE	SITUACION DE SEGURIDAD	<ul style="list-style-type: none"> <li>Señalización de pasillos de salidas de socorro.</li> </ul>
AZUL	OBLIGACION	<ul style="list-style-type: none"> <li>Obligación de llevar equipo de protección personal.</li> </ul>

COLOR DE SEGURIDAD	COLOR DE CONTRASTE	COLOR DE SIMBOLO
ROJO	BLANCO	NEGRO
AMARILLO	NEGRO	NEGRO
VERDE	BLANCO	BLANCO
AZUL	BLANCO	BLANCO

PARA EVITAR LOS INCONVENIENTES DERIVADOS DE LA DIFICULTAD QUE ALGUNAS PERSONAS TIENE PARA DISTINGUIR LOS COLORES, ESTOS SE COMPLEMENTAN CON FORMAS GEOMETRICAS.

FORMA GEOMETRICA DE LA SEÑAL	ESPECIFICACION
	OBLIGACION O PROHIBICION
	ADVERTENCIA DE PELIGRO
	INFORMACION

SEÑALES DE OBLIGACION

SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	SIMBOLO	COLORES			SEÑAL DE SEGURIDAD
		DEL SIMBOLO	DE SEGURIDAD	DE CONTRASTE	
PROTECCION OBLIGATORIA DE VIAS RESPIRATORIAS		BLANCO	AZUL	BLANCO	
PROTECCION OBLIGATORIA DE LA CABEZA		BLANCO	AZUL	BLANCO	
PROTECCION OBLIGATORIA DEL OIDO		BLANCO	AZUL	BLANCO	
PROTECCION OBLIGATORIA DE LA VISTA		BLANCO	AZUL	BLANCO	
PROTECCION OBLIGATORIA DE LAS MANOS		BLANCO	AZUL	BLANCO	
PROTECCION OBLIGATORIA DE LOS PIES		BLANCO	AZUL	BLANCO	
USO OBLIGATORIO OBLIGATORIO DE PANTALLA		BLANCO	AZUL	BLANCO	
USO OBLIGATORIO OBLIGATORIO DE PROTECTOR AJUSTABLE		BLANCO	AZUL	BLANCO	

EL COLOR EN LA SEGURIDAD

COLOR	ESTIMULACION
ROJO	<ul style="list-style-type: none"> <li>PELIGRO, EXCITACION, PASION.</li> </ul>
ANARANJADO	<ul style="list-style-type: none"> <li>INQUIETUD.</li> </ul>
AMARILLO	<ul style="list-style-type: none"> <li>ACTIVIDAD.</li> </ul>
VERDE	<ul style="list-style-type: none"> <li>QUIETUD, REPOSO, RELAJACION.</li> </ul>
AZUL	<ul style="list-style-type: none"> <li>FRIO, LENTITUD.</li> </ul>
VIOLETA	<ul style="list-style-type: none"> <li>APATIA, DEJADEZ.</li> </ul>

POR LO TANTO, EN LA INDUSTRIA, NO DEBERAN SER UTILIZADOS COLORES FUERTES O SEDANTES, PUESTO QUE AMBOS EXTREMOS SON PERJUDICIALES.

LA REFLEXION DE LA LUZ EN TECHOS Y PAREDES, VARIA SEGUN EL COLOR Y SERA:

COLOR	REFLEXION
BLANCO	85 %
MARFIL	70 %
CREMA	65 %
AZUL CELESTE	65 %
VERDE CLARO	60 %
AZUL CLARO	50 %

FECHA:	DESCRIPCIÓN:	REVISIÓN:
16/11/2022	SEÑALES	0

**PRELIMINAR NO PARA CONSTRUCCIÓN**

PROYECTO:

**PSFV SON MULET  
999,00 kW  
LLUCMAJOR (ISLAS BALEARES)**

DESCRIPCIÓN DEL PLANO:

**6.SS.3 ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD SEÑALES**

SITUACIÓN: **Polígono 19, parcela 740**

COORDENADAS: **UTM ETRS89 31 X: 494 658 m Y: 4 368 373 m** **GEOGRÁFICAS 39,464919° N 2,937900° E**

REF PROYECTO:

DEPARTAMENTO: **UNIVERGY ESPAÑA**

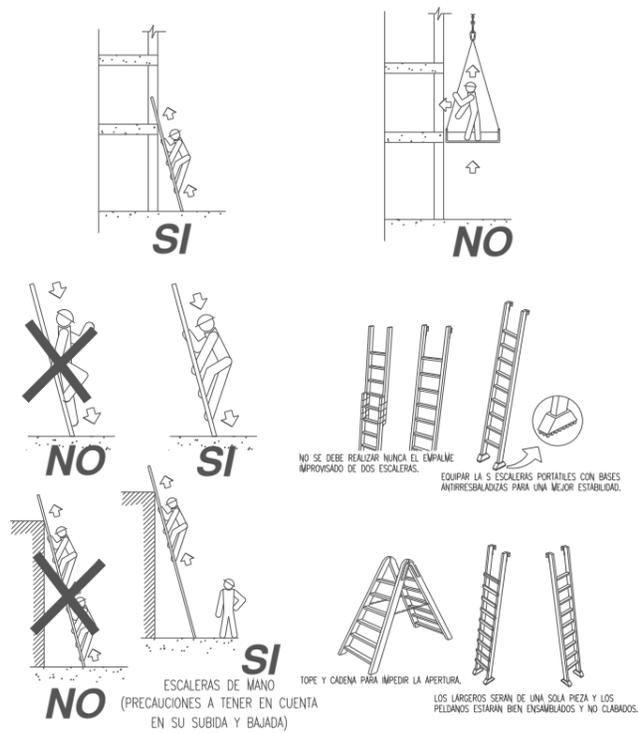
FECHA: **16/11/2022**

ESCALA: **S/E**

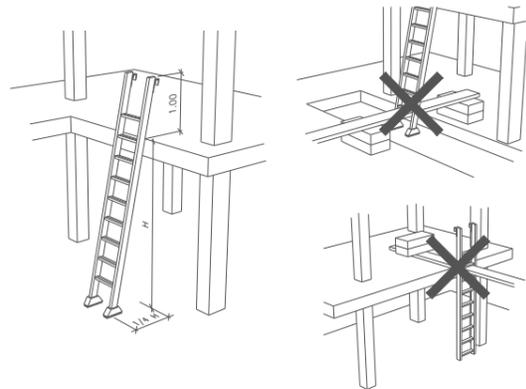
DISEÑADO POR: **NNC**

PR.MANAGEMENT: **TMG** Fdo. Ginés Martínez Pérez Colegiado nº 1280

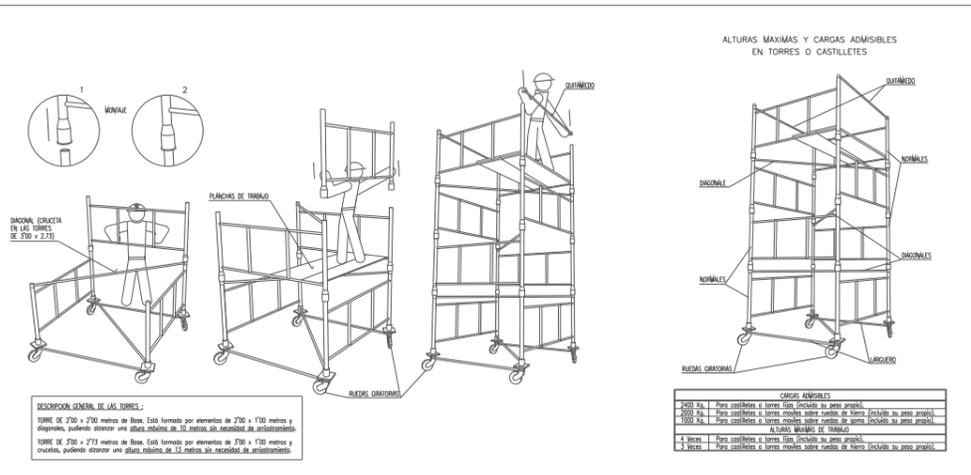
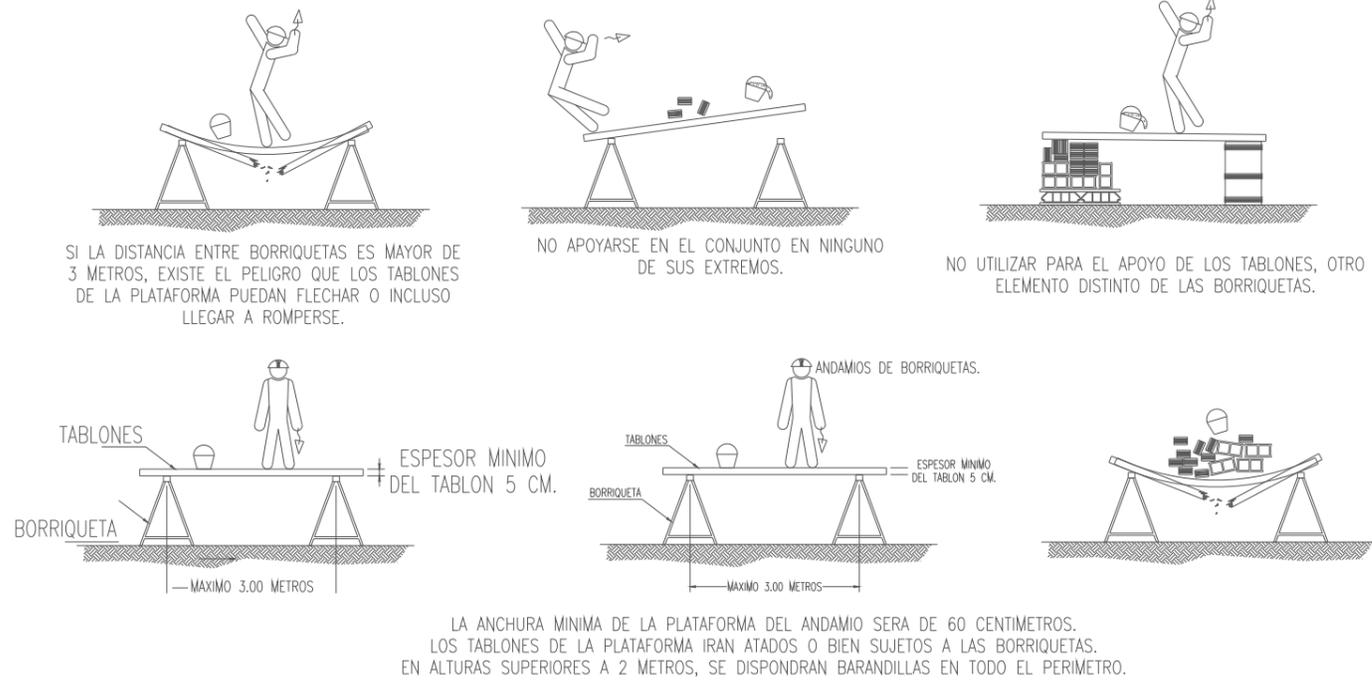
ESCALERAS DE MANO  
PRECAUCIONES A TENER EN CUENTA



POSICION CORRECTA DE ESCALERAS DE MANO POSICIONES INCORRECTAS DE ESCALERAS DE MANO



ANDAMIOS DE BORRIQUETAS.



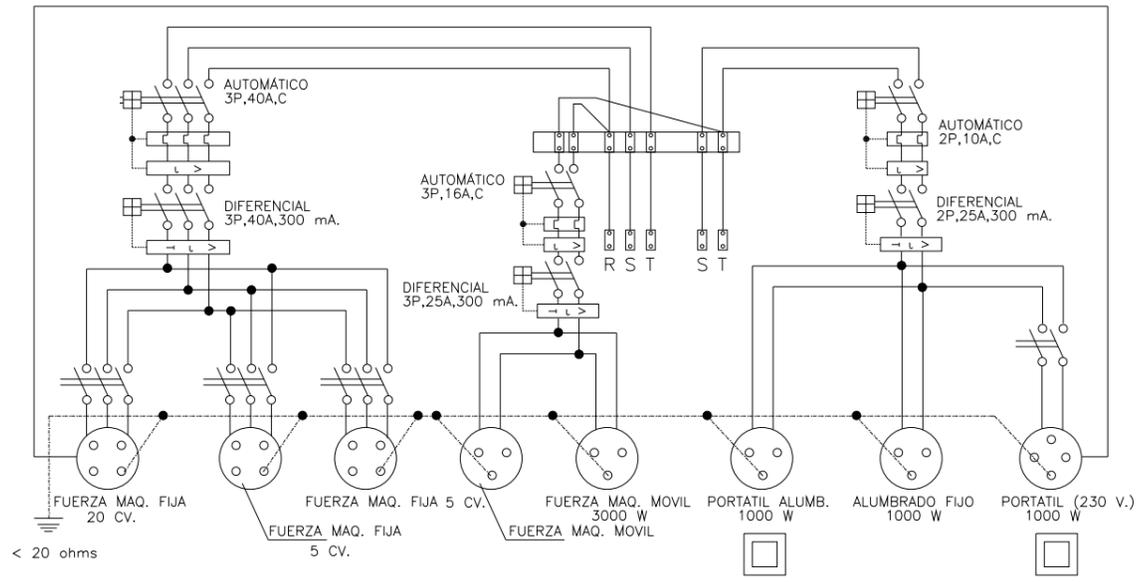
FECHA:	DESCRIPCIÓN:	REVISIÓN:
16/11/2022	ANDAMIOS Y ESCALERAS DE MANO	0

**UNIVERGY** **PRELIMINAR NO PARA CONSTRUCCIÓN**

PROYECTO:  
**PSFV SON MULET 999,00 kW LLUCMAJOR (ISLAS BALEARES)**

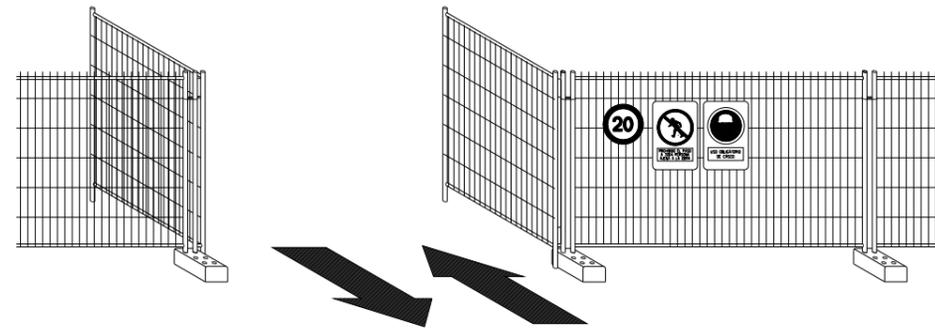
DESCRIPCIÓN DEL PLANO:  
**6.SS.4 ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD ANDAMIOS Y ESCALERAS DE MANO**

SITUACIÓN:	Polígono 19, parcela 740	
COORDENADAS:	UTM ETRS89 31 X: 494 658 m Y: 4 368 373 m	GEOGRÁFICAS 39,464919° N 2,937900° E
REF PROYECTO:		
DEPARTAMENTO:	UNIVERGY ESPAÑA	
FECHA:	16/11/2022	
ESCALA:	S/E	
DISEÑADO POR:	INGENIERO TÉC. INDUSTRIAL: NNC	
PR.MANAGEMENT:	Fdo. Ginés Martínez Pérez Colegiado nº 1280	

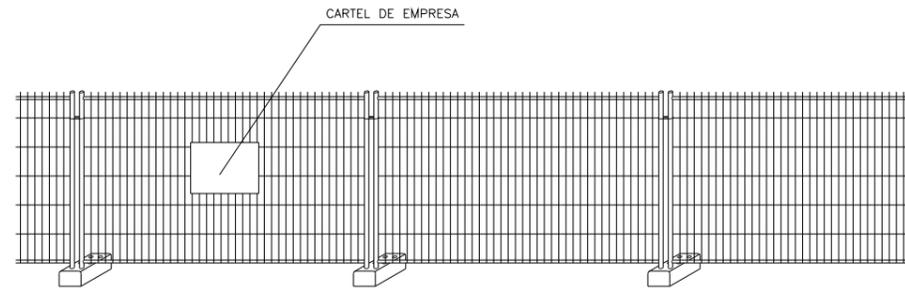


ESQUEMA UNIFILAR DEL CUADRO ELECTRICO DE OBRA

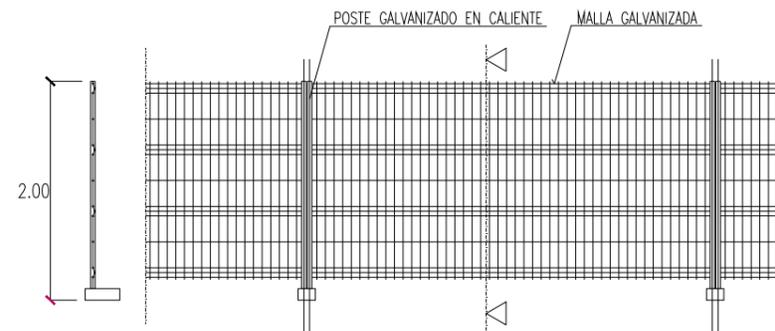
ENTRADA Y SALIDA DE VEHICULOS



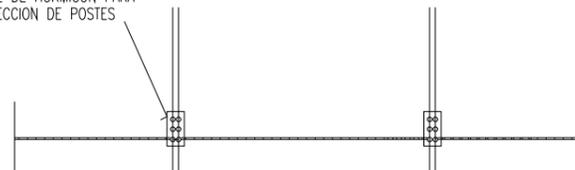
VALLA CERRAMIENTO DE OBRA



VALLA DE POSTES Y MALLA GALVANIZADA

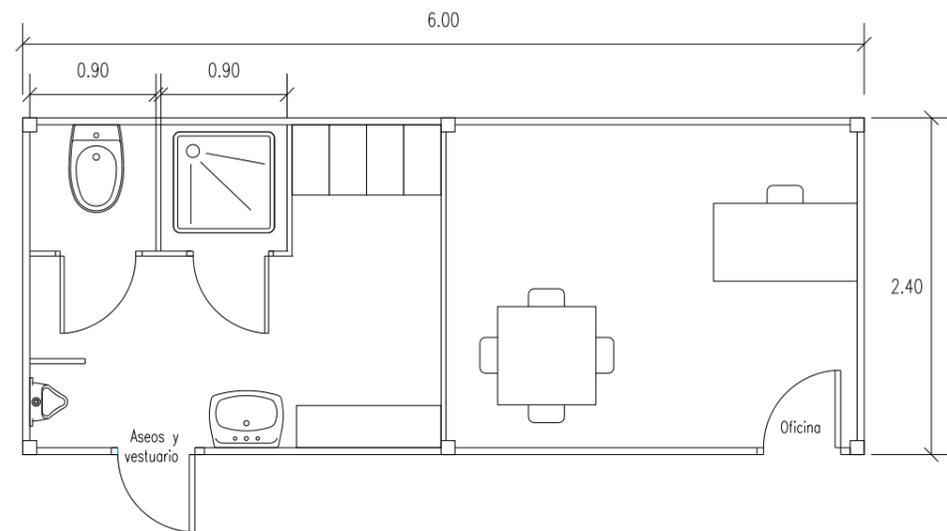


BASE DE HORMIGON PARA SUJECCION DE POSTES



ALAMBRE HORIZONTAL  $\phi$  4'5 mm.  
ALAMBRE VERTICAL  $\phi$  3'5 mm.  
POSTES  $\phi$  40 mm.

LAS UNIONES ENTRE POSTES SE REALIZARA MEDIANTE ACCESORIOS DE FIJACION INCORPORADOS



CASETA

Aseos, vestuario y oficina

FECHA:	DESCRIPCIÓN:	REVISIÓN:
16/11/2022	ESQ. UNIFILAR, VALLADO Y CASETA DE OBRA	0

**UNIVERGY** PRELIMINAR NO PARA CONSTRUCCIÓN

PROYECTO:  
**PSFV SON MULET  
999,00 kW  
LLUCMAJOR (ISLAS BALEARES)**

DESCRIPCIÓN DEL PLANO:  
**6.SS.5 ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD  
ESQUEMA UNIFILAR, VALLADO Y CASETA DE OBRA**

SITUACIÓN: **Polígono 19, parcela 740**

COORDENADAS: **UTM ETRS89 31 X: 494 658 m Y: 4 368 373 m** **GEOGRÁFICAS 39,464919° N 2,937900° E**

REF PROYECTO:

DEPARTAMENTO: **UNIVERGY ESPAÑA**

FECHA: **16/11/2022**

ESCALA: **S/E**

DISEÑADO POR: **INGENIERO TÉC. INDUSTRIAL: NNC**

PR.MANAGEMENT: **Fdo. Ginés Martínez Pérez Colegiado nº 1280**



# **DOCUMENTO N°4. PLIEGO DE CONDICIONES**

## ÍNDICE

	Página
1 DISPOSICIONES GENERALES .....	3
1.1 OBJETO .....	3
1.2 DOCUMENTACIÓN DEL CONTRATO DE OBRA.....	3
2 CONDICIONES FACULTATIVAS .....	4
2.1 DELIMITACIÓN GENERAL DE FUNCIONES TÉCNICAS .....	4
3 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA.....	6
3.1 CALIDAD DE LOS MATERIALES.....	6
3.2 NORMAS DE EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES .....	9
3.3 PRUEBAS REGLAMENTARIAS .....	10
3.4 CONDICIONES DE USO, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD .....	10
3.5 CERTIFICADOS Y DOCUMENTACIÓN .....	11
4 LÍNEA SUBTERRÁNEA DE ALTA TENSIÓN.....	12
4.1 DISPOSICIONES GENERALES .....	12
4.2 ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO .....	13
4.3 DISPOSICIÓN FINAL.....	17
5 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN .....	17
5.1 CALIDAD DE LOS MATERIALES.....	17
5.2 NORMAS DE EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES .....	21
5.3 PRUEBAS REGLAMENTARIAS .....	21
5.4 CONDICIONES DE USO, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD .....	22
5.5 CERTIFICADOS Y DOCUMENTACIÓN .....	23
6 RECEPCIONES DE LA INSTALACIÓN.....	24
6.1 RECEPCIONES PROVISIONALES .....	24
6.2 DOCUMENTACIÓN FINAL DE LA OBRA .....	24
6.3 MEDICIÓN DEFINITIVA Y LIQUIDACIÓN PROVISIONAL DE LA OBRA .....	24
6.4 CONSERVACIÓN DE LAS OBRAS RECIBIDAS PROVISIONALMENTE .....	25
6.5 DE LA RECEPCIÓN DEFINITIVA.....	25
6.6 PRÓRROGA DEL PLAZO DE GARANTÍA .....	25

# **1 DISPOSICIONES GENERALES**

## **1.1 OBJETO**

El presente documento, determina las condiciones a las que deberá sujetarse al contratista para la ejecución de las obras, así como a las instrucciones que dicta el director de la obra para resolver las dificultades que se presenten durante la misma.

Todo constructor/instalador queda sometido al cumplimiento de las prescripciones técnicas contenidas en esta documentación, en tanto en el particular de cada obra no se haya previsto ninguna especial que la invalide o la sustituya.

Es obligación del constructor el ejecutar cuanto sea necesario para la buena construcción y aspecto de las obras, aun cuando no se halle expresamente estipulado en el pliego de condiciones y dentro de los límites de posibilidades que los presupuestos determinen para cada unidad de obra y tipo de ejecución. En todo lo referente a la adquisición, recepción y empleo de los materiales que se utilicen en la obra, el contratista se atenderá a lo especificado en los capítulos correspondientes del presente pliego de condiciones. Lo mismo ocurrirá en todo lo referente a los materiales no utilizables y a los materiales y aparatos defectuosos.

## **1.2 DOCUMENTACIÓN DEL CONTRATO DE OBRA**

Integran el contrato los siguientes documentos relacionados por orden de prelación en cuanto al valor de sus especificaciones en caso de omisión o aparente contradicción:

- Las condiciones fijadas en el propio documento del contrato de empresa o arrendamiento de obra, si existiese.
- El Pliego de Condiciones
- El resto de documentación de Proyecto (memoria, planos, mediciones y presupuesto)
- Las órdenes e instrucciones de la Dirección facultativa de las obras se incorporan al proyecto como interpretación, complemento o precisión de sus determinaciones.

## **2 CONDICIONES FACULTATIVAS**

### **2.1 DELIMITACIÓN GENERAL DE FUNCIONES TÉCNICAS**

#### 2.1.1 Los Ingenieros Directores

Corresponde al Ingeniero Director:

- Redactar los complementos o rectificaciones del proyecto que se precisen.
- Asistir a las obras, cuantas veces lo requiera su naturaleza y complejidad, a fin de resolver las contingencias que se produzcan e impartir las instrucciones complementarias que sean precisas para conseguir la correcta solución arquitectónica.
- Coordinar la intervención en obra de otros técnicos que, en su caso, concurren a la dirección con función propia en aspectos parciales de su especialidad.
- Aprobar las certificaciones parciales de obra, la liquidación final y asesorar al promotor en el acto de la recepción.
- Preparar la documentación final de la obra y expedir y suscribir en unión del Ingeniero Técnico, el certificado final de la misma.

Corresponde la Ingeniero Director y al Ingeniero Técnico:

- Planificar, a la vista del proyecto, del contrato y de la normativa técnica de aplicación, el control de calidad y económico de las obras.
- Redactar, cuando se requiera, el estudio de los sistemas adecuados a los riesgos del trabajo en la realización de la obra y aprobar el Plan de Seguridad y Salud para la aplicación del mismo.
- Efectuar el replanteo de la obra y preparar el acta correspondiente, suscribiéndola en unión del Constructor.
- Comprobar las instalaciones provisionales, medios auxiliares y sistemas de seguridad y salud en el trabajo, controlando su correcta ejecución.
- Realizar o disponer las pruebas y ensayos de materiales, instalaciones y demás unidades de obra según las frecuencias de muestreo programadas en el plan de control, así como efectuar las demás comprobaciones que resulten necesarias para asegurar la calidad constructiva de acuerdo con el proyecto y la normativa técnica aplicable. De los resultados informará puntualmente al Constructor, impartándole, en su caso, las órdenes oportunas; de no resolverse la contingencia adoptará las medidas que corresponda dando cuenta al Ingeniero.
- Realizar las mediciones de obra ejecutada y dar conformidad, según las relaciones establecidas, a las certificaciones valoradas y a la liquidación final de la obra.
- Suscribir, el certificado final de obra.

#### 2.1.2 El Constructor

Corresponde al constructor:

- Organizar los trabajos de construcción, redactando los planes de obra que se precisen y proyectando o autorizando las instalaciones provisionales y medios auxiliares de la obra.
- Elaborar, cuando se requiera, el Plan de Seguridad y Salud de la obra en aplicación del estudio correspondiente, y disponer, en todo caso, la ejecución de las medidas preventivas, velando por su cumplimiento y por la observancia de la normativa vigente en materia de Seguridad y Salud en el trabajo.

- Suscribir con el Ingeniero y el Ingeniero Técnico, el acta de replanteo de la obra.
- Ordenar y dirigir la ejecución material con arreglo al proyecto, a las normas técnicas y a las reglas de la buena construcción. A tal efecto, ostenta la jefatura de todo el personal que intervenga en la obra y coordina las intervenciones de los subcontratistas.
- Asegurar la idoneidad de todos y cada uno de los materiales y elementos constructivos que se utilicen, comprobando los preparados en obra y rechazando, por iniciativa propia o por prescripción del Ingeniero Técnico, los suministros o prefabricados que no cuenten con las garantías o documentos de idoneidad requeridos por las normas de aplicación.
- Custodiar el Libro de órdenes y seguimiento de la obra, y dar el enterado a las anotaciones que se practiquen en el mismo.
- Facilitar al Ingeniero Técnico, con antelación suficiente, los materiales precisos para el cumplimiento de su cometido.
- Preparar las certificaciones parciales de obra y la propuesta de liquidación final.
- Suscribir con el Promotor las actas de recepción provisional y definitiva.
- Concertar los seguros de accidentes de trabajo y de daños a terceros durante la obra.

### 2.1.3 Mejoras y variaciones del proyecto

Si durante la ejecución del presente proyecto, fuera conveniente efectuar alguna modificación en las instalaciones a juicio del Director Técnico, el Contratista adjudicatario vendrá obligado a cumplir las instrucciones que éste dicte.

No se considerarán como mejoras ni variaciones del proyecto más que aquellas que hayan sido ordenanzas y/o autorizadas expresamente por escrito por el Director de Obra y convenido precio antes de proceder a su ejecución.

Las obras accesorias o delicadas, no incluidas en Los precios de la adjudicación, podrán ejecutarse con personal independiente del Contratista, si así lo solicitara el Director de la Obra.

## **3 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA**

### **3.1 CALIDAD DE LOS MATERIALES**

#### 3.1.1 Condiciones Generales

El Constructor tiene libertad de proveerse de los materiales y aparatos de todas clases en los puntos que le parezca conveniente siempre y cuando reúnan las condiciones especificadas en proyecto.

Obligatoriamente, y para proceder a su empleo o acopio, el Constructor o Instalador deberá presentar al Técnico una lista completa de los materiales y aparatos que vaya a utilizar en la que se indiquen todas las indicaciones sobre marcas, calidades, procedencia e idoneidad de cada uno de ellos.

Todos los materiales que emplear en la presente instalación serán de primera calidad y reunirán las condiciones exigidas en la memoria y demás disposiciones vigentes referentes a materiales y prototipos de construcción.

Todos los materiales podrán ser sometidos a los análisis o pruebas, por cuenta de la contrata, que se crean necesarios para acreditar su calidad. Cualquier otro que haya sido especificado y sea necesario emplear deberá ser aprobado por la Dirección Técnica, bien entendiendo que será rechazado el que no reúna las condiciones exigidas por la buena práctica de la instalación.

Asimismo, el funcionamiento de estas instalaciones no podrá dar origen a condiciones peligrosas de trabajo para el personal de mantenimiento y explotación de la red de distribución.

Se incluirán todos los elementos necesarios de seguridad y protecciones propias de las personas y de la instalación fotovoltaica, asegurando la protección frente a contactos directos e indirectos, cortocircuitos, sobrecargas, así como otros elementos y protecciones que resulten de la aplicación de la legislación vigente.

El acopio de materiales se hará de forma que estos no sufran alteraciones durante su depósito en la obra, debiendo retirar y reemplazar todos los que hubieran sufrido alguna descomposición o defecto durante su estancia, manipulación o colocación en la obra. Los materiales situados en intemperie se protegerán contra los agentes ambientales, en particular contra el efecto de la radiación solar y la humedad.

Los materiales no consignados en proyecto que dieran lugar a precios contradictorios reunirán las condiciones de bondad necesarias, a juicio de la Dirección Facultativa, no teniendo el contratista derecho a reclamación alguna por estas condiciones exigidas.

Todos los trabajos incluidos en el presente proyecto se ejecutarán esmeradamente, con arreglo a las buenas prácticas de las instalaciones eléctricas, de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, y cumpliendo estrictamente las instrucciones recibidas por la Dirección Facultativa, no pudiendo, por tanto, servir de pretexto al contratista la baja en subasta, para variar esa esmerada ejecución ni la primerísima calidad de las instalaciones proyectadas en cuanto a sus materiales y mano de obra, ni pretender proyectos adicionales.

El Constructor o Instalador, a su costa, transportará y colocará, agrupándolos ordenadamente y en el lugar adecuado, los materiales procedentes de las excavaciones, derribos, etc., que no sean utilizables en la obra.

Se retirarán de esta o se llevarán al vertedero, cuando así estuviese establecido en el Pliego de Condiciones particulares vigentes en la obra.

Si no se hubiese preceptuado nada, se retirarán de ella cuando así lo ordene el Técnico.

### 3.1.2 Obra civil

#### 3.1.2.1 Preparación del terreno

El terreno es completamente llano, no es necesaria la adaptación del terreno para realizar la instalación. Se necesita, desbroce de terreno y limpieza de restos de hierbas para poder dejar el terreno lo más limpio posible y facilitar la instalación.

Se dispondrá de un camino perimetral para permitir el paso a la hora de realizar labores de operación y mantenimiento, así como el paso de vehículos y acceso a las instalaciones colindantes con un ancho de 3,5 m. Las distancias existentes entre los módulos y el camino perimetral serán como mínimo de 0,5 m.

Se realizará un vallado parcial de la parcela, vallando la zona donde se sitúa la instalación, con el objeto de proteger los equipos e impedir la entrada de personas ajenas a la instalación. El vallado tendrá las características que se contemplan en proyecto. Se prevé la colocación de, al menos, una puerta de doble hoja de simple torsión que permita la entrada de material y personas a la instalación una vez vallado la parcela.

#### 3.1.2.2 Canalizaciones

Las zanjas para el tendido de los cables ha de ser de la anchura suficiente para permitir el trabajo de un hombre, salvo que el tendido se haga por medios mecánicos. Sobre el fondo de la zanja se colocará una capa de arena o material de características equivalentes de espesor mínimo 0,05 m y exenta de cuerpos extraños. Los laterales de la zanja han de ser compactos y no deben desprender piedras o tierra. La zanja se protegerá con estribas u otros medios para asegurar su estabilidad, conforme a la normativa de riesgos laborales. Por encima del cable se dispondrá otra capa de 0,1 m de espesor que podrá ser de arena o material con características equivalentes.

Para proteger el cable frente a excavaciones, estos deben de tener una protección mecánica que en las condiciones de instalación soporte un impacto puntual de una energía de 20 J y que cubra la proyección en planta de los cables, así como una cinta de señalización que advierta de la existencia del cableado. Se admitirá también la colocación de placas con doble misión de protección mecánica y de señalización.

Las canalizaciones de baja tensión serán enterradas bajo tubo conforme a las especificaciones del apartado 1.2.4. de la ITC-BT-21. No instalándose más de un circuito por tubo.

Se evitarán, en lo posible, los cambios de dirección de los tubos. En los puntos donde se produzcan y para facilitar la manipulación de los cables, se dispondrán arquetas con tapa, registrables o no. A la entrada en las arquetas, los tubos deberán quedar debidamente sellados en sus extremos para evitar la entrada de roedores y de agua.

### 3.1.3 Sistemas generadores fotovoltaicos

El módulo fotovoltaico llevará de forma claramente visible e indeleble el modelo y nombre o logotipo del fabricante, así como una identificación individual o número de serie trazable a la fecha de fabricación.

Se utilizarán módulos que se ajusten a las características técnicas descritas en proyecto.

Será rechazado cualquier módulo que presente defectos de fabricación como roturas o manchas en cualquiera de sus elementos, así como falta de alineación en las células o burbujas en el encapsulante.

Será deseable una alta eficiencia de las células.

La estructura del generador se conectará a tierra.

Por motivos de seguridad y para facilitar el mantenimiento y reparación del generador, se instalarán los elementos necesarios (fusibles, interruptores, etc.) para la desconexión, de forma independiente y en ambos terminales, de cada una de las ramas del resto del generador.

Los módulos fotovoltaicos estarán garantizados por el fabricante.

Aquellos módulos que no puedan ser ensayados según estas normas citadas, deberán acreditar el cumplimiento de los requisitos mínimos establecidos en las mismas por otros medios, y con carácter previo a su inscripción definitiva en el registro de régimen especial dependiente del órgano competente. Será necesario justificar la imposibilidad de ser ensayados, así como la acreditación del cumplimiento de dichos requisitos.

### 3.1.4 Estructura soporte

Las estructuras soporte deberán cumplir las especificaciones:

La estructura soporte de módulos ha de resistir, con los módulos instalados, las sobrecargas del viento y nieve, de acuerdo con lo indicado en la normativa de aplicación.

La estructura y el sistema de fijación de módulos, permitirá las necesarias dilataciones térmicas, sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los módulos, siguiendo las indicaciones del fabricante.

Los puntos de sujeción para el módulo fotovoltaico serán suficientes en número, teniendo en cuenta el área de apoyo y posición relativa.

La estructura se protegerá superficialmente contra la acción de los agentes ambientales. La realización de taladros en la estructura se llevará a cabo antes de proceder, en su caso, al galvanizado o protección de la estructura.

La tornillería será realizada en acero inoxidable. En el caso de que la estructura sea galvanizada se admitirán tornillos galvanizados, exceptuando la sujeción de los módulos a la misma, que serán de acero inoxidable.

Los topes de sujeción de módulos y la propia estructura no arrojarán sombra sobre los módulos.

La estructura soporte será calculada según la normativa vigente para soportar cargas extremas debidas a factores climatológicos adversos, tales como viento, nieve, etc.

### 3.1.5 Inversores

Serán del tipo adecuado para la conexión a la red eléctrica, con una potencia de entrada variable para que sean capaces de extraer en todo momento la máxima potencia que el generador fotovoltaico puede proporcionar a lo largo de cada día.

Los inversores cumplirán con las directivas comunitarias de Seguridad Eléctrica y Compatibilidad Electromagnética (ambas se certificarán por el fabricante), incorporando protecciones frente a:

- Cortocircuitos en alterna.
- Tensión de red fuera de rango.
- Frecuencia de red fuera de rango.
- Sobretensiones, mediante varistores o similares.
- Perturbaciones presentes en la red como microcortes, pulsos, defectos de ciclos, ausencia y retorno de la red, etc.

Cada inversor dispondrá de las señalizaciones necesarias para su correcta operación, e incorporará los controles automáticos imprescindibles que aseguren su adecuada supervisión y manejo.

Cada inversor incorporará, al menos, los controles manuales siguientes:

- Encendido y apagado general del inversor.
- Conexión y desconexión del inversor a la interfaz CA.

Las características eléctricas de los inversores serán las que se detallan en proyecto.

### 3.1.6 Cableado

Todos los cables están fabricados en cobre y aluminio. La sección de los cables permite que la caída de tensión entre los módulos fotovoltaicos y el inversor sea inferior al 1,5% y, por lo tanto, la pérdida de potencia debido al cableado será inferior al 1,5%.

El cable deberá tener la longitud necesaria para no generar esfuerzos en los diversos elementos ni posibilidad de enganche por el tránsito normal de personas.

Para el cableado se tendrá en cuenta lo establecido en la ITC-BT-40, y la tabla 52-B2 de la norma UNE 20460-5-523.

### 3.1.7 Protecciones

Las protecciones de la instalación se dimensionarán según la normativa

Puesta a tierra de las instalaciones fotovoltaicas

La instalación contra rayos y puesta a tierra se construirá según normas y reglas VDE y DIN, aplicando piezas de construcción según normas DIN48801 hasta 48852. Se dejará completa y lista para el servicio.

Se unirán al sistema de tierras las partes metálicas de las estructuras, así como las carcasas de los inversores y todos los elementos metálicos con posibilidad de entrar en contacto con partes activas de la instalación. Esta red de tierras será independiente de la tierra del neutro del transformador, así como de la de protección del centro de transformación

### 3.1.8 Criterios de Medición

Las unidades de obra serán medidas con arreglo a lo especificado en la normativa vigente, o bien, tal como figuren dichas unidades en el Estado de Mediciones del Proyecto. A las unidades medidas se les aplicarán los precios que figuren en el Presupuesto, en los cuales se consideran incluidos todos los gastos de transporte, indemnizaciones y el importe de los derechos fiscales con los que se hallen gravados por las distintas Administraciones, además de los gastos generales de la contrata. Si hubiera necesidad de realizar alguna unidad de obra no comprendida en el Proyecto, se formalizará el correspondiente precio contradictorio.

## 3.2 NORMAS DE EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES

Todas las normas de construcción e instalación de la planta se ajustarán, en todo caso, a los planos, mediciones y calidades que se expresan en proyecto, así como a las directrices que la Dirección Facultativa estime oportunas.

Además del cumplimiento de lo expuesto, las instalaciones se ajustarán a las normativas que le pudieran afectar, emanadas por organismos oficiales y en particular las de la compañía distribuidora.

### **3.3 PRUEBAS REGLAMENTARIAS**

El instalador entregará al usuario un documento-albarán en el que conste el suministro de componentes, materiales y manuales de uso y mantenimiento de la instalación. Este documento será firmado por duplicado por ambas partes, conservando cada una un ejemplar. Los manuales entregados al usuario estarán en alguna de las lenguas oficiales españolas para facilitar su correcta interpretación.

Antes de la puesta en servicio de todos los elementos principales (módulos, inversores, contadores) éstos deberán haber superado las pruebas de funcionamiento en fábrica, de las que se levantará oportuna acta que se adjuntará con los certificados de calidad.

Las pruebas a realizar por el instalador serán como mínimo las siguientes:

- Funcionamiento y puesta en marcha de todos los sistemas.
- Pruebas de arranque y parada en distintos instantes de funcionamiento.
- Pruebas de los elementos y medidas de protección, seguridad y alarma, así como su actuación, con excepción de las pruebas referidas al interruptor automático de la desconexión.
- Determinación de la potencia instalada.

### **3.4 CONDICIONES DE USO, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD**

#### **3.4.1 Programa de mantenimiento**

Se definen dos escalones de actuación para englobar todas las operaciones necesarias durante la vida útil de la instalación para asegurar el funcionamiento, aumentar la producción y prolongar la duración de la misma:

- Mantenimiento preventivo.
- Mantenimiento correctivo.

Plan de mantenimiento preventivo: operaciones de inspección visual, verificación de actuaciones y otras, que aplicadas a la instalación deben permitir mantener dentro de límites aceptables las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de la misma.

Periódicamente, se harán labores de limpieza manual o mecánica, en función del estado, para combatir la acumulación de polvo o sal sobre las placas solares.

Plan de mantenimiento correctivo: todas las operaciones de sustitución necesarias para asegurar que el sistema funciona correctamente durante su vida útil.

El mantenimiento debe realizarse por personal técnico cualificado.

Realización de un informe técnico de cada una de las visitas, en el que se refleje el estado de las instalaciones y las incidencias acaecidas.

Registro de las operaciones de mantenimiento realizadas en un libro de mantenimiento, en el que constará la identificación del personal de mantenimiento (nombre, titulación y autorización de la empresa).

#### **3.4.2 Medidas de seguridad**

Las centrales fotovoltaicas, independientemente de la tensión a la que estén conectadas a la red, estarán equipadas con un sistema de protecciones que garantice su desconexión en caso de un fallo en la red o fallos internos en la instalación de la propia central, de manera que no perturben

el correcto funcionamiento de las redes a las que estén conectadas, tanto en la explotación normal como durante el incidente.

Las centrales fotovoltaicas deberán estar dotadas de los medios necesarios para admitir un reenganche de la red de distribución sin que se produzcan daños. Asimismo, no producirán sobretensiones que puedan causar daños en otros equipos, incluso en el transitorio de paso a isla, con cargas bajas o sin carga. Igualmente, los equipos instalados deberán cumplir los límites de emisión de perturbaciones indicados en las normas nacionales e internacionales de compatibilidad electromagnética.

### **3.5 CERTIFICADOS Y DOCUMENTACIÓN**

Se aportará, para la tramitación de este proyecto ante los organismos públicos, la documentación siguiente:

- Autorización Administrativa.
- Proyecto, suscrito por técnico competente.
- Certificado de instalación emitido por empresa instaladora en líneas de alta tensión.
- Certificado de tensiones de paso y contacto, por parte de empresa homologada.
- Certificado de Dirección de Obra.
- Contrato de mantenimiento.
- Escrito de conformidad por parte de la Compañía Eléctrica suministradora.

#### 3.5.1 Libro de órdenes

Se dispondrá en este centro del correspondiente libro de órdenes en el que se harán constar las incidencias surgidas en el transcurso de su ejecución y explotación.

## **4 LÍNEA SUBTERRÁNEA DE ALTA TENSIÓN**

### **4.1 DISPOSICIONES GENERALES**

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.

El Contratista deberá estar clasificado, según Orden del Ministerio de Hacienda, en el Grupo, Subgrupo y Categoría correspondientes al Proyecto y que se fijará en el Pliego de Condiciones Particulares, en caso de que proceda.

#### 4.1.1 Condiciones facultativas legales

Las obras del Proyecto, además de lo prescrito en el presente Pliego de Condiciones, se regirán por lo especificado en:

- a) Reglamentación General de Contratación según Real Decreto 1098/2001, de 12 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento general de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas.
- b) Pliego de Condiciones Generales para la Contratación de Obras Públicas aprobado por Decreto 3854/70, de 31 de diciembre.
- c) Artículo 1588 y siguientes del Código Civil, en los casos que sea procedente su aplicación al contrato de que se trate.
- d) Decreto de 12 de marzo de 1954 por el que se aprueba el Reglamento de Verificaciones eléctricas y Regularidad en el suministro de energía.
- e) Ley 31/1995, de 8 de noviembre, sobre Prevención de Riesgos laborales y RD 162/97 sobre Disposiciones mínimas en materia de Seguridad y Salud en las Obras de Construcción.
- f) Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.

#### 4.1.2 Seguridad en el trabajo

El Contratista está obligado a cumplir las condiciones que se indican en el apartado "f" del párrafo 3.1. de este Pliego de Condiciones y cuantas en esta materia fueran de pertinente aplicación.

Asimismo, deberá proveer cuanto fuese preciso para el mantenimiento de las máquinas, herramientas, materiales y útiles de trabajo en 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; los metros, reglas, mangos de aceiteras, útiles limpiadores, etc. que se utilicen no deben ser de material conductor. Se llevarán las herramientas o equipos en bolsas y se utilizará calzado aislante o al menos sin herrajes ni clavos en suelas.

El personal de la Contrata viene obligado a usar todos los dispositivos y medios de protección personal, herramientas y prendas de seguridad exigidos para eliminar o reducir los riesgos profesionales tales como casco, gafas, banqueta aislante, etc. pudiendo el Director de 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.

#### 4.1.3 Seguridad pública

El Contratista deberá tomar todas las precauciones máximas en todas las operaciones y usos de equipos para proteger a las personas, animales y cosas de los peligros procedentes del trabajo, siendo de su cuenta las responsabilidades que por tales accidentes se ocasionen.

El Contratista mantendrá póliza de Seguros que proteja suficientemente a él y a sus empleados u obreros frente a las responsabilidades por daños, responsabilidad civil, etc. que en uno y otro pudieran incurrir para el Contratista o para terceros, como consecuencia de la ejecución de los trabajos.

## 4.2 ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO

El Contratista ordenará los trabajos en la forma más eficaz para la perfecta ejecución de los mismos y las obras se realizarán siempre siguiendo las indicaciones del Director de Obra, al amparo de las condiciones siguientes:

#### 4.2.1 Datos de la obra

Se entregará al Contratista una copia de los planos y pliegos de condiciones del Proyecto, así como cuantos planos o datos necesite para la completa ejecución de la Obra.

El Contratista podrá tomar nota o sacar copia a su costa de la Memoria, Presupuesto y Anexos del Proyecto, así como segundas copias de todos los documentos.

El Contratista se hace responsable de la buena conservación de los originales de donde obtenga las copias, los cuales serán devueltos al Director de Obra después de su utilización.

Por otra parte, en un plazo máximo de dos meses, después de la terminación de los trabajos, el Contratista deberá actualizar los diversos planos y documentos existentes, de acuerdo con las características de la obra terminada, entregando al Director de Obra dos expedientes completos relativos a los trabajos realmente ejecutados.

No se harán por el Contratista alteraciones, correcciones, omisiones, adiciones o variaciones sustanciales en los datos fijados en el Proyecto, salvo aprobación previa por escrito del Director de Obra.

#### 4.2.2 Replanteo de la obra

El Director de Obra, una vez que el Contratista esté en posesión del Proyecto y antes de comenzar las obras, deberá hacer el replanteo de las mismas, con especial atención en los puntos singulares, entregando al Contratista las referencias y datos necesarios para fijar completamente la ubicación de los mismos.

Se levantará por duplicado Acta, en la que constarán, claramente, los datos entregados, firmado por el Director de Obra y por el representante del Contratista.

Los gastos de replanteo serán de cuenta del Contratista.

#### 4.2.3 Mejoras y variaciones del proyecto

No se considerarán como mejoras ni variaciones del Proyecto más que aquellas que hayan sido ordenadas expresamente por escrito por el Director de Obra y convenido precio antes de proceder a su ejecución.

Las obras accesorias o delicadas, no incluidas en los precios de adjudicación, podrán ejecutarse con personal independiente del Contratista.

#### 4.2.4 Recepción del material

El Director de Obra de acuerdo con el Contratista dará a su debido tiempo su aprobación sobre el material suministrado y confirmará que permite una instalación correcta.

La vigilancia y conservación del material suministrado será por cuenta del Contratista.

#### 4.2.5 Organización

El Contratista actuará de patrono legal, aceptando todas las responsabilidades correspondientes y quedando obligado al pago de los salarios y cargas que legalmente están establecidas, y en general, a todo cuanto se legisle, decrete u ordene sobre el particular antes o durante la ejecución de la obra.

Dentro de lo estipulado en el Pliego de Condiciones, la organización de la Obra, así como la determinación de la procedencia de los materiales que se empleen, estará a cargo del Contratista a quien corresponderá la responsabilidad de la seguridad contra accidentes.

El Contratista deberá, sin embargo, informar al Director de Obra de todos los planes de organización técnica de la Obra, así como de la procedencia de los materiales y cumplimentar cuantas órdenes le dé éste en relación con datos extremos.

En las obras por administración, el Contratista deberá dar cuenta diaria al Director de Obra de la admisión de personal, compra de materiales, adquisición o alquiler de elementos auxiliares y cuantos gastos haya de efectuar. Para los contratos de trabajo, compra de material o alquiler de elementos auxiliares, cuyos salarios, precios o cuotas sobrepasen en más de un 5% de los normales en el mercado, solicitará la aprobación previa del Director de Obra, quien deberá responder dentro de los ocho días siguientes a la petición, salvo casos de reconocida urgencia, en los que se dará cuenta posteriormente.

#### 4.2.6 Ejecución de las obras

Las obras se ejecutarán conforme al Proyecto y a las condiciones contenidas en este Pliego de Condiciones y en el Pliego Particular si lo hubiera y de acuerdo con las especificaciones señaladas en el de Condiciones Técnicas.

El Contratista, salvo aprobación por escrito del Director de Obra, no podrá hacer ninguna alteración o modificación de cualquier naturaleza tanto en la ejecución de la obra en relación con el Proyecto como en las Condiciones Técnicas especificadas, sin perjuicio de lo que en cada momento pueda ordenarse por el Director de Obra a tenor de lo dispuesto en el último párrafo del apartado 4.1.

El Contratista no podrá utilizar en los trabajos personal que no sea de su exclusiva cuenta y cargo, salvo lo indicado en el apartado 4.3.

Igualmente, será de su exclusiva cuenta y cargo aquel personal ajeno al propiamente manual y que sea necesario para el control administrativo del mismo.

El Contratista deberá tener al frente de los trabajos un técnico suficientemente especializado a juicio del Director de Obra.

#### 4.2.7 Subcontratación de las obras

Salvo que el contrato disponga lo contrario o que de su naturaleza y condiciones se deduzca que la Obra ha de ser ejecutada directamente por el adjudicatario, podrá éste concertar con terceros la realización de determinadas unidades de obra.

La celebración de los subcontratos estará sometida al cumplimiento de los siguientes requisitos:

a) Que se dé conocimiento por escrito al Director de Obra del subcontrato a celebrar, con indicación de las partes de obra a realizar y sus condiciones económicas, a fin de que aquél lo autorice previamente.

b) Que las unidades de obra que el adjudicatario contrate con terceros no exceda del 50% del presupuesto total de la obra principal.

En cualquier caso, el Contratista no quedará vinculado en absoluto ni reconocerá ninguna obligación contractual entre él y el subcontratista y cualquier subcontratación de obras no eximirá al Contratista de ninguna de sus obligaciones respecto al Contratante.

#### 4.2.8 Plazo de ejecución

Los plazos de ejecución, total y parciales, indicados en el contrato, se empezarán a contar a partir de la fecha de replanteo.

El Contratista estará obligado a cumplir con los plazos que se señalen en el contrato para la ejecución de las obras y que serán improrrogables.

No obstante lo anteriormente indicado, los plazos podrán ser objeto de modificaciones cuando así resulte por cambios determinados por el Director de Obra debidos a exigencias de la realización de las obras y siempre que tales cambios influyan realmente en los plazos señalados en el contrato.

Si por cualquier causa, ajena por completo al Contratista, no fuera posible empezar los trabajos en la fecha prevista o tuvieran que ser suspendidos una vez empezados, se concederá por el Director de Obra, la prórroga estrictamente necesaria.

#### 4.2.9 Recepción provisional

Una vez terminadas las obras y a los quince días siguientes a la petición del Contratista se hará la recepción provisional de las mismas por el Contratante, requiriendo para ello la presencia del Director de Obra y del representante del Contratista, levantándose la correspondiente Acta, en la que se hará constar la conformidad con los trabajos realizados, si este es el caso. Dicho Acta será firmada por el Director de Obra y el representante del Contratista, dándose la obra por recibida si se ha ejecutado correctamente de acuerdo con las especificaciones dadas en el Pliego de Condiciones Técnicas y en el Proyecto correspondiente, comenzándose entonces a contar el plazo de garantía.

En el caso de no hallarse la Obra en estado de ser recibida, se hará constar así en el Acta y se darán al Contratista las instrucciones precisas y detalladas para remediar los defectos observados, fijándose un plazo de ejecución. Expirado dicho plazo, se hará un nuevo reconocimiento. Las obras de reparación serán por cuenta y a cargo del Contratista. Si el Contratista no cumpliera estas prescripciones podrá declararse rescindido el contrato con pérdida de la fianza.

La forma de recepción se indica en el Pliego de Condiciones Técnicas correspondiente.

#### 4.2.10 Periodos de garantía

El periodo de garantía será el señalado en el contrato y empezará a contar desde la fecha de aprobación del Acta de Recepción.

Hasta que tenga lugar la recepción definitiva, el Contratista es responsable de la conservación de la Obra, siendo de su cuenta y cargo las reparaciones por defectos de ejecución o mala calidad de los materiales.

Durante este periodo, el Contratista garantizará al Contratante contra toda reclamación de terceros, fundada en causa y por ocasión de la ejecución de la Obra.

#### 4.2.11 Recepción definitiva

Al terminar el plazo de garantía señalado en el contrato o en su defecto a los seis meses de la recepción provisional, se procederá a la recepción definitiva de las obras, con la concurrencia del Director de Obra y del representante del Contratista levantándose el Acta correspondiente, por duplicado (si las obras son conformes), que quedará firmada por el Director de Obra y el representante del Contratista y ratificada por el Contratante y el Contratista.

#### 4.2.12 Pago de obras

El pago de obras realizadas se hará sobre Certificaciones parciales que se practicarán mensualmente. Dichas Certificaciones contendrán solamente las unidades de obra totalmente terminadas que se hubieran ejecutado en el plazo a que se refieran. La relación valorada que figure en las Certificaciones, se hará con arreglo a los precios establecidos, reducidos en un 10% y con la cubicación, planos y referencias necesarias para su comprobación.

Serán de cuenta del Contratista las operaciones necesarias para medir unidades ocultas o enterradas, si no se ha advertido al Director de Obra oportunamente para su medición.

La aceptación o reparos deberán quedar terminados por ambas partes en un plazo de quince días.

El Director de Obra expedirá las Certificaciones de las obras ejecutadas que tendrán carácter de documentos provisionales a buena cuenta, rectificables por la liquidación definitiva o por cualquiera de las Certificaciones siguientes, no suponiendo por otra parte, aprobación ni recepción de las obras ejecutadas y comprendidas en dichas Certificaciones.

#### 4.2.13 Abono de materiales acopiados

Cuando a juicio del Director de Obra no haya peligro de que desaparezca o se deterioren los materiales acopiados y reconocidos como útiles, se abonarán con arreglo a los precios descompuestos de la adjudicación. Dicho material será indicado por el Director de Obra que lo reflejará en el Acta de recepción de Obra, señalando el plazo de entrega en los lugares previamente indicados. El Contratista será responsable de los daños que se produzcan en la carga, transporte y descarga de este material.

La restitución de las bobinas vacías se hará en el plazo de un mes, una vez que se haya instalado el cable que contenían. En caso de retraso en su restitución, deterioro o pérdida, el Contratista se hará también cargo de los gastos suplementarios que puedan resultar.

### **4.3 DISPOSICIÓN FINAL**

La concurrencia a cualquier Subasta, Concurso o Concurso-Subasta cuyo Proyecto incluya el presente Pliego de Condiciones Generales, presupone la plena aceptación de todas y cada una de sus cláusulas.

## **5 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN**

### **5.1 CALIDAD DE LOS MATERIALES**

#### 5.1.1 Condiciones Generales

El Constructor tiene libertad de proveerse de los materiales y aparatos de todas clases en los puntos que le parezca conveniente siempre y cuando reúnan las condiciones especificadas en proyecto.

Obligatoriamente, y para proceder a su empleo o acopio, el Constructor o Instalador deberá presentar al Técnico una lista completa de los materiales y aparatos que vaya a utilizar en la que se indiquen todas las indicaciones sobre marcas, calidades, procedencia e idoneidad de cada uno de ellos.

Todos los materiales a emplear en la presente instalación serán de primera calidad y reunirán las condiciones exigidas en la memoria y demás disposiciones vigentes referentes a materiales y prototipos de construcción.

Todos los materiales podrán ser sometidos a los análisis o pruebas, por cuenta de la contrata, que se crean necesarios para acreditar su calidad. Cualquier otro que haya sido especificado y sea necesario emplear deberá ser aprobado por la Dirección Técnica, bien entendiéndose que será rechazado el que no reúna las condiciones exigidas por la buena práctica de la instalación.

Asimismo, el funcionamiento de estas instalaciones no podrá dar origen a condiciones peligrosas de trabajo para el personal de mantenimiento y explotación de la red de distribución.

Se incluirán todos los elementos necesarios de seguridad y protecciones propias de las personas y de la instalación fotovoltaica, asegurando la protección frente a contactos directos e indirectos, cortocircuitos, sobrecargas, así como otros elementos y protecciones que resulten de la aplicación de la legislación vigente.

El acopio de materiales se hará de forma que estos no sufran alteraciones durante su depósito en la obra, debiendo retirar y reemplazar todos los que hubieran sufrido alguna descomposición o defecto durante su estancia, manipulación o colocación en la obra. Los materiales situados en intemperie se protegerán contra los agentes ambientales, en particular contra el efecto de la radiación solar y la humedad.

Los materiales no consignados en proyecto que dieran lugar a precios contradictorios reunirán las condiciones de bondad necesarias, a juicio de la Dirección Facultativa, no teniendo el contratista derecho a reclamación alguna por estas condiciones exigidas.

Todos los trabajos incluidos en el presente proyecto se ejecutarán esmeradamente, con arreglo a las buenas prácticas de las instalaciones eléctricas, de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, y cumpliendo estrictamente las instrucciones recibidas por la Dirección Facultativa, no pudiendo, por tanto, servir de pretexto al contratista la baja en subasta, para variar esa esmerada ejecución ni la primerísima calidad de las instalaciones proyectadas en cuanto a sus materiales y mano de obra, ni pretender proyectos adicionales.

### 5.1.2 Obra civil

El Centro estará ubicado en una construcción prefabricada independiente destinada únicamente a esta finalidad. Será de tipo interior, empleando para su aparellaje celdas prefabricadas bajo envolvente metálica según norma UNE-EN 62271-200. Según la Memoria del presente proyecto, tendrá las siguientes características:

- **Facilidad de instalación:** La innecesaria cimentación y el montaje en fábrica permitirán asegurar una cómoda y fácil instalación.
- **Material:** El material empleado en la fabricación de las piezas (bases, paredes y techos) es hormigón armado
- **Equipotencialidad:** De acuerdo con la Recomendación UNESA 1303-A, el edificio prefabricado estará construido de tal manera que, una vez instalado, su interior sea una superficie equipotencial. Ningún elemento metálico unido al sistema equipotencial será accesible desde el exterior.
- **Impermeabilidad:** Los techos estarán diseñados de tal forma que se impidan las filtraciones y la acumulación de agua sobre éstos, desaguando directamente al exterior desde su perímetro.
- **Grados de protección:** Se especifican en proyecto de forma detallada. Serán conformes a la UNE-EN 60529:2018/A2:2018 de tal forma que la parte exterior del edificio prefabricado será de IP23, excepto las rejillas de ventilación donde el grado de protección será de IP33.

El acceso al C.T. estará restringido al personal de la Cía. Eléctrica suministradora y al personal de mantenimiento especialmente autorizado. Se dispondrá de una puerta peatonal cuyo sistema de cierre permitirá el acceso a ambos tipos de personal, teniendo en cuenta que el primero lo hará con la llave normalizada por la Cía. Eléctrica.

### 5.1.3 Aparamenta de Alta Tensión

#### 5.1.3.1 CELDAS

Las celdas a emplear serán de la serie SM6 de Schneider Electric, celdas modulares de aislamiento en aire equipadas de aparellaje fijo que utiliza el hexafluoruro de azufre como elemento de corte y extinción de arco.

Los cables se conectarán desde la parte frontal de las cabinas. Los accionamientos manuales irán reagrupados en el frontal de la celda a una altura ergonómica a fin de facilitar la explotación.

El interruptor y el seccionador de puesta a tierra deberá ser un único aparato, de tres posiciones (cerrado, abierto y puesto a tierra) asegurando así la imposibilidad de cierre simultáneo de interruptor y seccionador de puesta a tierra.

El interruptor será en realidad interruptor-seccionador. La posición de seccionador abierto y seccionador de puesta a tierra cerrado serán visibles directamente a través de mirillas, a fin de conseguir una máxima seguridad de explotación en cuanto a la protección de personas se refiere.

#### 5.1.3.1.1 Características constructivas

Las celdas responderán en su concepción y fabricación a la definición de aparamenta bajo envolvente metálica compartimentada de acuerdo con la norma UNE-EN 62271-200.

Los compartimentos diferenciados serán los siguientes:

- a) Compartimiento de aparellaje.

Estará relleno de SF6 y sellado de por vida según se define EN UNE-EN 62271-200. El sistema de sellado será comprobado individualmente en fabricación y no se requerirá ninguna manipulación del gas durante toda la vida útil de la instalación (hasta 30 años).

La presión relativa de llenado será de 0,4 bar.

Toda sobrepresión accidental originada en el interior del compartimento aparellaje estará limitada por la apertura de la parte posterior del cárter. Los gases serían canalizados hacia la parte posterior de la cabina sin ninguna manifestación o proyección en la parte frontal.

Las maniobras de cierre y apertura de los interruptores y cierre de los seccionadores de puesta a tierra se efectuarán con la ayuda de un mecanismo de acción brusca independiente del operador.

El interruptor realizará las funciones de corte y seccionamiento.

b) Compartimento del juego de barras.

Sus detalles se indican en proyecto.

c) Compartimento de conexión de cables.

Se podrán conectar cables secos y cables con aislamiento de papel impregnado.

Las extremidades de los cables serán:

- Simplificadas para cables secos.
- Termorretráctiles para cables de papel impregnado.

d) Compartimento de mandos.

Contiene los mandos del interruptor y del seccionador de puesta a tierra, así como la señalización de presencia de tensión. Se podrán montar en obra los siguientes accesorios si se requieren posteriormente:

- Motorizaciones.
- Bobinas de cierre y/o apertura.
- Contactos auxiliares.

Este compartimento deberá ser accesible en tensión, pudiéndose motorizar, añadir accesorios o cambiar mandos manteniendo la tensión en el centro.

e) Compartimento de control.

En el caso de mandos motorizados, este compartimento estará equipado de bornas de conexión y fusibles de baja tensión. En cualquier caso, este compartimento será accesible con tensión tanto en barras como en los cables.

#### 5.1.3.1.2 Características eléctricas

- Tensión nominal 24 kV.
- Nivel de aislamiento:
  - a) a la frecuencia industrial de 50 Hz 50 kV ef.1mn.
  - b) a impulsos tipo rayo 125 kV cresta.
- Intensidad nominal funciones línea 400/630 A.
- Intensidad nominal otras funciones 200/400 A.

- Intensidad de corta duración admisible 16 kA ef. 1s.

#### 5.1.3.1.3 Interruptores-seccionadores

Celda Schneider Electric de interruptor-seccionador gama SM6, modelo IM, de dimensiones: 375 mm. de anchura, 940 mm. de profundidad, 1.600 mm. de altura, y conteniendo:

- Juego de barras tripolar de 400 A.
- Interruptor-seccionador de corte en SF6 de 400 A, tensión de 24 kV y 16 kA.
- Seccionador de puesta a tierra en SF6.
- Indicadores de presencia de tensión.
- Mando CIT manual.
- Embarrado de puesta a tierra.
- Bornes para conexión de cable.

Estas celdas estarán preparadas para una conexión de cable seco monofásico de sección máxima de 240 mm<sup>2</sup>.

#### 5.1.3.1.4 Cortacircuitos-fusibles

En el caso de utilizar protección ruptofusibles, se utilizarán fusibles del modelo y calibre indicados en proyecto. Sus dimensiones se corresponderán con las normas DIN-43.625.

#### 5.1.3.1.5 Puesta a tierra

La conexión del circuito de puesta a tierra se realizará mediante pletinas de cobre, conectadas en la parte posterior superior de las cabinas formando un colector único.

#### 5.1.3.2 TRANSFORMADORES

Los tres transformadores a instalar serán trifásicos, con neutro accesible en B.T., refrigeración natural, en baño de aceite, y demás características detalladas en la memoria.

#### 5.1.3.3 EQUIPOS DE MEDIDA

El equipo de medida de la energía de la planta solar se detalla en la Memoria del presente proyecto.

#### 5.1.3.4 CABLEADO

Para el cableado se tendrá en cuenta lo establecido en la ITC-BT-40, y la tabla 52-B2 de la norma UNE 20460-5-523.

Las características de todos los cables son las descritas en el apartado correspondiente de la Memoria del presente proyecto.

En general, para todo lo referente al montaje del equipo de medida, precintabilidad, grado de protección, etc. se tendrá en cuenta lo indicado a tal efecto en la normativa de la Compañía Suministradora.

### 5.1.4 Puesta a Tierra

#### 5.1.4.1 TIERRA DE PROTECCIÓN

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

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

#### 5.1.4.2 TIERRA DE SERVICIO

Se conectarán a tierra el neutro del transformador y los circuitos de baja tensión de los transformadores del equipo de medida, según se indica en el apartado de "Cálculo de la instalación de puesta a tierra" del Documento nº 2 de este proyecto.

#### 5.1.4.3 TIERRAS INTERIORES

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

La tierra interior de protección se realizará con cable de 50 mm<sup>2</sup> de cobre desnudo formando un anillo. Este cable conectará a tierra los elementos indicados en el apartado anterior e irá sujeto a las paredes mediante bridas de sujeción y conexión, conectando el anillo al final a una caja de seccionamiento con un grado de protección IP54.

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

## 5.2 NORMAS DE EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES

Todas las normas de construcción e instalación del centro se ajustarán, en todo caso, a los planos, mediciones y calidades que se expresan, así como a las directrices que la Dirección Facultativa estime oportunas.

Además del cumplimiento de lo expuesto, las instalaciones se ajustarán a las normativas que le pudieran afectar, emanadas por organismos oficiales y en particular las de la compañía distribuidora.

El acopio de materiales se hará de forma que estos no sufran alteraciones durante su depósito en la obra, debiendo retirar y reemplazar todos los que hubieran sufrido alguna descomposición o defecto durante su estancia, manipulación o colocación en la obra.

## 5.3 PRUEBAS REGLAMENTARIAS

La aparamenta eléctrica que compone la instalación deberá ser sometida a los diferentes ensayos de tipo y de serie que contemplen las normas UNE o recomendaciones UNESA conforme a las cuales esté fabricada.

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

- Resistencia de aislamiento de la instalación.
- Resistencia del sistema de puesta a tierra.
- Tensiones de paso y de contacto.

## 5.4 CONDICIONES DE USO, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD

Cualquier trabajo u operación a realizar en el centro (uso, maniobras, mantenimiento, mediciones, ensayos y verificaciones) se realizarán conforme a las disposiciones generales indicadas en el Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.

### 5.4.1 Prevenciones generales

- 1) 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.
- 2) Se pondrán en sitio visible del local, y a su entrada, placas de aviso de "Peligro de muerte".
- 3) En el interior del local no habrá más objetos que los destinados al servicio del centro de transformación, como banqueta, guantes, etc.
- 4) No está permitido fumar ni encender cerillas ni cualquier otra clase de combustible en el interior del local del centro de transformación y en caso de incendio no se empleará nunca agua.
- 5) No se tocará ninguna parte de la instalación en tensión, aunque se esté aislado.
- 6) Todas las maniobras se efectuarán colocándose convenientemente sobre la banqueta.
- 7) 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 pasará aviso en el caso de introducir alguna modificación en este centro de transformación, para su inspección y aprobación, en su caso.

### 5.4.2 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 último término 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.

### 5.4.3 Separación de 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.

Si una vez puesto el centro fuera de servicio se desea realizar un mantenimiento de limpieza en el interior de la apartamenta y transformadores no bastará con haber realizado el seccionamiento que proporciona la puesta fuera de servicio del centro, sino que se procederá además a la puesta a tierra de todos aquellos elementos susceptibles de ponerlos a tierra. Se garantiza de esta forma que en estas condiciones todos los elementos accesibles estén, además de seccionados,

puestos a tierra. No quedarán afectadas las celdas de entrada del centro cuyo mantenimiento es responsabilidad exclusiva de la compañía suministradora de energía eléctrica. 13) 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, sólo se consigue teniendo la banqueta en perfectas condiciones y sin apoyar en metales u otros materiales derivados a tierra.

#### 5.4.4 Prevenciones especiales

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

Para transformadores con líquido refrigerante (aceite o silicona) no podrá sobrepasarse un incremento relativo de 60K sobre la temperatura ambiente en dicho líquido. La máxima temperatura ambiente en funcionamiento normal está fijada, según norma CEI 76, en 40°C, por lo que la temperatura del refrigerante en este caso no podrá superar la temperatura absoluta de 100°C.

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 transformación, se pondrá en conocimiento de la compañía suministradora, para corregirla de acuerdo con ella.

## 5.5 CERTIFICADOS Y DOCUMENTACIÓN

Se aportará, para la tramitación de este proyecto ante los organismos públicos, la documentación siguiente:

- Autorización Administrativa.
- Proyecto, suscrito por técnico competente.
- Certificado de instalación emitido por empresa instaladora en líneas de alta tensión.
- Certificado de tensiones de paso y contacto, por parte de empresa homologada.
- Certificado de Dirección de Obra.
- Contrato de mantenimiento.
- Copia de ensayos del transformador.
- Copia de la Declaración de conformidad de los equipos y aparatos de la instalación eléctrica.
- Escrito de conformidad por parte de la Compañía Eléctrica suministradora.

#### 5.5.1 Libro de órdenes

Se dispondrá en este centro del correspondiente libro de órdenes en el que se harán constar las incidencias surgidas en el transcurso de su ejecución y explotación.

## **6 RECEPCIONES DE LA INSTALACIÓN**

### **6.1 RECEPCIONES PROVISIONALES**

Concluidas las pruebas y la puesta en marcha se pasará a la fase de la Recepción Provisional de la Instalación. No obstante, el Acta de Recepción Provisional no se firmará hasta haber comprobado que todos los sistemas y elementos que forman parte del suministro han funcionado correctamente durante un mínimo de horas seguidas, sin interrupciones o paradas causadas por fallos o errores del sistema suministrado, y además se hayan cumplido los siguientes requisitos:

- Entrega de toda la documentación requerida en este PCT, y como mínimo la recogida en la norma UNE-EN 62446-1:2017: Sistemas fotovoltaicos conectados a red. Requisitos mínimos de documentación, puesta en marcha e inspección de un sistema.
- Retirada de obra de todo el material sobrante.
- Limpieza de las zonas ocupadas, con transporte de todos los desechos a vertedero.

Treinta días antes de dar fin a las obras, comunicará el Ingeniero a la Propiedad la proximidad de su terminación a fin de convenir la fecha para el acto de recepción provisional.

Esta se realizará con la intervención de la Propiedad, del Constructor, del Ingeniero y del Ingeniero Técnico. Se convocará también a los restantes técnicos que, en su caso, hubiesen intervenido en la dirección con función propia en aspectos parciales o unidades especializadas.

Practicado un detenido reconocimiento de las obras, se extenderá un acta con tantos ejemplares como intervinientes y firmados por todos ellos. Desde esta fecha empezará a correr el plazo de garantía, si las obras se hallasen en estado de ser admitidas. Seguidamente, los Técnicos de la Dirección Facultativa extenderán el correspondiente Certificado de final de obra.

Cuando las obras no se hallen en estado de ser recibidas, se hará constar en el acta y se darán al Constructor las oportunas instrucciones para remediar los defectos observados, fijando un plazo para subsanarlos, expirado el cual, se efectuará un nuevo reconocimiento a fin de proceder a la recepción provisional de la obra.

Si el Constructor no hubiese cumplido, podrá declararse resuelto el contrato con pérdida de la fianza.

### **6.2 DOCUMENTACIÓN FINAL DE LA OBRA**

El Ingeniero Director facilitará a la Propiedad la documentación final de las obras, con las especificaciones y contenido dispuestos por la legislación vigente.

### **6.3 MEDICIÓN DEFINITIVA Y LIQUIDACIÓN PROVISIONAL DE LA OBRA**

Recibidas provisionalmente las obras, se procederá inmediatamente por el Ingeniero Técnico a su medición definitiva, con precisa asistencia del Constructor o de su representante. Se extenderá la oportuna certificación por triplicado que, aprobada por el Ingeniero con su firma, servirá para el abono por la Propiedad del saldo resultante salvo la cantidad retenida en concepto de fianza.

## **6.4 CONSERVACIÓN DE LAS OBRAS RECIBIDAS PROVISIONALMENTE**

Los gastos de conservación durante el plazo de garantía comprendido entre las recepciones provisional y definitiva, correrán a cargo del Contratista.

## **6.5 DE LA RECEPCIÓN DEFINITIVA**

La recepción definitiva se verificará después de transcurrido el plazo de garantía en igual forma y con las mismas formalidades que la provisional, a partir de cuya fecha cesará la obligación del Constructor de reparar a su cargo aquellos desperfectos inherentes a la normal conservación de la obra y quedarán sólo subsistentes todas responsabilidades que pudieran alcanzarle por vicios de la construcción.

## **6.6 PRÓRROGA DEL PLAZO DE GARANTÍA**

Si al proceder al reconocimiento para la recepción definitiva de la obra, no se encontrase ésta en las condiciones debidas, se aplazará dicha recepción definitiva y el Ingeniero-Director marcará al Constructor los plazos y formas en que deberán realizarse las obras necesarias y, de no efectuarse dentro de aquéllos, podrá resolverse el contrato con pérdidas de la fianza.

Albacete, noviembre de 2022

El Ingeniero Técnico Industrial



Fdo.: Ginés Martínez Pérez

Nº colegiado:1280, COGITI Albacete

# **DOCUMENTO Nº 5.**

# **PRESUPUESTO**

## MEDICIÓN

Código	Nat	ud.	Resumen	CanPres	PrPres	ImpPres
<b>01</b>	<b>Capítulo</b>		<b>VALLADO DE PARCELA</b>	<b>1,00</b>	<b>6.858,86</b>	<b>6.858,86</b>
01.01	Partida	m	VALLA MALLA METALICA T.T.8x10 Montaje de enrejado de malla metálica de simple torsión de 400 mm de paso de malla y 1,1 mm de diámetro con 2 m de altura, de acero galvanizado, en protección de superficies disgregadas, con postes tubulares de 48 mm de diámetro y espesor de 2 m de altura con tapón metálico, situados cada 3 metros, protección de aguas, totalmente instalado. (no suministro)	513,00	12,59	6.458,67
01.02	Partida	ud.	PUERTA 4,00x2,00 40/14 STD Puerta de 2 hojas de 4,00x2,00 m. para cerramiento exterior, con bastidor de tubo de acero laminado en frío de 40x40 mm. y malla S/T galvanizada en caliente 40/14 STD, /herrajes de colgar y seguridad, elaborada en taller, ajuste y montaje en obra.	1,00	400,19	400,19
				<b>1,00</b>	<b>6.858,86</b>	<b>6.858,86</b>
<b>02</b>	<b>Capítulo</b>		<b>EQUIPOS (ESTRUCTURA, MODULOS, INVERSORES)</b>	<b>1,00</b>	<b>267.203,30</b>	<b>267.203,30</b>
02.01	Partida	ud.	ESTRUCTURA FIJA Estructura fabricada PVH, en configuracion de mesas de 21x14 en acero galvanizado y/o aluminio correctamente orientada, inclinada, atornillada e hincada.	70,00	583,19	40.823,30
02.02	Partida	ud.	MÓDULO FOTOVOLTAICO TRINA TSM-660DEG21C.20, 660Wp Módulo Fotovoltaico marca TRINA modelo TSM-660DEG21C.20, de 660 W de potencia pico, constituido por 132 células de silicio monocristalino de alta eficiencia, con una tolerancia de +- 3,00%, Dimensiones 2384x1303x35 mm y peso 38,7kg; con cristal semi-templado, bajo en hierro. Incluso transporte a obra.	1.960,00	100,50	196.980,00
02.03	Partida	ud.	INVERSOR HUAWEI modelo SUN2000-330KTL-H1 Inversor de string marca HUAWEI modelo SUN2000-330KTL-H1 de 300kW de potencia nominal, con grado de protección IP66, con rendimiento europeo 98,8%, preparado para trabajar de -25°C a +60°C, equipado con todas las funciones de gestion de red, incluso transporte de fábrica a obra.	4,00	7.350,00	29.400,00
				<b>1,00</b>	<b>267.203,30</b>	<b>267.203,30</b>
<b>03</b>	<b>Capítulo</b>		<b>OBRA CIVIL DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA</b>	<b>1,00</b>	<b>42.816,14</b>	<b>42.816,14</b>
03.01	Partida	m	CAMINOS Compactación de los viales de acceso y caminos perimetrales a la planta según pliegos y planos.	174,00	23,63	4.111,62
03.02	Partida	m²	DESBRUCE DEL TERRENO Y LIMPIEZA Desbroce y limpieza del terreno de toda la capa vegetal entre 5 y 10 cm. Incluso retirada a vertedero de esa capa.segun estudio topografico adjunto	16.297,03	0,91	14.830,30
03.03	Partida	ud.	CIMENTACIONES Cimentación de inversores mediante zapatas de hormigón armado según los planos y pliegos. Incluidos materiales. De 1 m x 0,5 m x 0,5 m, se adjunta detalle	1,00	14823,4	14.823,40
		ud.	Cimentaciones para equipos del sistema de seguridad mediante zapatas de hormigón armado para báculos o barreras del sistema perimetral de CCTV 0,6 mx 0,6 m x 0,7 m. Incluidos materiales.	4,00	1.236,87	4.947,48
03.04	Partida	m	ZANJA TIPO 0, para SSAA y Comunicaciones Obra civil para canalización tipo 0 en montaje enterrado, de zanja de dimensiones mínimas 40 cm de ancho y 62 cm de profundidad, incluyendo excavación. 1-Capa de arena de 0,13 m donde se sitúan dos tubos de 90 mm de diámetro, de material termoplástico. 2-Capa de tierra de labor compactada por medios manuales y mecánicos de 0,49 cm, en la que a 0,20 m de la superficie se sitúa una cinta de señalización.	315,00	12,97	4.085,55
03.05	Partida	m	ZANJA TIPO 1, para líneas DC/SSAA/Comunicaciones Obra civil para canalización tipo 1 en montaje enterrado, de zanja de dimensiones mínimas 60 cm de ancho y 68 cm de profundidad, incluyendo excavación. 1- Capa de 0,04 m de tierra de labor en la que se sitúa el cooper conductor de 50 mm². 2-Capa de arena de 0,13 m donde se sitúan cinco tubos de 90 mm de diámetro, de material termoplástico. 3-Capa de tierra de labor compactada por medios manuales y mecánicos de 0,51 cm, en la que a 0,20 m de la superficie se sitúa una cinta de señalización.	58,00	15,17	879,86
03.06	Partida	m	ZANJA TIPO 2.1, para líneas DC/AC/SSAA/Comunicaciones Obra civil para canalización tipo 2.1 en montaje enterrado, de zanja de dimensiones mínimas 80 cm de ancho y 108 cm de profundidad, incluyendo excavación. 1-Capa de 0,04 m de tierra de labor en la que se sitúa el cooper conductor de 50 mm². 2-Capa de arena de 0,64 m donde se sitúan 4 líneas de cable que van del inversor al trafo en trestillo, con las distancias mínimas que se especifican en planos, y fila superior de cinco tubos de 90 mm de diámetro, más uno de 200 mm, de material termoplástico, a 0,23 m de la superficie de esta capa. 3-Capa de tierra de labor compactada por medios manuales y mecánicos de 0,40 cm, en la que a 0,20 m de la superficie se sitúa una cinta de señalización.	116,00	16,40	1.902,40
03.07	Partida	m	ZANJA TIPO 2.2, para líneas DC/AC/SSAA/Comunicaciones Obra civil para canalización tipo 2.2 en montaje enterrado, de zanja de dimensiones mínimas 80 cm de ancho y 145 cm de profundidad, incluyendo excavación. 1-Capa de 0,04 m de tierra de labor en la que se sitúa el cooper conductor de 50 mm². 2-Capa de arena de 1,01 m donde se sitúan 8 líneas de cable que van del inversor al trafo en trestillo, con las distancias mínimas que se especifican en planos, y fila superior de cinco tubos de 90 mm de diámetro, más uno de 200 mm, de material termoplástico, a 0,23 m de la superficie de esta capa. 3-Capa de tierra de labor compactada por medios manuales y mecánicos de 0,40 cm, en la que a 0,20 m de la superficie se sitúa una cinta de señalización.	16,00	16,50	264,00
03.15	Partida	ud.	TUBO CORRUGADO PARA EXTERIOR CON PROTECCIÓN UV 50mm L = 2 m Tubo corrugado negro compuesto de estabilizador UV modificado. Este tipo de tubo está diseñado para la protección y la gestión de cables y conductos aislados en instalaciones fotovoltaicas y solares. El tubo eléctrico se caracteriza por una alta resistencia mecánica contra golpes, presión, flexión y radiación UV para un clima moderado. Según UNE-EN 61386-22	4,00	30,99	123,96
03.16	Partida	ud.	ARQUETA REGISTRABLE PREF. HM 60x60x40cm Arqueta prefabricada registrable de hormigón en masa con refuerzo de zuncho perimetral en la parte superior de 60x60x40cm, completa: con tapa y marco de fundición y formación de agujeros para conexiones de tubos. Colocada sobre solera de hormigón en masa HM-20/P/40/i de 10 cm. de espesor y p.p. de medios auxiliares,incluso formación de pendientes exteriores con hormigón,sin incluir la excavación ni el relleno perimetral posterior.	15,00	119,67	1.795,05
				<b>1,00</b>	<b>42.816,14</b>	<b>42.816,14</b>

4			Capítulo	INSTALACIÓN EVACUACIÓN ALTA TENSIÓN DE CT A APOYO	1,00	56.861,49	56.861,49
04.01	Partida	m	ZANJA TIPO 4, para líneas MT de conexión a red	Obra civil para canalización tipo T4, con zanja de dimensiones mínimas 50 cm de ancho y 122 cm de profundo, incluyendo excavación con una solera de 0,05 m de hormigón sobre la que se dispondrán 3 tubos de material termoplástico de 200 mm, sobre éstos se colocarán 4 tubos de 24 cm de diámetro para comunicaciones, relleno de hormigón hasta completar un espesor de 0,62 m. Sobre esta capa hormigón se rellenará una capa de tierra de labor de 0,40 m, colocación de 2 cintas de señalización y posterior relleno con otra capa de labor compactada de 0,20 m	264,00	71,10	18.770,40
04.02	Partida	m	LÍNEA SUBTERRÁNEA DE ALTA TENSIÓN	Suministro y tendido de Línea de Media Tensión enterrada formada por tres conductores de aluminio, unipolar, con aislamiento de polietileno reticulado, para 12/20KV, tipo HEPRZ1 de 1x95mm <sup>2</sup> , con parte proporcional de medios auxiliares, empalmes, macedo de cables y pruebas de rigidez dieléctrica.	807,00	8,44	6.811,08
04.03	Partida	ud.	ARQUETA REGISTRABLE PREF. HM 60x60x40cm	Arqueta prefabricada registrable de hormigón en masa con refuerzo de zuncho perimetral en la parte superior de 60x60x40cm, completa: con tapa y marco de fundición y formación de agujeros para conexiones de tubos. Colocada sobre solera de hormigón en masa HM-20/P/40/1 de 10 cm. de espesor y p.p. de medios auxiliares, incluso formación de pendientes exteriores con hormigón, sin incluir la excavación ni el relleno perimetral posterior.	1,00	119,67	119,67
04.04	Partida	ud.	EMPALMES	Empalme de tres conductores tipo HEPRZ1 12/20 kv de 240 mm <sup>2</sup> , en apoyo, para realizar entronque	1,00	500,00	500,00
04.05	Partida	ud.	BOTELLAS MT	Botellas terminales MT para el paso de aéreo-subterráneo para sección de 240 mm <sup>2</sup> , totalmente instalada	1,00	402,00	402,00
04.06	Partida	ud.	GESTIÓN DE RESIDUOS	Gestión de residuos generados por instalación de CS. Incluye gestión de tierras y piedras procedentes de la excavación, gestión de RCD de hormigón, gestión de papel y cartón, gestión de plástico, gestión de la madera, gestión de metales y gestión de residuos vegetales procedentes del desbroce.	1,00	312,48	312,48
04.08	Partida	ud.					
04.07	Partida	ud.	RECEPCIÓN INSTALACIONES LAAT Y CONEXIÓN EN MT	Materiales/Conexión REPERCUTIBLES-MT	1,00	57,31	57,31
04.08	Partida	ud.	AMPLIACIÓN LÍNEA MT - LÍNEA AÉREA AT	Apoyos	1,00	29.764,71	29.764,71
		ud.		Poste de celosía acero galvanizado C-1000-12 con seccionador SF6	1,00	11.461,11	11.461,11
		ud.			1,00	4.707,39	4.707,39
		ud.		Avifauna	1,00	4.559,36	4.559,36
		ud.		Transición aéreo-subterránea	1,00	2.147,42	2.147,42
		ud.		Elementos maniobra y protección	1,00	2.164,82	2.164,82
		ud.		Crucetas	1,00	1.907,04	1.907,04
		ud.		Tendido cable trenzado MT/AT	1,00	673,63	673,63
		ud.		Antiescalos	1,00	1.168,82	1.168,82
		ud.		Aislamiento	1,00	975,12	975,12
04.09	Partida	m	TRABAJOS STAR EN CT - CT		1,00	123,84	123,84
		m	Servicios STAR automatización				
					1,00	55.647,01	55.647,01
05			Capítulo	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	1,00	78.796,32	78.796,32
05.01	Partida	ud.	OBRA CIVIL		1,00	11.624,20	11.624,20
		ud.		Suministro y montaje en obra de edificio de hormigón compacto modelo EHC-36C-2T2 , de dimensiones exteriores 6.400 x 2.520 y altura total 3.220 mm. Pintado por el fabricante en color RAL 1014.	1,00	8.700,00	8.700,00
		ud.		Montaje de cubierta de panel "sandwich" imitación a los tejados tradicionales de teja árabe.	1,00	127,38	127,38
		ud.		Excavación de un foso de dimensiones 3.720 x 7.600 mm. para alojar el edificio prefabricado compacto EHC, con un lecho de arena nivelada de 150 mm. (quedando una profundidad de foso libre de 530 mm.) y acondicionamiento perimetral una vez montado.	1,00	2.509,00	2.509,00
		m <sup>3</sup>		Acera perimetral de hormigón de 1,2 m de anchura. Capa de hormigón de 15 cm de espesor, con mallazo electrosoldado de 30 x 30 cm.	4,10	70,20	287,82
05.02	Partida	ud.	APARATURA DE ALTA TENSIÓN		1,00	27.678,79	27.678,79
		ud.		Suministro e instalación de celda de línea con función de interruptor seccionador en SF6 con mando CIT manual, seccionador de puesta a tierra, juego de barras tripolar, seccionador de puesta a tierra en SF6, indicadores testigo presencia de tensión, mando manual, embarrado de puesta a tierra y bornes para conexión de cable, para 400 A, 24 kV y 16 kA. Totalmente instalado, conexionado y comprobado.	2,00	2.517,76	5.035,52
		ud.		Suministro e instalación de celda de protección con fusible para transformadores de tensión con función de referencia de tensión de la red. Incluye interruptor-seccionador en SF6, juego de barras tripolar, mando manual, señalización de fusión de fusibles, seccionador de puesta a tierra, embarrado de puesta a tierra, 3 transformadores de tensión de relación 15.000-V3/110V3-110-3, 10 VA, CL0.5, 10 VA 3P, y 3 fusibles de 6 A. Todo ello para 400 A, 24 kV y 16 kA. Cabinas de Seccionamiento y medida de tensión Schneider Electric gama SM6, modelo CM, referencia CG-CM, conexión barras superior izquierda y derecha. Seccionador de tres posiciones (cerrado, abierto y seccionado, y puesta a tierra de cables). Seccionador de puesta a tierra inferior sin poder de cierre, según características detalladas en memoria. Totalmente instalado, conexionado y comprobado.	1,00	5.131,17	5.131,17
		ud.		Suministro e instalación de celda de protección genera de interruptor automático motorizado con juego de barra tripolar de 400 A, 16 kA y 24 kV. Incluye seccionador en SF6, 3 transformadores de intensidad toroidales, embarrado de puesta a tierra, seccionador de puesta a tierra, enclavamiento por cerradura tipo E24 y relé de protección general (con las funciones exigidas por la compañía distribuidora), cuyas protecciones son: 50/S1, 50N/S1N, 50G/S1G, 50BF, 67/67N, 46, 47, 64, 27/27S, 59/59N, 81M/81n y RA1.	1,00	11.091,02	11.091,02
		ud.		Suministro e instalación de cabina de medida con entrada y salida inferior por cables, juego de barras tripolar de 400 A, 16 kA y 24 kV. Incluye: - 3 transformadores de intensidad de relación 100/5, CL0.5S, 10 VA, 24 kV - 3 transformadores de tensión de relación 15.000-V3/110V3-110-3, CL0.5, 10 VA, 24 kV	1,00	6.421,08	6.421,08
05.03	Partida	ud.	ARMARIO PARA MEDIDA		1,00	1.800,00	1.800,00
		ud.		Suministro e instalación de armario para medida en alta tensión, en instalación interior, formada por envoltorio de poliéster reforzada con fibra de vidrio de medidas normalizadas por la compañía distribuidora, para montaje de equipos de medida según normas de Cía. Incluye: - 1 x contador principal para medida fiscal - 1 x módem para telemedida			
05.04	Partida	ud.	CUADRO DE BAJA TENSIÓN 800 V		1,00	2.500,00	2.500,00
		ud.		Cuadro de baja tensión a 800 V, bajo envoltorio, con las medidas suficientes para ubicar los siguientes elementos: - 5 fusibles seccionadores tripolares de 250 A, 800 V, curva gG - 1 fusible seccionador tripolar de 35 A, 800 V, curva gG - 1 fusible seccionador tripolar de 125 A, 800 V, curva gG - 1 fusible seccionador tripolar de 16 A, 800 V, curva gG - 1 descargador de sobretensiones tipo 2 - 1 interruptor automático de 1.000 A, regulado a 991 A, 800 V, con diferencial de 500 mA de sensibilidad			
05.05	Partida	ud.	TRANSFORMADOR		1,00	32.000,00	32.000,00

			Transformador trifásico elevador de tensión, construido según normativa vigente, sumergido en éster biodegradable con refrigeración natural (ONAN), de las siguientes características: - Potencia: 1.320 KVA - Regulación: +2.5%, +5%, +7.5%, +10% - Tensión primaria: 15.000 V - Tensión secundaria: 800 V - Grupo de conexión: Dy11 - Protecciones: relé buchholtz y termómetro	1,00	1.577,33	1.577,33
05.06	Partida	ud.	SISTEMA DE PUESTA A TIERRA	1,00	953,33	953,33
			Ud. de tierras exteriores código 80-40/5/82 Unesa, incluyendo 8 picas de 2,00 m. de longitud, 27 metros de cable de cobre desnudo, y elementos de conexión, instalado, según se describe en proyecto.	1,00	624,00	624,00
			Ud. tierras interiores para poner en continuidad con las tierras exteriores, formado por cable de 50mm2 de Cu desnudo, con sus conexiones y cajas de seccionamiento, instalado, según memoria.	1,00	624,00	624,00
05.07	Partida	ud.	VARIOS	1,00	1.616,00	1.616,00
			Punto de luz incandescente adecuado para proporcionar nivel de iluminación suficiente para la revisión y manejo del centro, incluidos sus elementos de mando y protección, instalado.	2,00	361,00	722,00
			Puentes MT para conexión entre celdas y puentes entre transformador y celdas	1,00	150,00	150,00
			Punto de luz de emergencia autónomo para la señalización de los accesos al centro, instalado.	1,00	361,00	361,00
			Extintor de eficacia equivalente 89B, instalado.	1,00	152,00	152,00
			Banqueta aislante para maniobrar aparata.menta.	1,00	197,00	197,00
			Placa reglamentaria PELIGRO DE MUERTE, instaladas.	1,00	17,00	17,00
			Placa reglamentaria PRIMEROS AUXILIOS, instalada.	1,00	17,00	17,00
				<b>1,00</b>	<b>78.796,32</b>	<b>78.796,32</b>
<b>06</b>	<b>Capítulo</b>		<b>INSTALACIÓN EVACUACIÓN BAJA TENSIÓN (CORRIENTE ALTERNA)</b>	<b>1,00</b>	<b>18.986,88</b>	<b>18.986,88</b>
06.01	Partida	m	INTERCONEXIÓN INVERSOR STRING CON PROTECCIONES	732,00	25,84	18.914,88
			Cable unipolar de aluminio de 1x300mm2 XZ1(S)Al de tensión asignada 0,6/1kV, con aislamiento de polietileno reticulado y cubierta de poliolefinas. Incluso conexonado.			
06.02	Partida	ud.	TERMINAL PARA CABLE	1,00	72,00	72,00
			Terminal de aluminio para cable de 300 mm2. Fabricado a partir de aluminio al 99,5% de pureza.	24,00	3,00	72,00
				<b>1,00</b>	<b>18.986,88</b>	<b>18.986,88</b>
<b>7</b>	<b>Capítulo</b>		<b>INSTALACIÓN EVACUACIÓN BAJA TENSIÓN (CORRIENTE CONTINUA)</b>	<b>1,00</b>	<b>19.417,48</b>	<b>19.417,48</b>
7.01	Partida	ud.	CONEXIÓN DE MÓDULOS (ENSERIADOS)	1.960,00	0,30	588,00
			Conexión de módulos mediante MC4 incluidos en el módulo, para realizar los enseriados, según los planos. Totalmente instalado, conexonado y comprobado. (ud de módulos)			
7.02	Partida	ud.	INTERCONEXIÓN MÓDULOS-STRING INVERTER	1,00	18.545,28	18.545,28
		m	Cable unipolar de cobre de 6 mm² solar PV-ZZ-F de tensión asignada 1000Vdc, flexibilidad clase 5 con aislamiento de goma libre de halógenos tipo E16 y cubierta de goma ignifugada tipo EM8, libre de halógenos y con baja emisión de humos y gases corrosivos en caso de incendio. Incluso conexonado.	6.688,00	1,98	13.242,24
		m	Cable unipolar de cobre de 10 mm² solar PV-ZZ-F de tensión asignada 1000Vdc, flexibilidad clase 5 con aislamiento de goma libre de halógenos tipo E16 y cubierta de goma ignifugada tipo EM8, libre de halógenos y con baja emisión de humos y gases corrosivos en caso de incendio. Incluso conexonado.	2.762,00	1,92	5.303,04
7.03	Partida	ud.	CONECTORES MC 4	1,00	160,64	160,64
			UD, MULTICONTACT STRING CONECTORES MC-4 para 6mm2 (pares +/-). multicontact MC-4 para conexonado de strings utilizando cable Cu Solar 6mm2 o similar.	118,00	1,05	123,90
			UD, MULTICONTACT STRING CONECTORES MC-4 para 10mm2 (pares +/-). multicontact MC-4 para conexonado de strings utilizando cable Cu Solar 10mm2 o similar.	22,00	1,67	36,74
7.04	Partida	ud.	PROTECTOR DE BORDES	1,00	123,56	123,56
			Rollo de 50 m de goma flexible duradera, resistente al agua y a altas temperaturas, con 2mm de espesor para proteger los bordes de la canalización de los cables en la estructura soporte de módulos fotovoltaicos, evitando cortes en dichos cables.			
				<b>1,00</b>	<b>19.417,48</b>	<b>19.417,48</b>
<b>8</b>	<b>Capítulo</b>		<b>INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA</b>	<b>1,00</b>	<b>1.353,85</b>	<b>1.353,85</b>
8.01	Partida	ud.	UD.TIERRAS. HV07V-R 1x16 mm² Cu. Suministro e instalación de conductor HV07V-R 1x16 mm² Cu. Conexión entre las mesas de la estructura de soporte de los módulos fotovoltaicos con enrutamiento del cable H07V-R 1x16mm² (aislamiento verde y amarillo) con una longitud promedio de 0,5m y conexión a través de tornillos, tuercas y arandelas. Todas las operaciones deben estar respaldadas por todos los materiales y elementos necesarios para la correcta ejecución de la tarea de acuerdo con los dibujos y las especificaciones.	54,00	1,90	102,60
8.02	Partida	ud.	UD.TIERRAS. HV07V-R 1x35 mm² Cu. Suministro e instalación, cable H07V-R 1x35mm² (aislamiento verde y amarillo) con una longitud promedio de 2,5 m desde los inversores de string mediante conexión con abrazaderas de Cu al conductor de tierra de Cu enterrado en la zanja.	4,00	2,20	8,80
8.03	Partida	ud.	UD.TIERRAS. HV07V-R 1x35 mm² Cu. Suministro e instalación, cable H07V-R 1x35mm² (aislamiento verde y amarillo) con una longitud promedio de 2,5 m desde las estructuras mediante conexión con abrazaderas de Cu al conductor de tierra de Cu enterrado en la zanja.	17,00	5,81	98,77
8.04	Partida	m	MLTIERRAS. 1x50 mm² Cu. Suministro e instalación de cable 1x50mm² desnudo trenzado, enterrado en el fondo de la zanja según planos. Para establecer la red de tierras, se conectará con abrazaderas y terminales de Cu a la red del CT y de los inversores y estructura. Se garantizará la interconexión y la equipotencialidad de todas las piezas metálicas en la planta fotovoltaica. Todas las operaciones deben estar respaldadas por todos los materiales y elementos necesarios para la correcta ejecución de la tarea.	174,00	3,40	591,60
8.05	Partida	ud.	PICA DE COBRE Suministro e instalación de pica 2000/14,3 mm de aluminio cobrizado para p.a.t. totalmente instaladas y unidas mediante soldadura Cadwell con el cable de tierra principal. Se clavarán en el interior de la arqueta asociada al inversor.	8,00	20,01	160,08
8.06	Partida	ud.	ANILLO DE TIERRA CENTRO DE TRANSFORMACIÓN Suministro e instalación de anillo de PAT del CT, compuesto por cable 1x50mm² desnudo trenzado enterrado en el fondo del foso, 10 picas 2000/14,3 mm de aluminio cobrizado y 16 m de cable de cobre aislado de 50 mm de sección tipo DN-RA 0,6/1 kV, según planos. Para establecer la red de tierras, se conectará con abrazaderas y terminales de Cu a la red del CT. Se garantizará la interconexión y la equipotencialidad de todas las piezas metálicas del edificio. Todas las operaciones deben estar respaldadas por todos los materiales y elementos necesarios para la correcta ejecución de la tarea.	1,00	392,00	392,00
				<b>1,00</b>	<b>1.353,85</b>	<b>1.353,85</b>
<b>9</b>	<b>Capítulo</b>		<b>SEGURIDAD Y SALUD</b>	<b>1,00</b>	<b>4.963,39</b>	<b>4.963,39</b>
9.01	Partida	ud.	PROTECCIONES INDIVIDUALES	1,00	2.318,15	2.318,15
			Casos de seguridad homologados	20,00	12,82	256,40
			Caretas de seguridad para soldadores eléctricos	15,00	13,87	208,05
			Elementos de seguridad para soldador eléctrico	15,00	8,56	128,40

		ud.	Gafas antipolvo e impacto	25,00	6,25	156,25
		ud.	Gafas soldadura autógena	5,00	7,00	35,00
		ud.	Cinturones de seguridad	5,00	29,96	149,80
		ud.	Monos de Trabajo	30,00	8,77	263,10
		ud.	Par de guantes para soldar	15,00	7,28	109,20
		ud.	Pares de guantes de cuero	15,00	4,15	62,25
		ud.	Pares de guantes dieléctricos para baja tension	5,00	21,00	105,00
		ud.	Par de guantes de protección eléctrica para AT	5,00	40,00	200,00
		ud.	Par de botas aislantes	30,00	21,49	644,70
9.02	Partida	ud.	PROTECCIONES COLECTIVAS	1,00	5,24	5,24
			Carteles indicadores de riesgo	3,00	1,74	5,22
9.03	Partida	ud.	MEDICINA PREVENTIVA Y PRIMEROS AUXILIOS	1,00	240,00	240,00
			Botiquin de obra para primeros auxilios completamente equipado y reposición de material sanitario durante el transcurso de la obra.	2,00	120,00	240,00

9.04	Partida	ud.	INSTALACION DE HIGIENE Y BIENESTAR	1,00	2.400,00	2.400,00
			Mes de alquiler de caseta prefabricada para aseos, vestuario y oficina, de dimensiones 6,00x2,40x2,30 m	12,00	200,00	2.400,00
				<b>1,00</b>	<b>4.963,39</b>	<b>4.963,39</b>
<b>10</b>	<b>Capítulo</b>		<b>INSTALACIÓN DE SEGURIDAD</b>	<b>1,00</b>	<b>12.000,00</b>	<b>12.000,00</b>
10.01	Partida	ud.	INTRUSIÓN	1,00	12.000,00	12.000,00
			Partida Alzada de Sistema de seguridad antirrobo			
				<b>1,00</b>	<b>12.000,00</b>	<b>12.000,00</b>
<b>11</b>	<b>Capítulo</b>		<b>SISTEMA DE CONTROL, COMUNICACIONES Y ESTACIÓN METEOROLÓGICA</b>	<b>1,00</b>	<b>7.348,12</b>	<b>7.348,12</b>
11.01	Partida	ud.	SISTEMA DE CONTROL Y COMUNICACIONES	1,00	7.348,12	7.348,12
		ud.	Partida Alzada de Sistema de control y comunicaciones	1,00	5.669,80	5.669,80
		m	Cable comunicación RS485	504,00	3,33	1.678,32
				<b>1,00</b>	<b>7.348,12</b>	<b>7.348,12</b>
<b>12</b>	<b>Capítulo</b>		<b>MONTAJE DE EQUIPOS</b>	<b>1,00</b>	<b>80.889,97</b>	<b>80.889,97</b>
12.01	Partida	ud.	MONTAJE DE EQUIPOS	1,00	80.889,97	80.889,97
			Montaje de módulos, inversores y estructura. Incluye descarga de materiales en obra, grúas y medios auxiliares.			
				<b>1,00</b>	<b>80.889,97</b>	<b>80.889,97</b>
<b>13</b>	<b>Capítulo</b>		<b>ORLA VEGETAL</b>	<b>1,00</b>	<b>1.737,96</b>	<b>1.737,96</b>
13.01	Partida	Ud	PREPARACIÓN DEL TERRENO	1,00	113,93	113,93
		km	Subsolado, pendiente ≤ 20%			
			Preparación del terreno mediante subsolado por curvas de nivel con ripper de 2 ó 3 vástagos a profundidad mayor de 50 cm, en terreno suelto/tránsito y con pendiente menor o igual a 20%			
			Tractor orugas 171/190 CV	1,50	75,45	113,18
			Costes indirectos		0,75	0,75
13.02	Partida	Ud	PLANTACIÓN	1,00	1.418,53	1.418,53
		mil	Distribución de planta en banceja <250cc Pte <50%		17,05	
			Reparto dentro del tajo de planta en bandeja con envase termoformado o rígido con capacidad <250 cm3 empleada en los distintos métodos de plantación, en terreno con pendiente inferior o igual al 35%			
			Capataz 0,013 €/planta	403,00	0,01	5,30
			2 Peón 0,012 €/planta	403,00	0,01	9,28
			Vehículo todoterreno 71-85 cv/remolque	403,00	0,01	2,47
		ud	Plantación T1, pndte ≤50%, d>700 pl/ha	1,00	865,49	865,49
			Plantación manual de planta forestal de 2 savias como mínimo, presentada en envase, realizada con azada en suelo suelto previamente preparado y con pendiente menor a 35%			
			Jefe cuadrilla 0,096€/planta	403,00	0,10	38,69
			3 Peón forestal 0,51€/planta	403,00	0,51	613,69
			Costes indirectos		0,01	3,55
		ud	Riego de planta forestal			209,56
			Jefe cuadrilla	403,00	0,02	8,06
			Camión cisterna agua 131/160 CV	403,00	0,48	193,44
			Agua	403,00	0,02	8,06
		Ud	Colocación de tubo protector 0,6 m	1,00	535,99	535,99
			Colocación de tubo protector biodegradable de 0,6 m de altura para la protección de semilla o planta de repoblación, incluido el aporcado del mismo	403,00	1,33	535,99
13.03	Partida	Ud	PLANTAS		205,51	205,51
			<i>Ceratonía siliqua</i>	66,00	0,52	34,32
			<i>Phillyrea latifolia</i>	70,00	0,51	35,70
			<i>Pistacia lentiscus</i>	66,00	0,52	34,32
			<i>Lavandula stoechas</i>	66,00	0,48	31,68
			<i>Olea oleaster</i>	71,00	0,51	36,21
			<i>Daphne gnidium</i>	64,00	0,52	33,28
				<b>1,00</b>	<b>1.737,96</b>	<b>1.737,96</b>
<b>14</b>	<b>Capítulo</b>		<b>MANTENIMIENTO ORLA VEGETAL</b>	<b>1,00</b>	<b>1.084,80</b>	<b>1.084,80</b>
14.01	Partida	ud	REPOSICIÓN DE MARRAS	1,00	3,90	3,90
			Plantación manual en reposición de marras mayor del 10% y menor o igual al 20%, de un millar de plantas en bandeja con envase rígido o termoformado con capacidad < 250 cm³ en suelos sueltos. Incluye el ahoyado manual y alcorque. En terreno con pendiente inferior o igual al 50%			
			Peón SETCAA	6,80	0,22	1,49
			Manijero/capataz SETCAA (1 por cada 10 peones)	80,60	0,03	2,42
14.02	Partida	ud	MANTENIMIENTO DE LAS PLANTACIONES PRIMER AÑO	1,00	886,60	886,60
			Unidad de mantenimiento incluyendo binas, abonado, mantenimiento de alcorque y riegos de 15 litros de agua por hoyo, a razón de 2 riegos anuales aplicados durante el primer año vegetativo	806,00	1,10	886,60
14.03	Partida	ud	RETIRADA TUBOS PROTECTORES	1,00	194,30	194,30
			Retirada de tubos protectores con transporte vertedero			
			Retirada de tubos protectores en plantas procedentes de densificación forestal, incluyendo transporte y descarga en vertedero			
			Peón SETCAA	403,00	0,17	68,65
			Manijero/capataz SETCAA (1 por cada 10 peones)	403,00	0,02	9,26
			Vehículo todoterreno 71-85 cv c/remolque	403,00	0,29	116,39
				<b>1,00</b>	<b>1.084,80</b>	<b>1.084,80</b>

15	Capítulo	GESTION DE RESIDUOS		1,00	2.744,60	2.744,60
15.01	Partida	ud.	TIERRAS DE EXCAVACIÓN Tierras y pétreos procedentes de excavación.	12,00	64,96	779,52
15.02	Partida	ud.	RCD de Naturaleza no pétreo Asfalto Madera Metales Papel Plástico Vidrio Yeso	1,00	312,57	312,57
15.03	Partida	ud.	RCD de Naturaleza pétreo Arena, grava y otros áridos Hormigón Ladrillos, azulejos y cerámicos Piedra	1,00	414,49	314,95
15.04	Partida	ud.	OTROS RESIDUOS Basuras, residuos potencialmente peligrosos y otros.	1,00	1.230,62	1.262,58
15.05	Partida	ud.	MEDIOS AUXILIARES Y GASTOS ADMINISTRATIVOS DE LA GESTIÓN Medios Auxiliares en obra Gastos de tramitaciones	1,00	74,98	74,98
				<b>1,00</b>	<b>2.744,60</b>	<b>2.744,60</b>

RESUMEN DEL PRESUPUESTO			
Capítulo	Resumen	Importe	%
01	VALLADO DE PARCELA	6.858,86	1,22
02	EQUIPOS (ESTRUCTURA, MODULOS, INVERSORES)	267.203,30	47,48
03	OBRA CIVIL DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA	42.816,14	7,61
04	INSTALACIÓN EVAC. ALTA TENSIÓN DE CS A APOYO	56.861,49	10,10
05	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	78.796,32	14,00
06	INSTALACIÓN EVACUACIÓN BAJA TENSIÓN (CORRIENTE ALTERNA)	18.986,88	3,37
07	INSTALACIÓN EVACUACIÓN BAJA TENSIÓN (CORRIENTE CONTINUA)	19.417,48	3,45
08	INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA	1.353,85	0,24
09	SEGURIDAD Y SALUD	4.963,39	0,88
10	INSTALACIÓN DE SEGURIDAD	12.000,00	2,13
11	SISTEMA DE CONTROL, COMUNICACIONES Y ESTACIÓN METEOROLÓGICA	7.348,12	1,31
12	MONTAJE DE EQUIPOS	80.889,97	14,37
13	ORLA VEGETAL	1.737,96	0,31
14	MANTENIMIENTO ORLA VEGETAL	1.084,80	0,19
15	GESTION DE RESIDUOS	2.744,60	0,49
		<b>Presupuesto de Equipos</b>	<b>267.203,30</b>
		<b>Presupuesto de Ejecución Material</b>	<b>295.512,70</b>
		13% Gastos generales	34.736,43
		6% Beneficio industrial	16.032,20
		<b>Presupuesto base sin IVA</b>	<b>613.484,63</b>
		21% IVA	128.831,77
		<b>Total presupuesto general</b>	<b>742.316,40</b>

Albacete, noviembre de 2022  
El Ingeniero Técnico Industrial



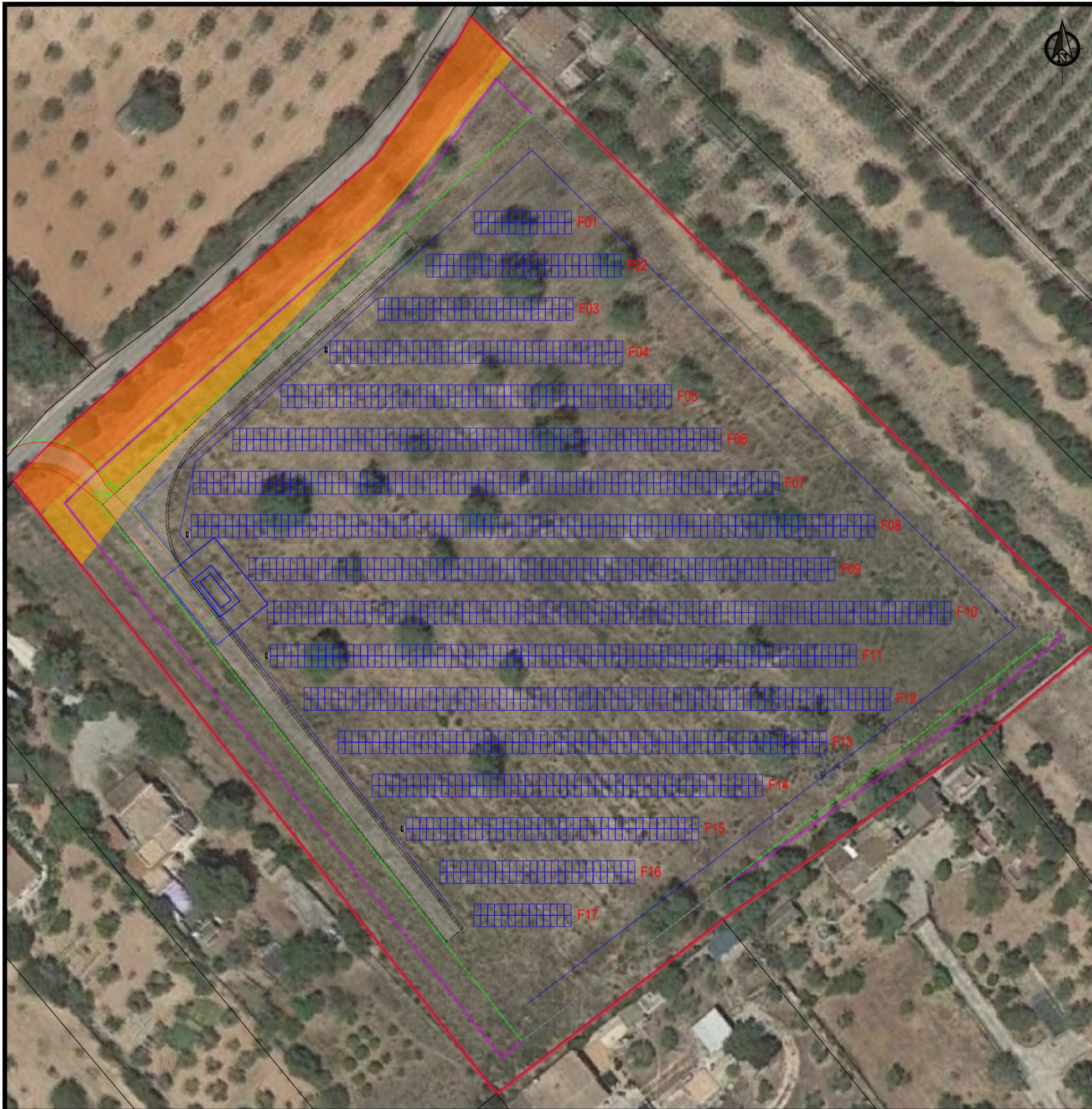
Fdo.: Ginés Martínez Pérez  
Nº colegiado:1280, COGITI Albacete

# **DOCUMENTO N° 6. PLANOS**

## ÍNDICE

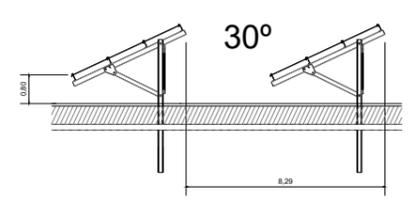
- 1.G.1. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO
- 1.G.2. PLANTA GENERAL
- 2.CW.3. PLANO DE ZANJAS
- 2.CW.4. DETALLE DE ZANJAS
- 2.CW.7. CAMINOS
- 4.E.1. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA
- 4.E.2. PLANTA DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA DC
- 4.E.3. PLANTA DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA AC
- 4.E.7. ESQUEMA UNIFILAR AC
- 4.E.7.A. DETALLE DE ENSERIADOS
- 4.E.8.1. PLANTA DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA MEDIA TENSIÓN
- 4.E.8.2. DETALLES DE AISLADORES Y CRUCETA DEL NUEVO APOYO DE MT
- 4.E.8.3. DETALLES DEL ENTRONQUE AEREO-SUBTERRÁNEO
- 4.E.8.4. PUESTA A TIERRA DE LOS APOYOS DE LAMT
- 4.E.8.5. CIMENTACIÓN DE LOS APOYOS DE LAMT
- 4.E.8.6 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN
- 4.E.8.6.2 DETALLE DE PUESTA A TIERRA CENTRO DE TRANSFORMACIÓN
- 4.E.8.7.1.2 DETALLE DEL FOSO DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN
- 4.E.8. PLANTA DE LA INFRAESTRUCTURA DE MEDIA TENSIÓN
- 4.E.9. ESQUEMA UNIFILAR MT
- 7CM1. PLANO DE ORLA VEGETAL





- LEYENDA**
- LÍMITE DE CONTORNO
  - - - VALLADO
  - - - CAMINO
  - MÓDULOS TSM-(635-660) DEG21C.20  
28 x TSM-(635-660) DEG21C.20
  - INVERSORES DE 18/17 STRINGS  
4 x HUAWEI SUN2000-330KTL-H1
  - CT CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

**ESTRUCTURA**



**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

POTENCIA PICO:	1.293,60	kWp
POTENCIA NOMINAL:	999,00	kWn
PV MODULOS	MODELO/ENSERIADOS:	POWER NUMBER
	TSM-(635-660) DEG21C.20 2384 x 1303 x 40 mm	660 W 1.960
	28 MÓDULOS EN SERIE 1 STRING POR MESA	
INVERSORES	MODELO:	POTENCIA UNIDADES
	HUAWEI SUN2000-330KTL-H1 100TL	249,75 kW 4
ESTRUCTURA	MODELO:	AZIMUT:
	FIJA - PVH 2H	0º
ÁREA VALLADO	1,63	hectáreas



DESCRIPCIÓN DEL PLANO:  
**PLANTA GENERAL**

PROYECTO DE EJECUCIÓN:  
**PSFV SON MULLET (LLUCMAJOR)**

COORDENADAS:  
38,464919°N  
2,937900°E

FIRMA:  
Fdo. Ginés Martínez Pérez  
Colegiado nº 1280

REV.	FECHA	DIBUJANTE	REVISOR	DESCRIPCIÓN
	14/11/2022	LSM	TMG	

ESCALA: **1/750**

POTENCIA: 1.923,60 kWp  
999,00kWn

FECHA: 22/11/2022

Nº PLANO.: **1.G.2.**



DESCRIPCIÓN DEL PLANO:  
**ZANJAS**

PROYECTO DE EJECUCIÓN:  
**PSFV SON MULLET (LLUCMAJOR)**

COORDENADAS:  
38,464919°N  
2,937900°E

FIRMA:  
Fdo. Ginés Martínez Pérez  
Colegiado nº 1280

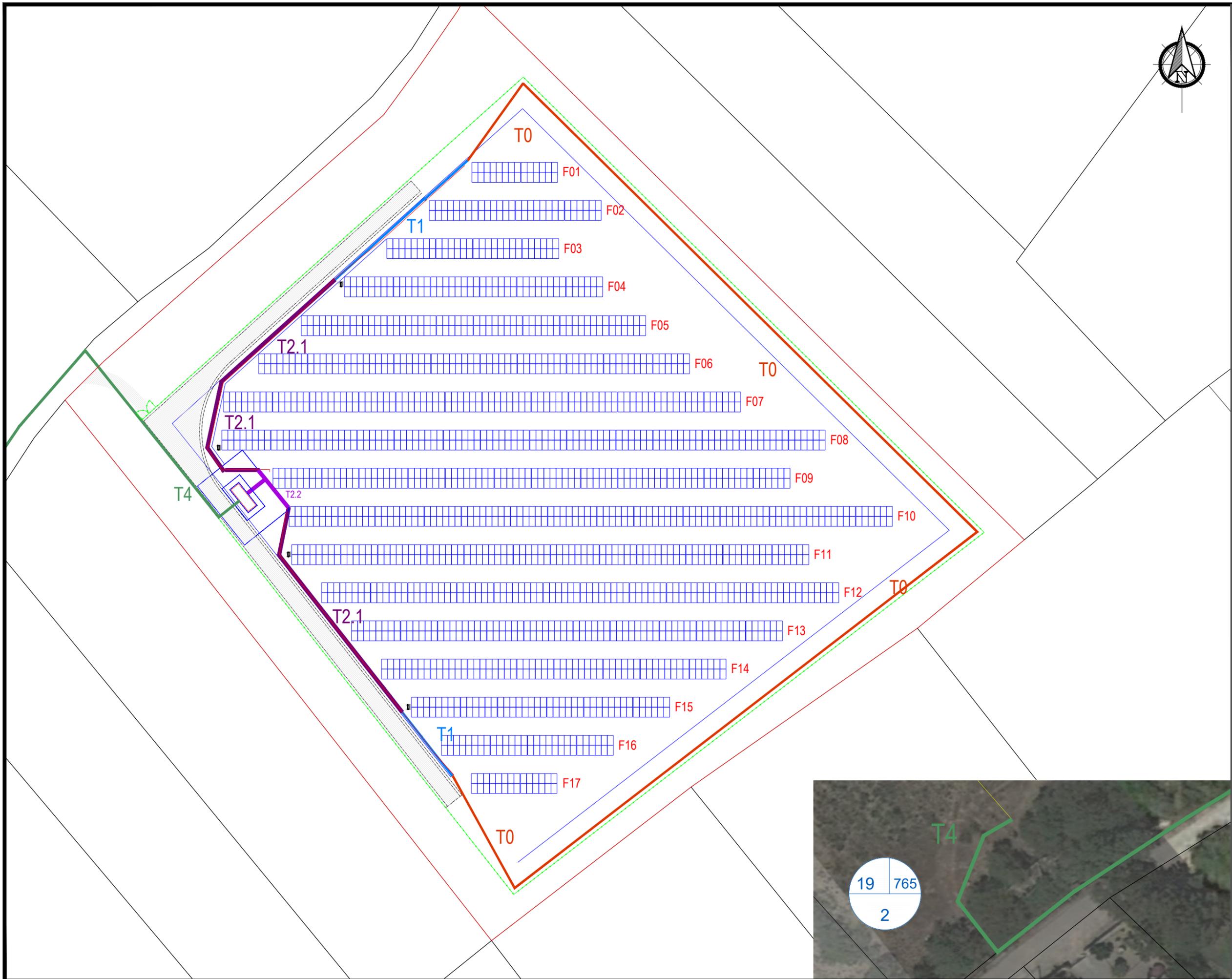
REV.	FECHA	DIBUJANTE	REVISOR	DESCRIPCIÓN
	14/11/2022	LSM	TMG	

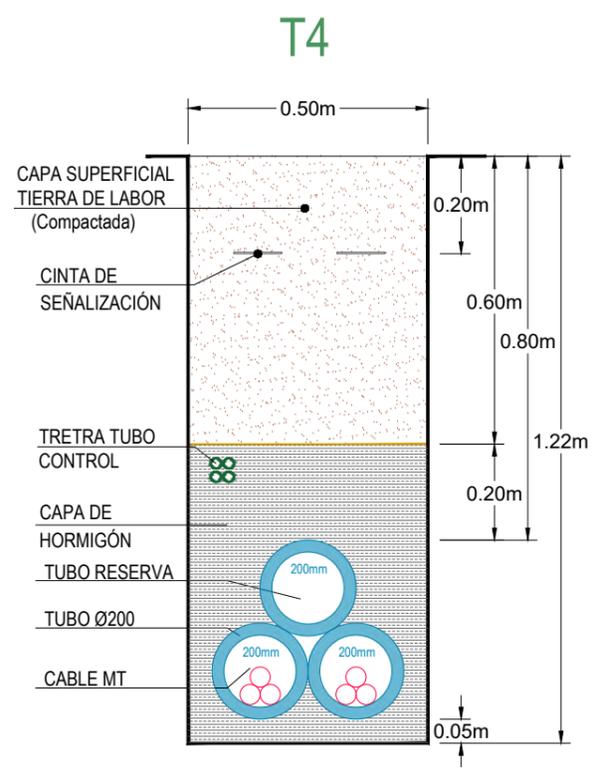
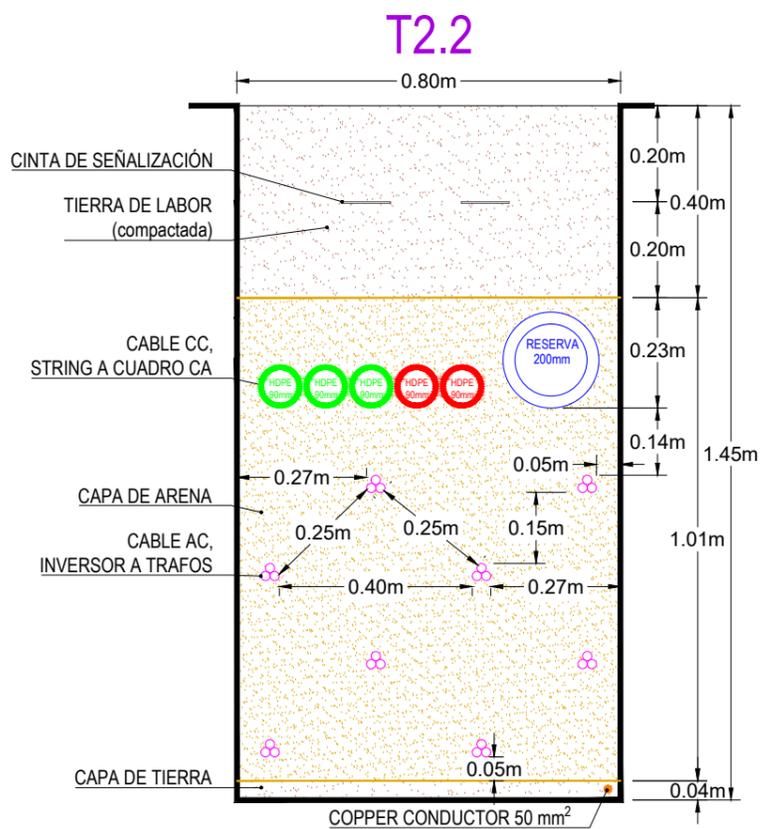
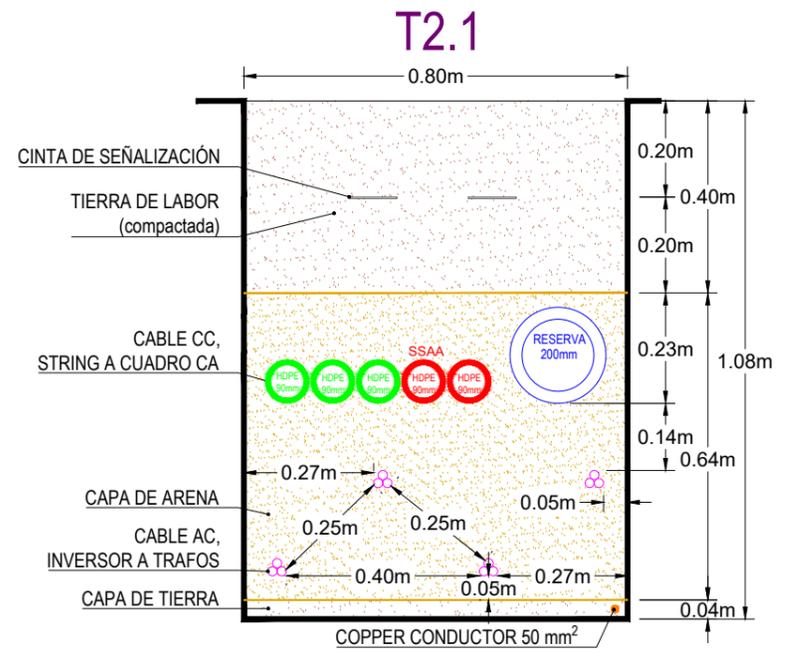
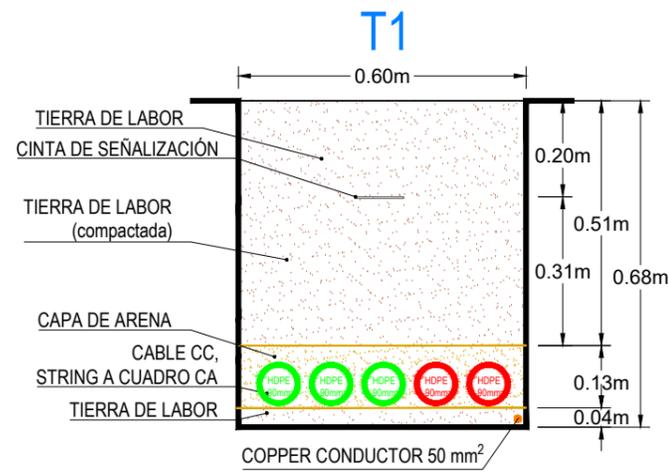
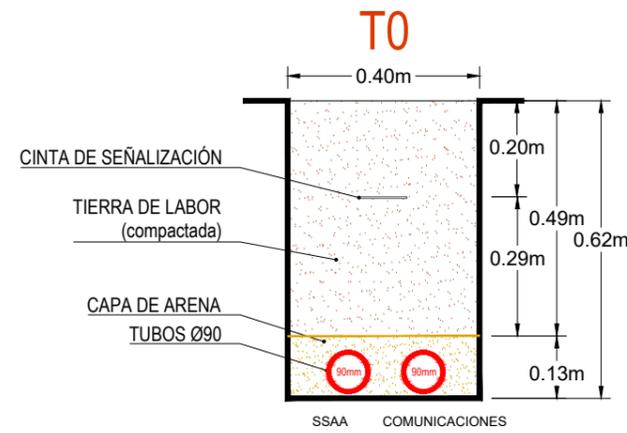
ESCALA: 1/750

POTENCIA: 1.923,60 kWp  
999,00kWn

FECHA: 22/11/2022

Nº PLANO.: **2.CW.3.**





DESCRIPCIÓN DEL PLANO:  
**DETALLE ZANJAS 1**  
 PROYECTO DE EJECUCIÓN:  
**PSFV SON MULLET (LLUCMAJOR)**

COORDENADAS:  
 38,464919°N  
 2,937900°E

FIRMA:  
 Fdo. Ginés Martínez Pérez  
 Colegiado nº 1280

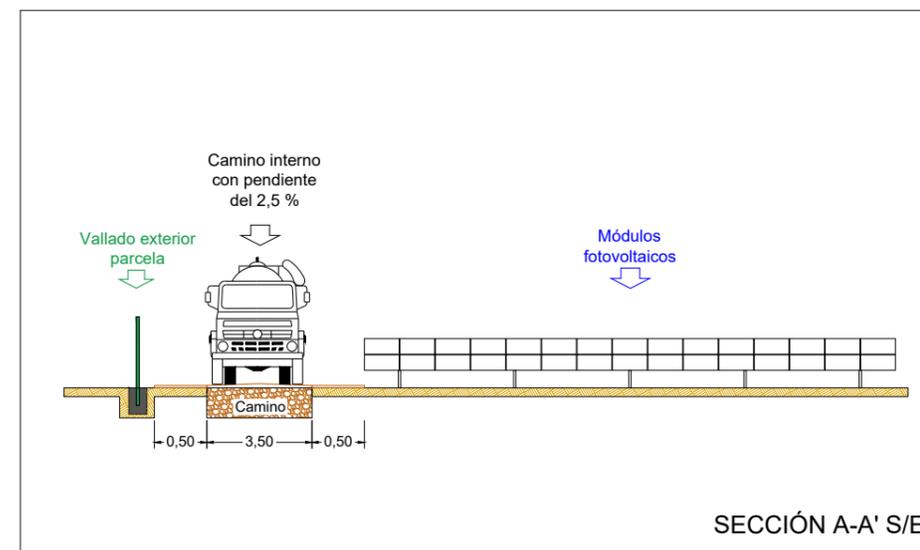
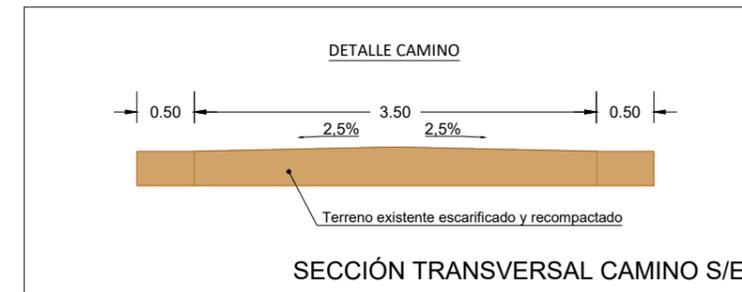
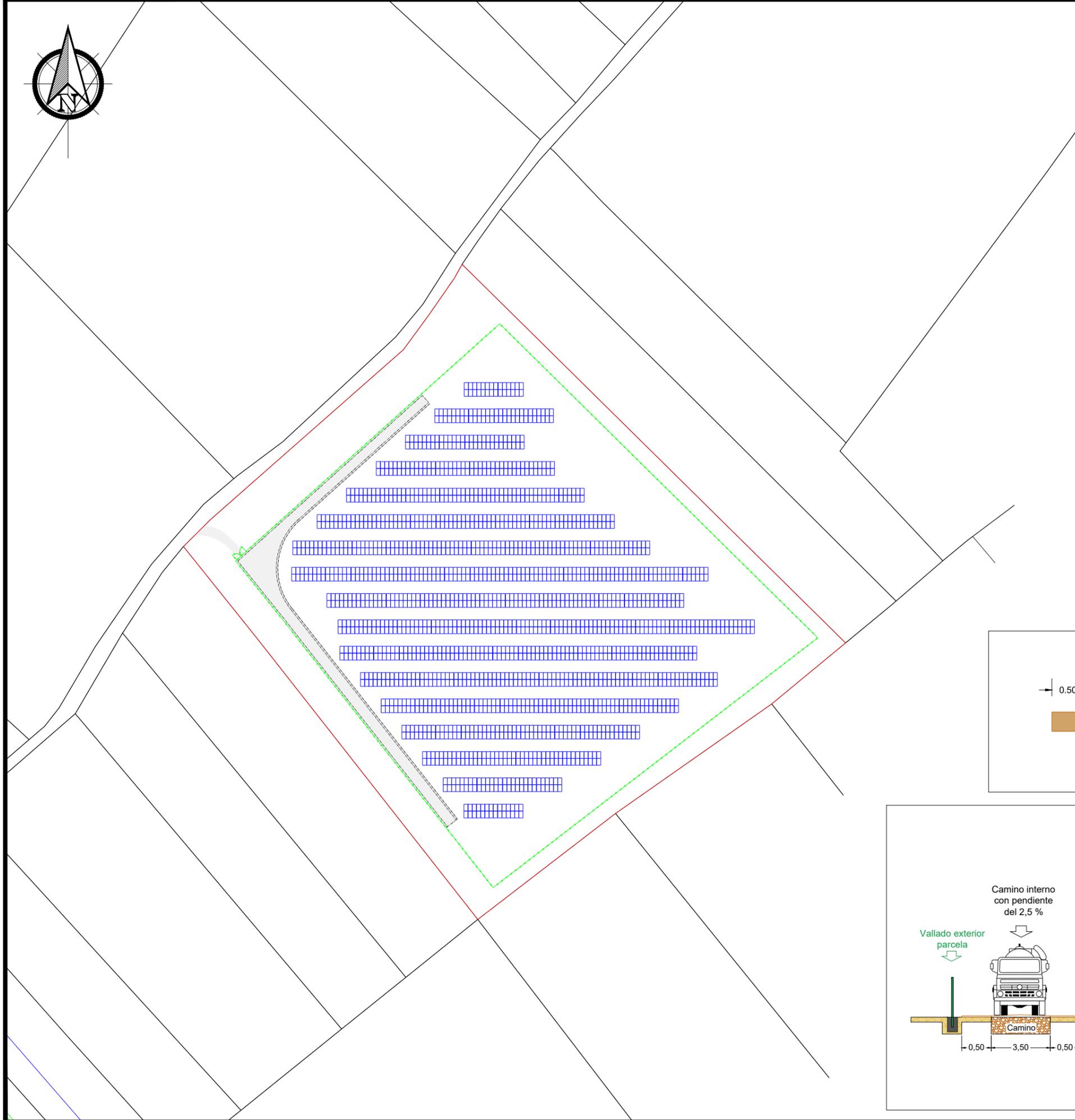
DESCRIPCIÓN	REVISOR	DIBUJANTE	FECHA	REV.
	TMG	LSM	14/11/2022	

ESCALA: S/E

POTENCIA: 1.923,60 kWp  
 999,00kWn

FECHA: 22/11/2022

Nº PLANO:  
**2.CW.4.1**



DESCRIPCIÓN DEL PLANO:  
**CAMINOS**

PROYECTO DE EJECUCIÓN:  
**PSFV SON MULLET (LLUCMAJOR)**

COORDENADAS:  
38,464919°N  
2,937900°E

FIRMA:  
Fdo. Ginés Martínez Pérez  
Colegiado nº 1280

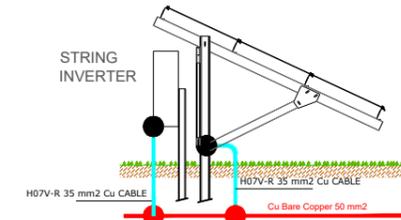
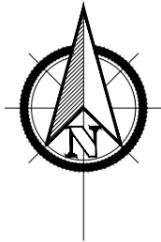
DESCRIPCIÓN	REVISOR	DIBUJANTE	FECHA	REV.
	TMG	LSM	14/11/2022	

ESCALA: 1/1.250

POTENCIA: 1.923,60 kWp  
999,00kWn

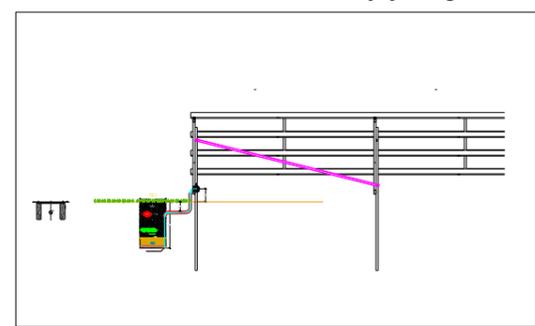
FECHA: 22/11/2022

Nº PLANO: **2.CW.7**

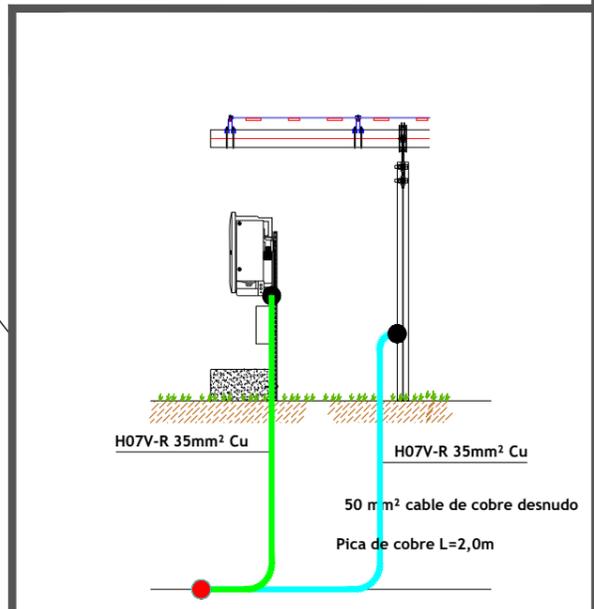


- 50 mm2 COPPER BARE CABLE
- H07V-R 35 mm2 Cu CABLE
- SCREW+NUT+WASHER
- EXOTHERMIC WELD / CRIMPIT / CLAMP
- EARTHING ROD L=1,5m

Detalle de conexión a tierra. Estructura fija y String inverter



LEYENDA			
<span style="color: red;">—</span>	Línea de propiedad	<span style="color: red;">—</span>	Pica de puesta a tierra L=1,5m.
<span style="color: green;">—</span>	Vallado	<span style="color: red;">—</span>	50 mm <sup>2</sup> cable de cobre desnudo
<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">CT</span>	Centro transformación	<span style="color: cyan;">—</span>	H07V-R 35mm <sup>2</sup> cable de Cu
<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">M</span>	Módulos (Mesa fija)	<span style="color: cyan;">—</span>	H07V-R 16mm <sup>2</sup> cable de Cu
<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">CPM</span>	Centro de Protec. y Medida	<span style="color: red;">—</span>	Barra de puesta a tierra interna
<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">C</span>	Caminos	<span style="color: magenta;">—</span>	Inversor de String



S/E



DESCRIPCIÓN DEL PLANO:  
**SISTEMA DE PUESTA A TIERRA**  
 PROYECTO DE EJECUCIÓN:  
**PSFV SON MULLET (LLUCMAJOR)**

COORDENADAS:  
 38,464919°N  
 2,937900°E

FIRMA:  
 Fdo. Ginés Martínez Pérez  
 Colegiado nº 1280

REV.	FECHA	DIBUJANTE	REVISOR	DESCRIPCIÓN
	14/11/2022	LSM	TMG	

ESCALA: 1/1200

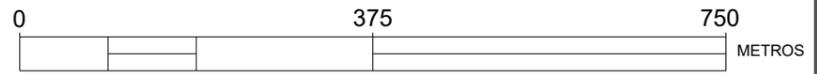
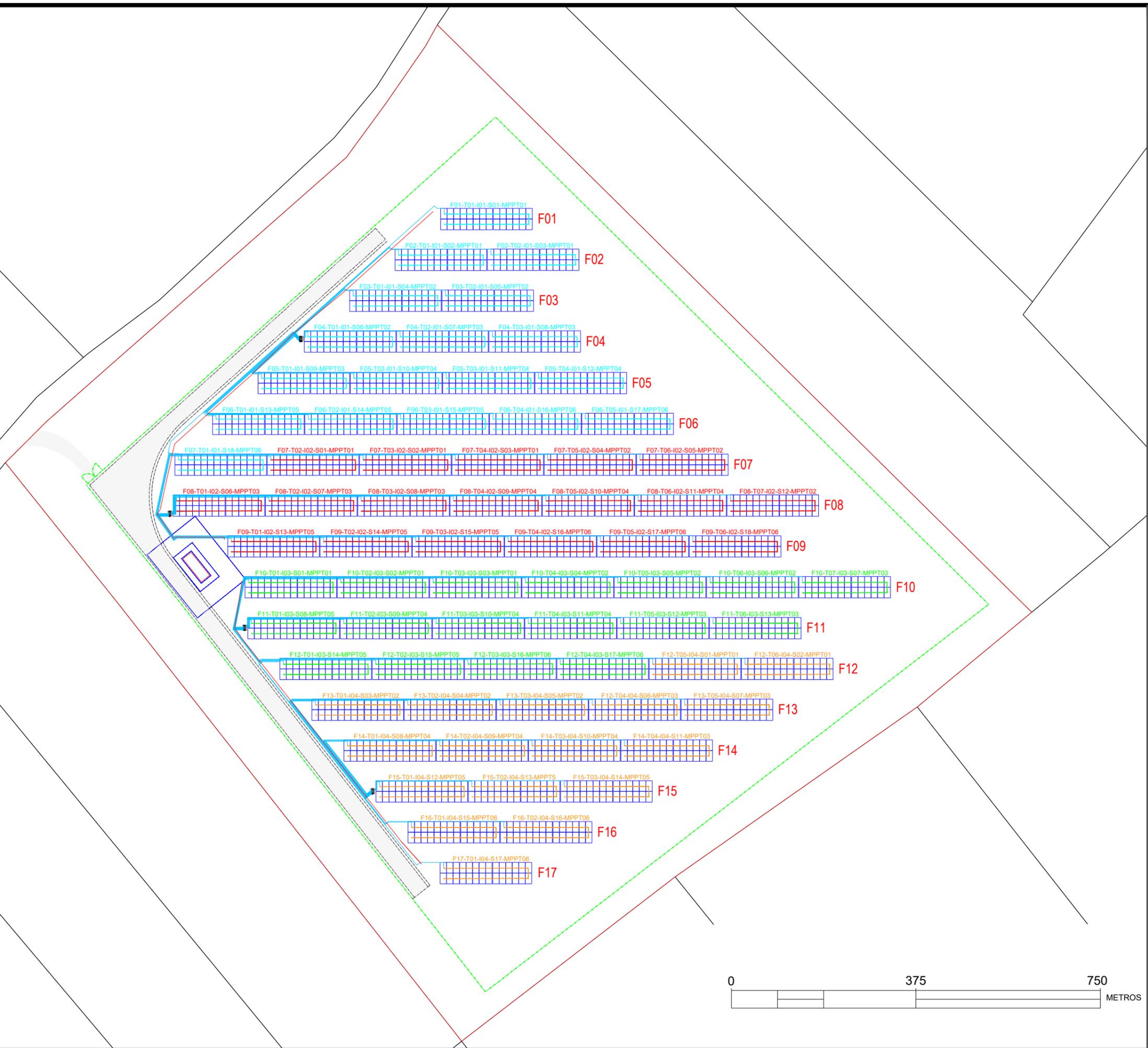
POTENCIA: 1.923,60 kWp  
 999,00kWn

FECHA: 22/11/2022

Nº PLANO:  
**4.E.1**



19 9810  
1



DESCRIPCIÓN DEL PLANO:  
**PLANTA INSTALACIÓN DC**  
PROYECTO DE EJECUCIÓN:  
**PSFV SON MULLET (LLUCMAJOR)**

COORDENADAS:  
38,464919°N  
2,937900°E

FIRMA:  
Fdo. Ginés Martínez Pérez  
Colegiado nº 1280

REV.	FECHA	DIBUJANTE	REVISOR	DESCRIPCIÓN
	14/11/2022	LSM	TMG	

ESCALA: 1/750

POTENCIA: 1.923,60 kWp  
999,00kWn

FECHA: 22/11/2022

Nº PLANO.: 4.E.2



DESCRIPCIÓN DEL PLANO:  
**PLANTA INSTALACIÓN AC**  
 PROYECTO DE EJECUCIÓN:  
**PSFV SON MULLET (LLUCMAJOR)**

COORDENADAS:  
 38,464919°N  
 2,937900°E

FIRMA:  
 Fdo. Ginés Martínez Pérez  
 Colegiado nº 1280

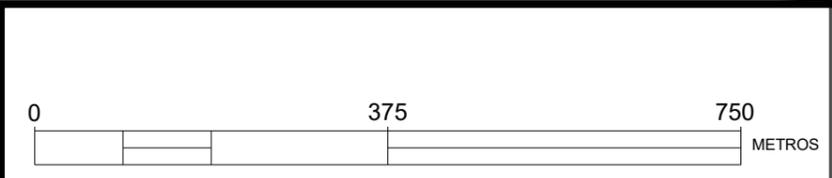
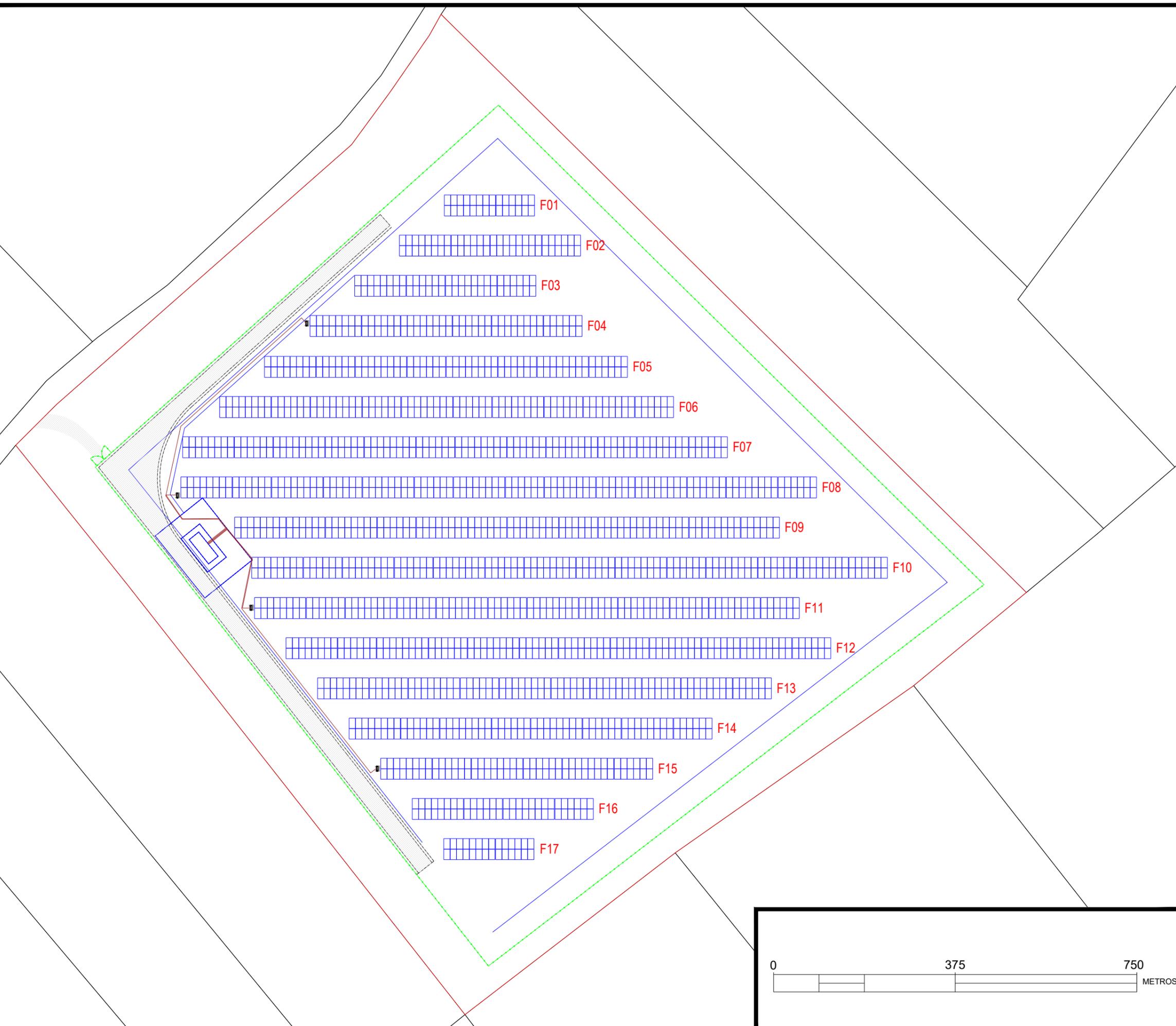
REV.	FECHA	DIBUJANTE	REVISOR	DESCRIPCIÓN
	14/11/2022	LSM	TMG	

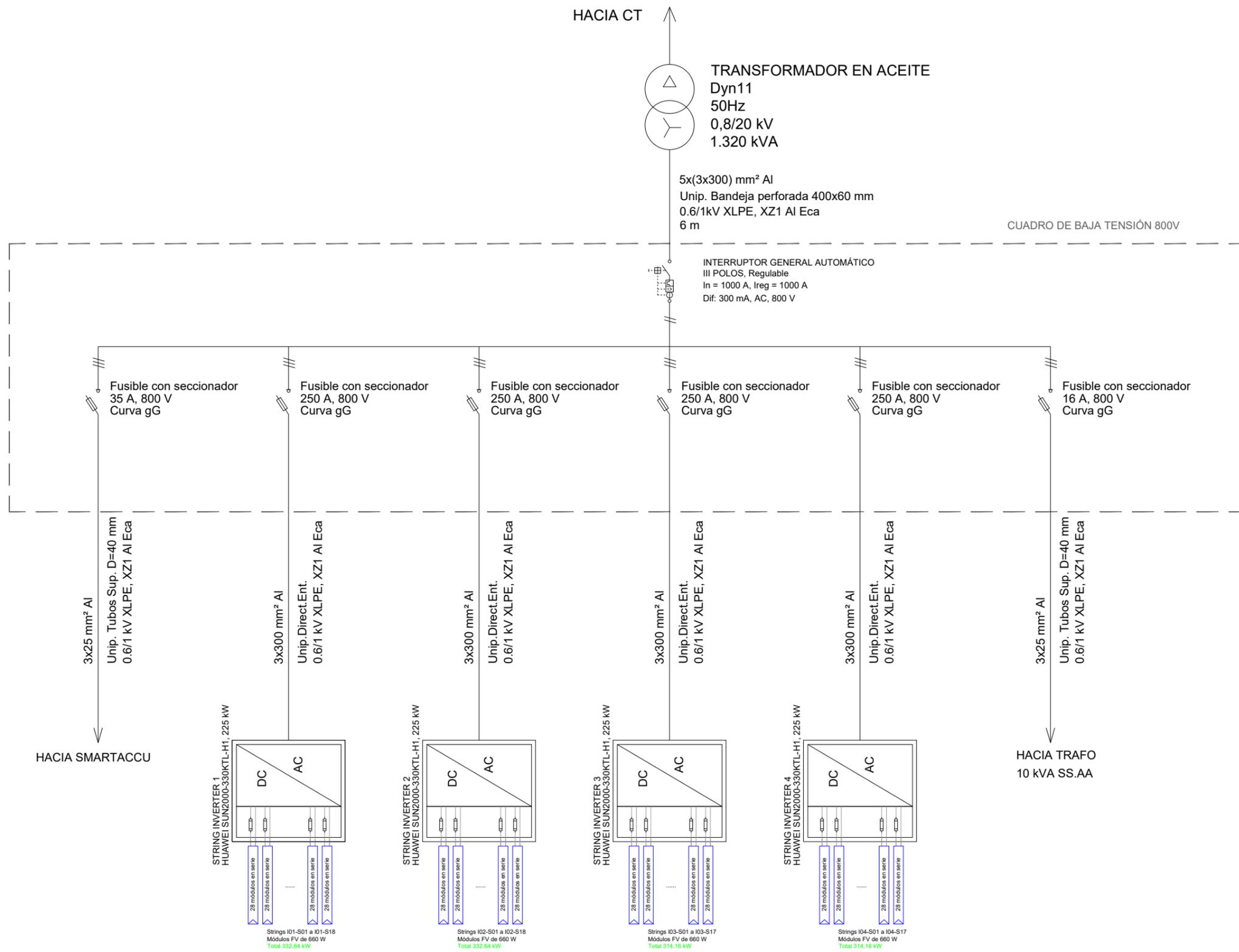
ESCALA: 1/750

POTENCIA: 1.923,60 kWp  
 999,00kWn

FECHA: 22/11/2022

Nº PLANO.: **4.E.3**





DESCRIPCIÓN DEL PLANO:

**ESQUEMA UNIFILAR**

PROYECTO DE EJECUCIÓN:

**PSFV SON MULLET (LLUCMAJOR)**

COORDENADAS:  
38,464919°N  
2,937900°E

FIRMA:

Fdo. Ginés Martínez Pérez  
Colegiado nº 1280



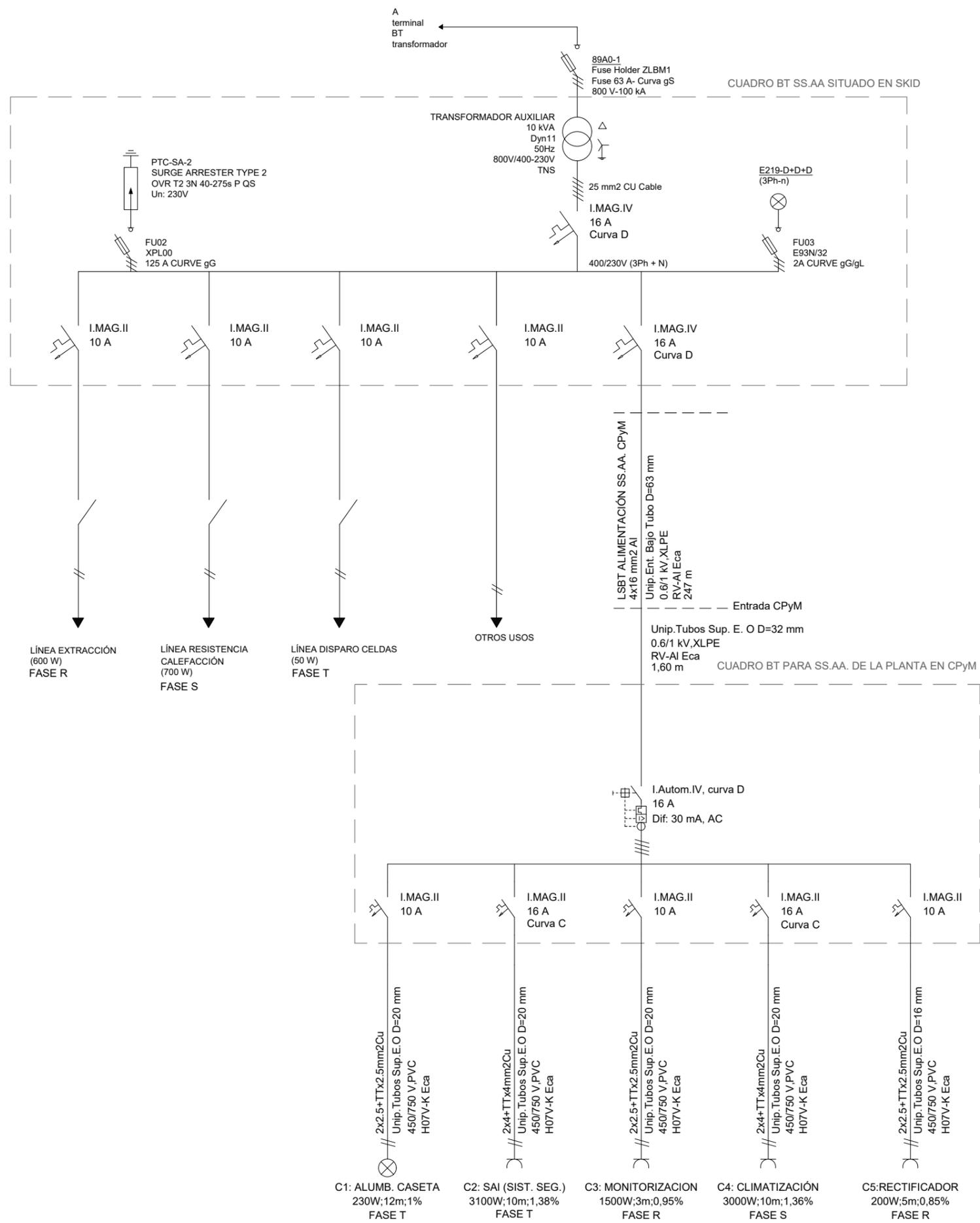
REV.	FECHA	DIBUJANTE	REVISOR	DESCRIPCIÓN
	14/11/2022	LSM	TMG	

ESCALA: S/E

POTENCIA: 1.923,60 kWp  
999,00kWh

FECHA: 22/11/2022

Nº PLANO:  
**4.E.4.1**



DESCRIPCIÓN DEL PLANO:

**ESQUEMA UNIFILAR SS.AA.**

PROYECTO DE EJECUCIÓN:

**PSFV SON MULLET (LLUCMAJOR)**

COORDENADAS:  
38,464919°N  
2,937900°E

FIRMA:  
Fdo. Ginés Martínez Pérez  
Colegiado nº 1280

REV.	FECHA	DIBUJANTE	REVISOR	DESCRIPCIÓN
	14/11/2022	LSM	TMG	

ESCALA: S/E

POTENCIA: 1.923,60 kWp  
999,00kWn

FECHA: 22/11/2022

Nº PLANO.: **4.E.6**

DESCRIPCIÓN DEL PLANO:  
**DETALLE DE CONEXIONADO**  
 PROYECTO DE EJECUCIÓN:  
**PSFV SON MULLET (LLUCMAJOR)**

COORDENADAS:  
 38,464919°N  
 2,937900°E

FIRMA:  
 Fdo. Ginés Martínez Pérez  
 Colegiado nº 1280

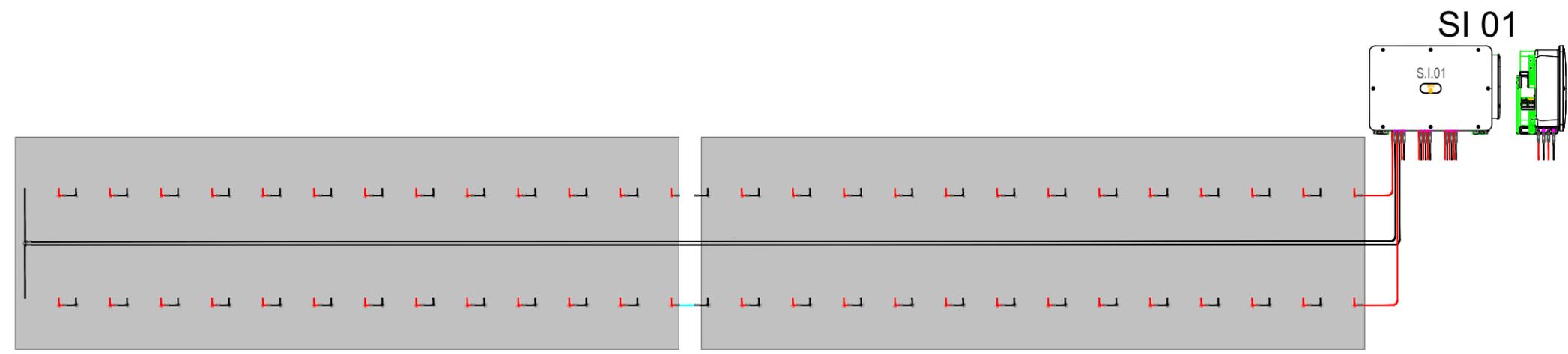
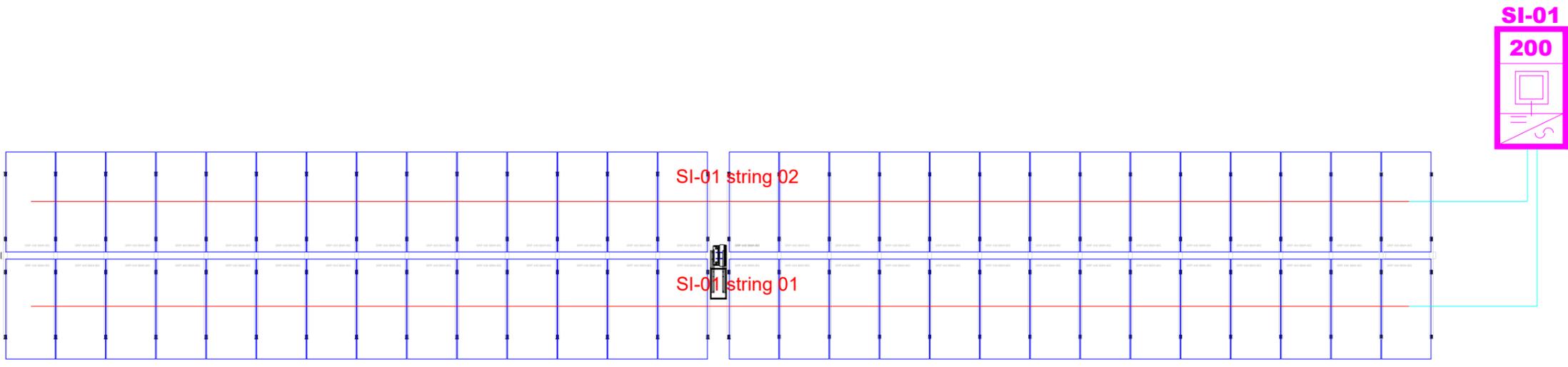
REV.	FECHA	DIBUJANTE	REVISOR	DESCRIPCIÓN
	14/1/2022	LSM	TMG	

ESCALA: S/E

POTENCIA: 1.923,60 kWp  
 999,00kWn

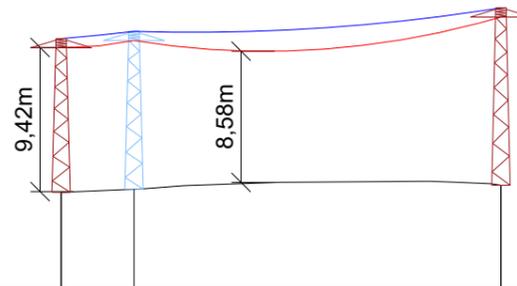
FECHA: 22/11/2022

Nº PLANO: **4.E.7.**



Cond. F: LA-110 94-AL1/22-ST1A			Cond. F: LA-110 94-AL1/22-ST1A		
Apoyo 1 - Apoyo 2			Apoyo 2 - Apoyo 3		
Temp.	Tens.	Flecha	Temp.	Tens.	Flecha
-5°C	993Kg	0,02m	-5°C	882Kg	0,56m
0°C	909Kg	0,02m	0°C	813Kg	0,61m
5°C	825Kg	0,02m	5°C	747Kg	0,67m
10°C	741Kg	0,03m	10°C	686Kg	0,73m
15°C	657Kg	0,03m	15°C	628Kg	0,79m
20°C	574Kg	0,03m	20°C	576Kg	0,86m
25°C	493Kg	0,04m	25°C	530Kg	0,94m
30°C	413Kg	0,05m	30°C	488Kg	1,02m
35°C	336Kg	0,06m	35°C	452Kg	1,1m
40°C	265Kg	0,07m	40°C	420Kg	1,19m
45°C	206Kg	0,1m	45°C	392Kg	1,27m
50°C	161Kg	0,12m	50°C	368Kg	1,36m

Apoyo 1 Apoyo 2 Apoyo 3



P.C.: 96.00 m

Nº Apoyos / Longitud Vanos (m)	1	19.05	2	95.95	3
Cota Terreno (m)	116.00		116.20		116.46
Distancia Parcial (m)	0.00		19.05		95.95
Distancia Origen (m)	0.00		19.05		115.00
Función de Apoyo	FL		AL_AM		FL
Serie Apoyo	C-3000-12		C-1000-12		C-4500-14
Armado (m)	T1		T1		T1
Altura Útil Cruceta Inferior (m)	9,44 (Normal/K=12)		9,71 (Normal/K=12)		10,99 (Normal/K=12)
Tipo de cimentación	Monobloque		Monobloque		Monobloque
Datos Cimentación (m)	a=0,98/h=2,16		a=0,92/h=1,69		a=1,09/h=2,41



DESCRIPCIÓN DEL PLANO:  
**PERFIL Y PLANTA TRAMO AÉREO**

PROYECTO DE EJECUCIÓN:  
**PSFV SON MULLET (LLUCMAJOR)**

COORDENADAS:  
38,464919°N  
2,937900°E

FIRMA:  
Fdo. Ginés Martínez Pérez  
Colegiado nº 1280

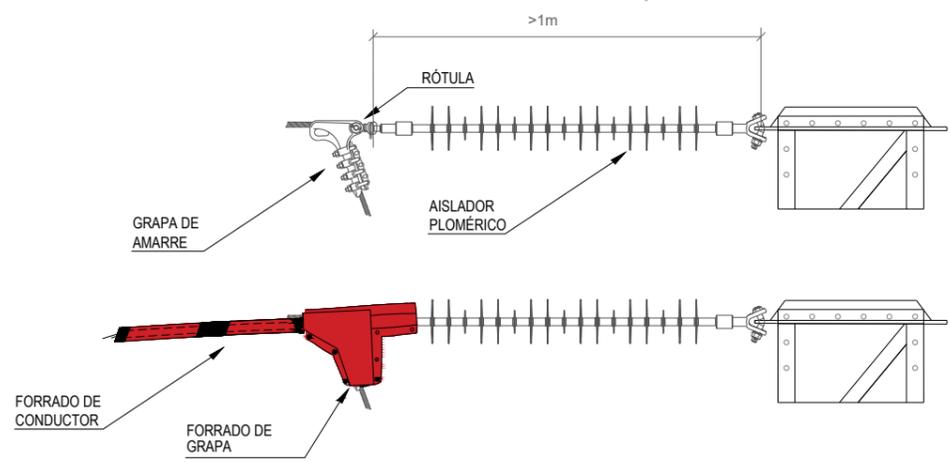
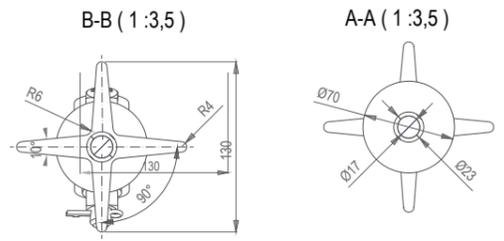
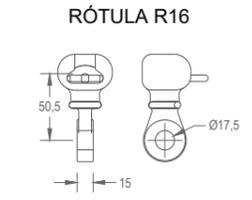
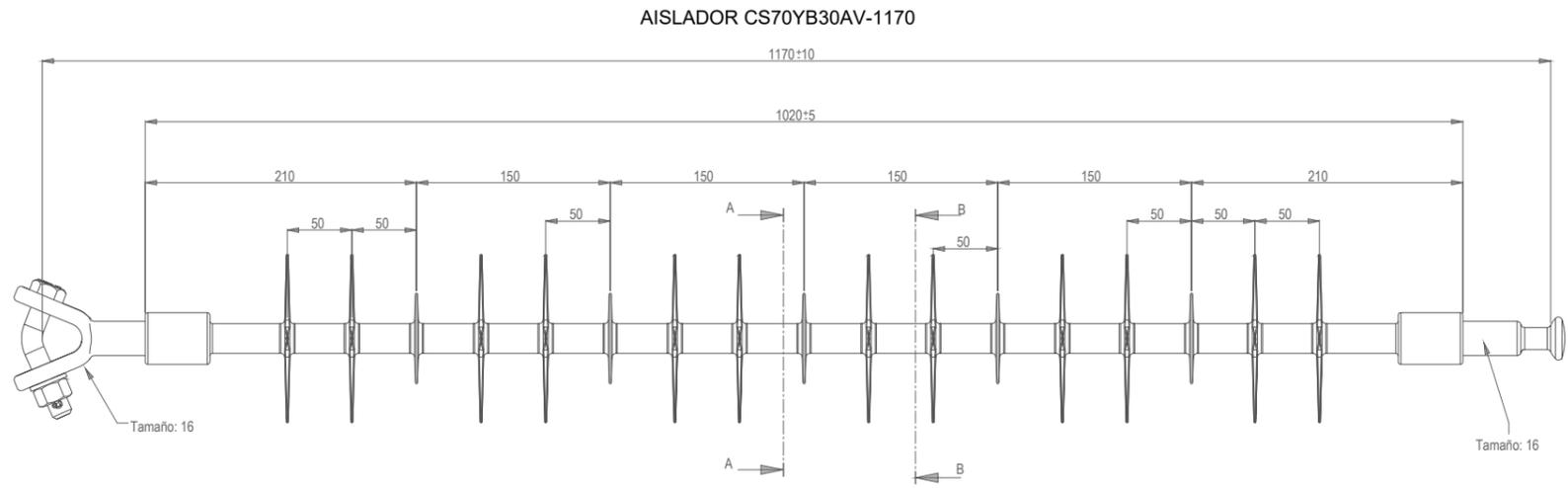
DESCRIPCIÓN	REVISOR	DIBUJANTE	FECHA	REV.
	TMG	LSM	14/11/2022	

ESCALA: EH: 1/2.000  
EV: 1/500

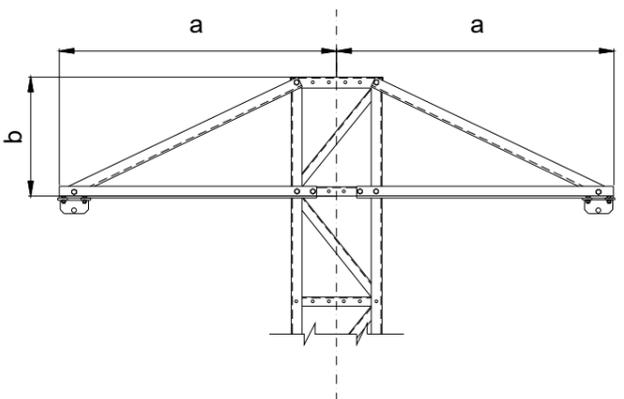
POTENCIA: 1.923,60 kWp  
999,00kWn

FECHA: 22/11/2022

Nº PLANO.:  
**4.E.8.1**



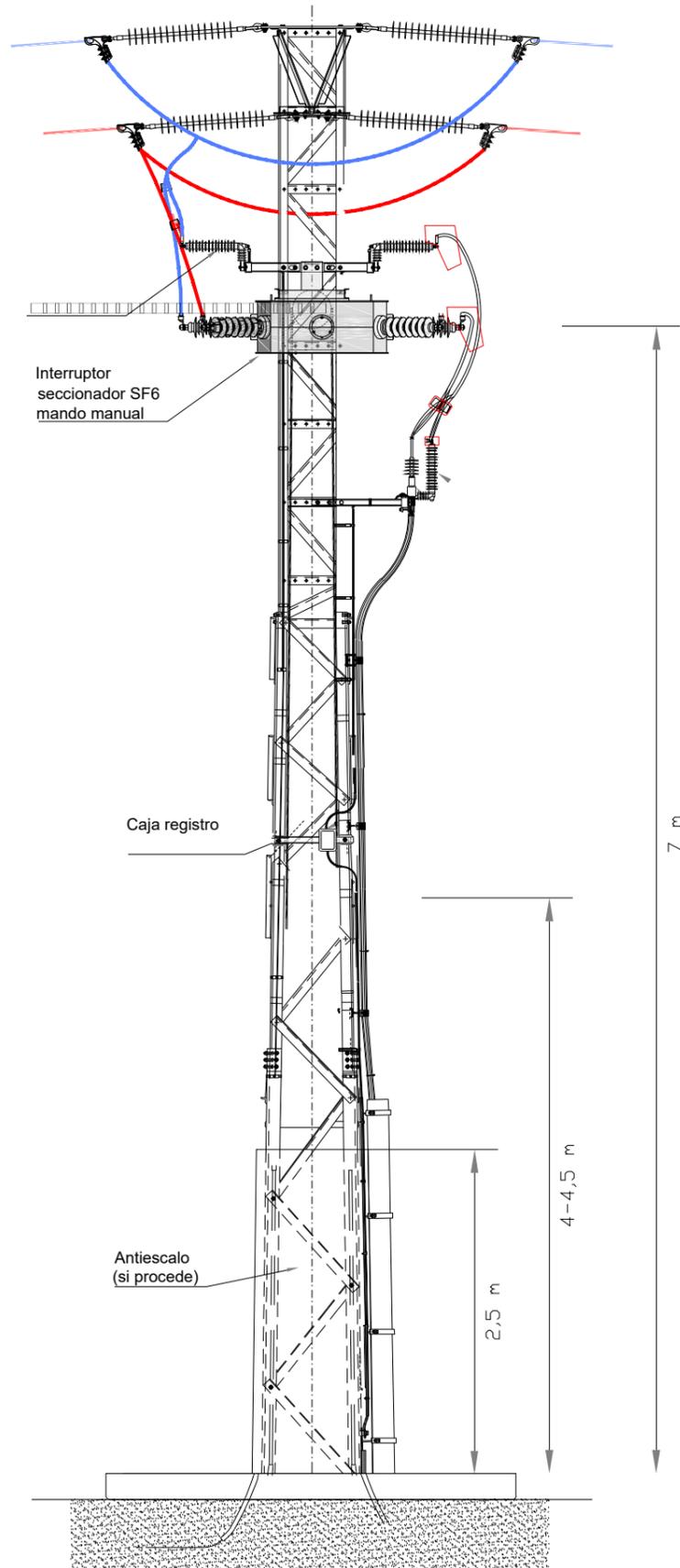
**CRUCETA T**



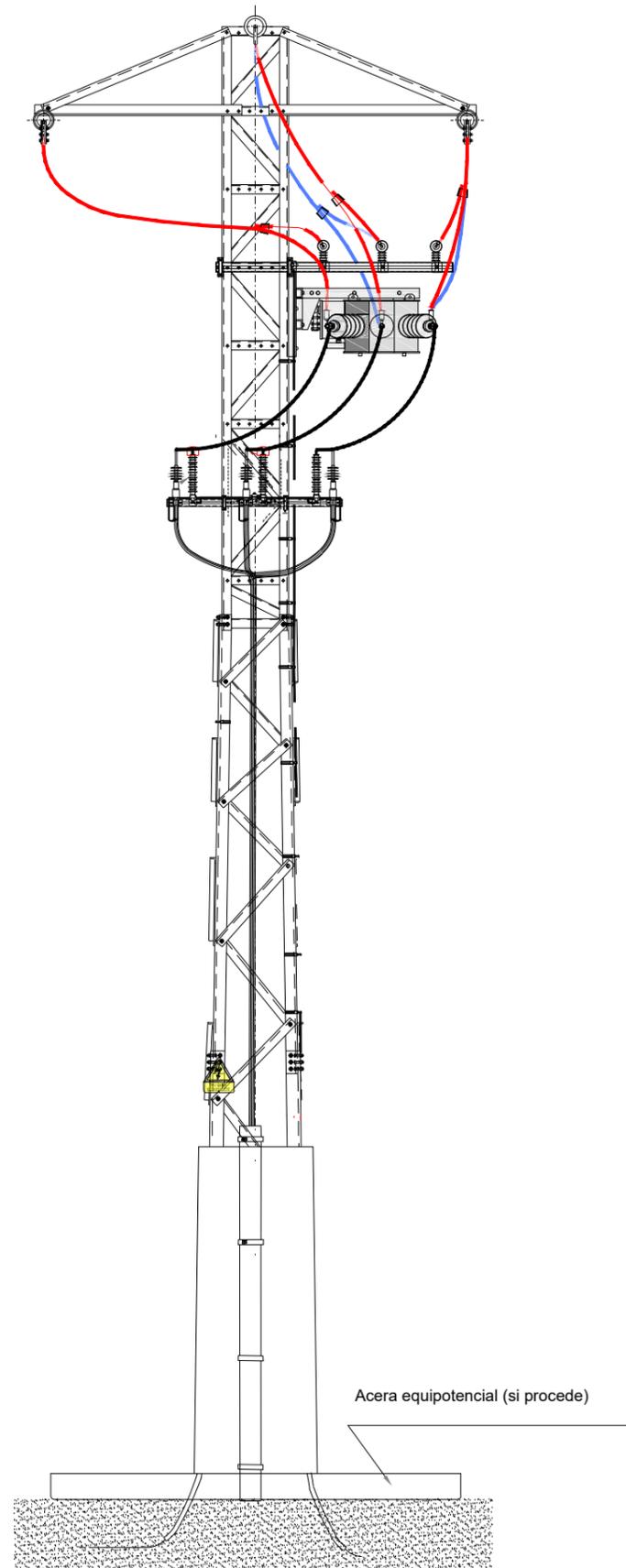
Nº Apoyo	Función	Denominación	Armado	Dimensiones (m)				
				'a-d'	'b'	'c'	'h'	Altura útil
1	AL-AM	C-1000-12	T	1,25	0,6	-	-	9,71

DESCRIPCIÓN DEL PLANO:		<b>DETALLE AISLADORES Y CRUCETA RECTA</b>	
PROYECTO DE EJECUCIÓN:		PSFV SON MULLET (LLUCMAJOR)	
COORDENADAS: 38,464919°N 2,937900°E			
FIRMA: Fdo. Ginés Martínez Pérez Colegiado nº 1280			
DESCRIPCIÓN	REVISOR	DIBUJANTE	FECHA
	TMG	LSM	14/11/2022
REV.			
ESCALA:	S/E		
POTENCIA:	1.923,60 kWp 999,00kWn		
FECHA:	22/11/2022		
Nº PLANO:	4.E.8.2		

VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL



\* Puesta a tierra tipo apoyo frecuentado



DESCRIPCIÓN DEL PLANO:  
**DETALLE ENTROQUE  
 AÉREO-SUBTERRÁNEO**  
 PROYECTO DE EJECUCIÓN:  
**PSFV SON MULLET (LLUCMAJOR)**

COORDENADAS:  
 38,464919°N  
 2,937900°E

FIRMA:  
 Fdo. Ginés Martínez Pérez  
 Colegiado nº 1280

REV.	FECHA	DIBUJANTE	REVISOR	DESCRIPCIÓN
	14/11/2022	LSM	TMG	

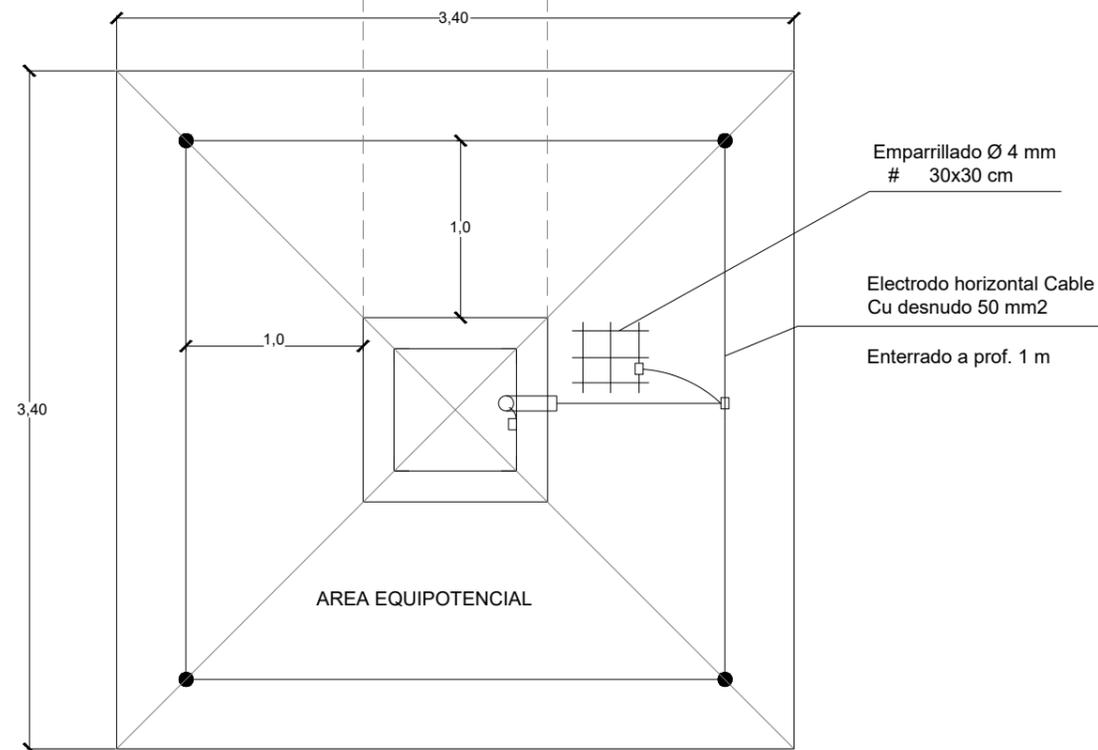
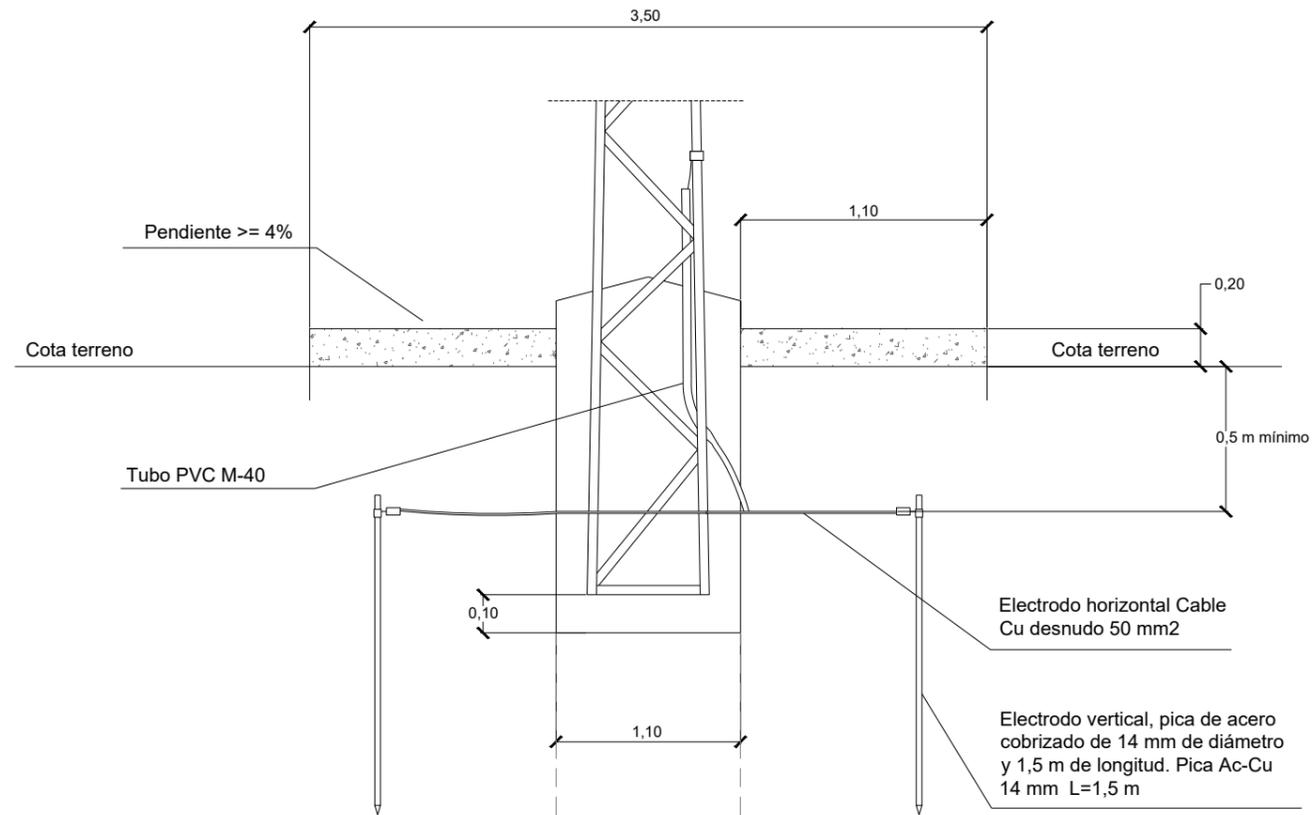
ESCALA: S/E

POTENCIA: 1.923,60 kWp  
 999,00kWn

FECHA: 22/11/2022

Nº PLANO.: **4.E.8.3**

## PUESTA A TIERRA APOYO FRECUENTADO



DESCRIPCIÓN DEL PLANO:  
**DETALLE PUESTA A TIERRA APOYOS**

PROYECTO DE EJECUCIÓN:  
**PSFV SON MULLET (LLUCMAJOR)**

COORDENADAS:  
38,464919°N  
2,937900°E

FIRMA:  
Fdo. Ginés Martínez Pérez  
Colegiado nº 1280

REV.	FECHA	DIBUJANTE	REVISOR	DESCRIPCIÓN
	14/11/2022	LSM	TMG	

ESCALA: S/E

POTENCIA: 1.923,60 kWp  
999,00kWn

FECHA: 22/11/2022

Nº PLANO: **4.E.8.4**

DESCRIPCIÓN DEL PLANO:

**CIMENTACIÓN APOYOS**

PROYECTO DE EJECUCIÓN:

**PSFV SON MULLET (LLUCMAJOR)**

COORDENADAS:  
38,464919°N  
2,937900°E

FIRMA:  
Fdo. Ginés Martínez Pérez  
Colegiado nº 1280

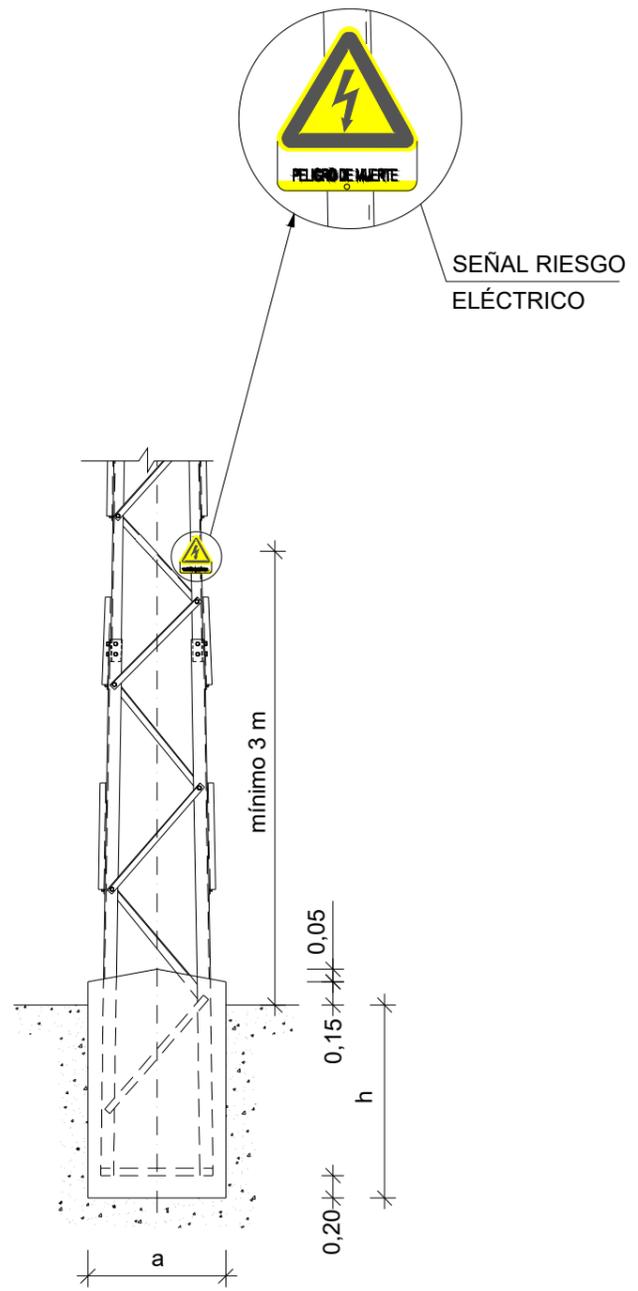
DESCRIPCIÓN	REVISOR	DIBUJANTE	FECHA	REV.
	TMG	LSM	14/11/2022	

ESCALA: S/E

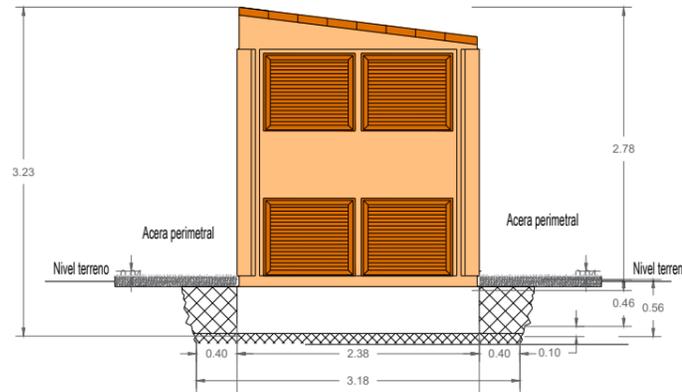
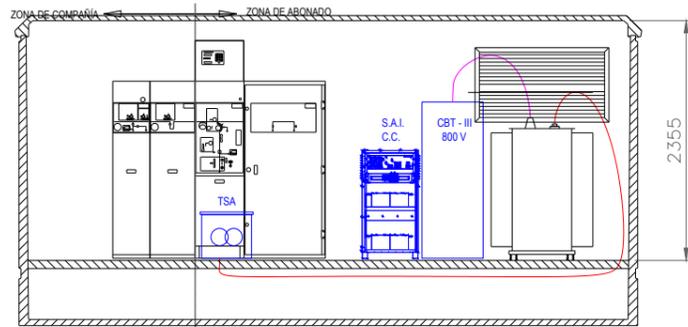
POTENCIA: 1.923,60 kWp  
999,00kWn

FECHA: 22/11/2022

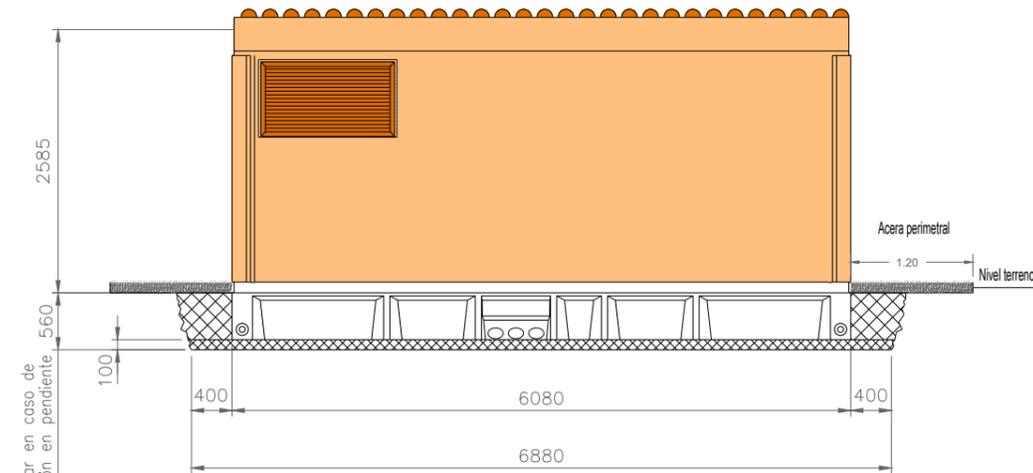
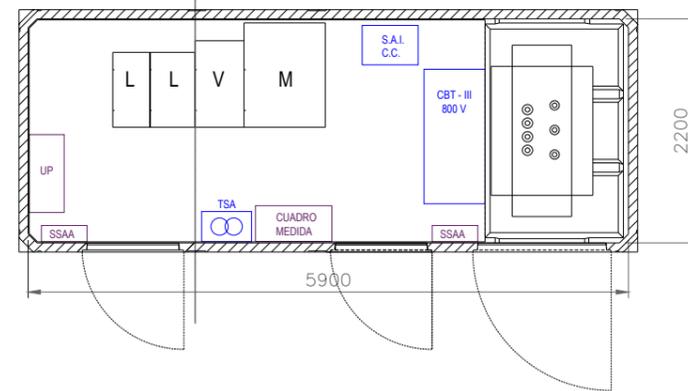
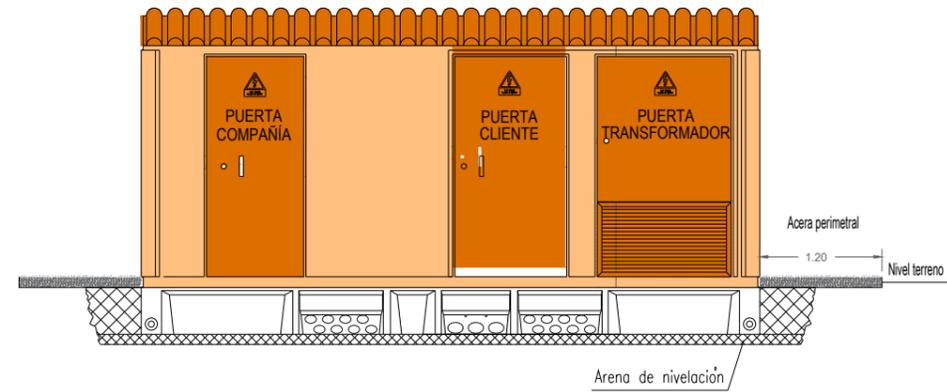
Nº PLANO: **4.E.8.5**



Nº Apoyo	Apoyo	Tipo de cimentación	Dimensiones (m)					Vol. Excavación	Vol. Hormigón
			'a'	'h'	'b'	"H"	'c'		
2	C-1000-12	Monobloque	0,92	1,69	-	-	-	1,43	1,60



**DIMENSIONES DE LA EXCAVACION**  
8.88 m. largo x 3.18 m. ancho x 0.56 m. profund.



**DIMENSIONES DE LA EXCAVACION**  
6.88 m. ancho x 3.18 m. fondo x 0.56 m. profund.

DESCRIPCIÓN DEL PLANO:  
**CENTRO DE TRANSFORMACIÓN**  
**(1.320 KVA)**

PROYECTO DE EJECUCIÓN:  
**PSFV SON MULLET (LLUCMAJOR)**

COORDENADAS:  
38,464919°N  
2,937900°E

FIRMA:  
Fdo. Ginés Martínez Pérez  
Colegiado nº 1280

DESCRIPCIÓN	REVISOR	DIBUJANTE	FECHA	REV.
	TMG	LSM	14/11/2022	

ESCALA: S/E

POTENCIA: 1.923,60 kWp  
999,00kWn

FECHA: 22/11/2022

Nº PLANO:  
**4.E.8.6.1**

Consultar en caso de  
instalación en pendiente.

DESCRIPCIÓN DEL PLANO:  
**PUESTA A TIERRA DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN**  
 PROYECTO DE EJECUCIÓN:  
**PSFV SON MULLET (LLUCMAJOR)**

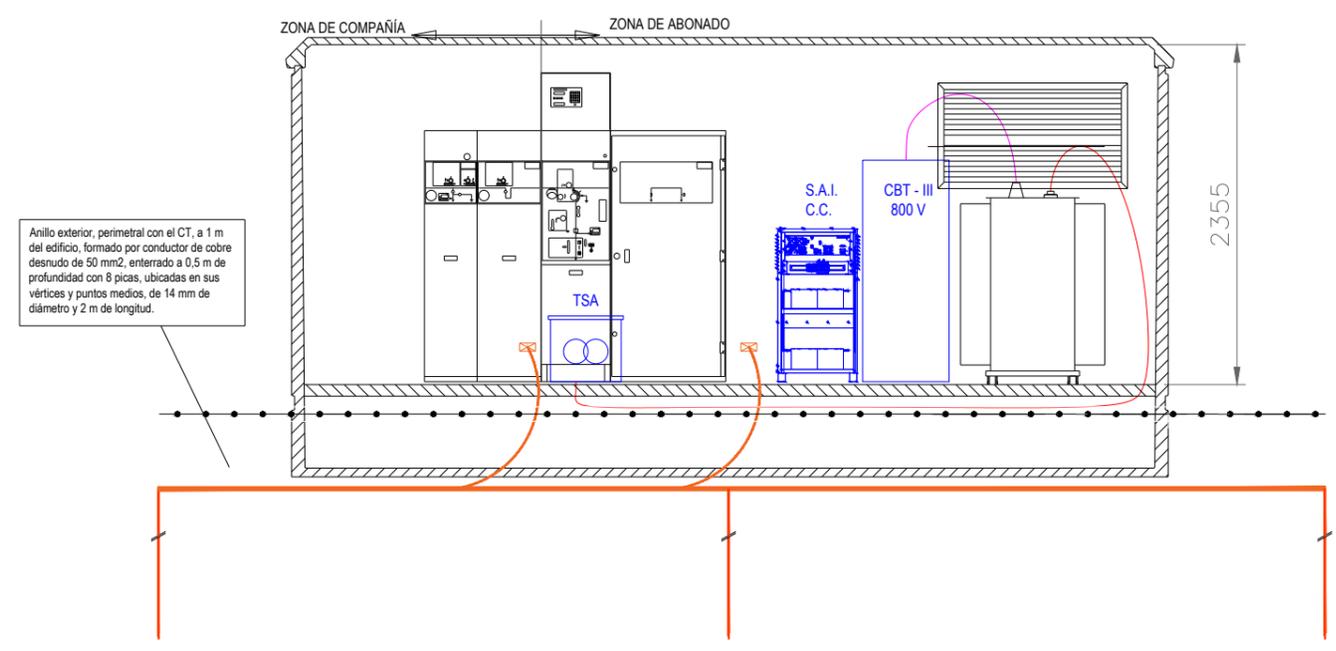
COORDENADAS:  
 38,464919°N  
 2,937900°E

FIRMA:  
 Fdo. Ginés Martínez Pérez  
 Colegiado nº 1280

DESCRIPCIÓN	REVISOR	DIBUJANTE	FECHA	REV.
	TMG	LSM	14/11/2022	

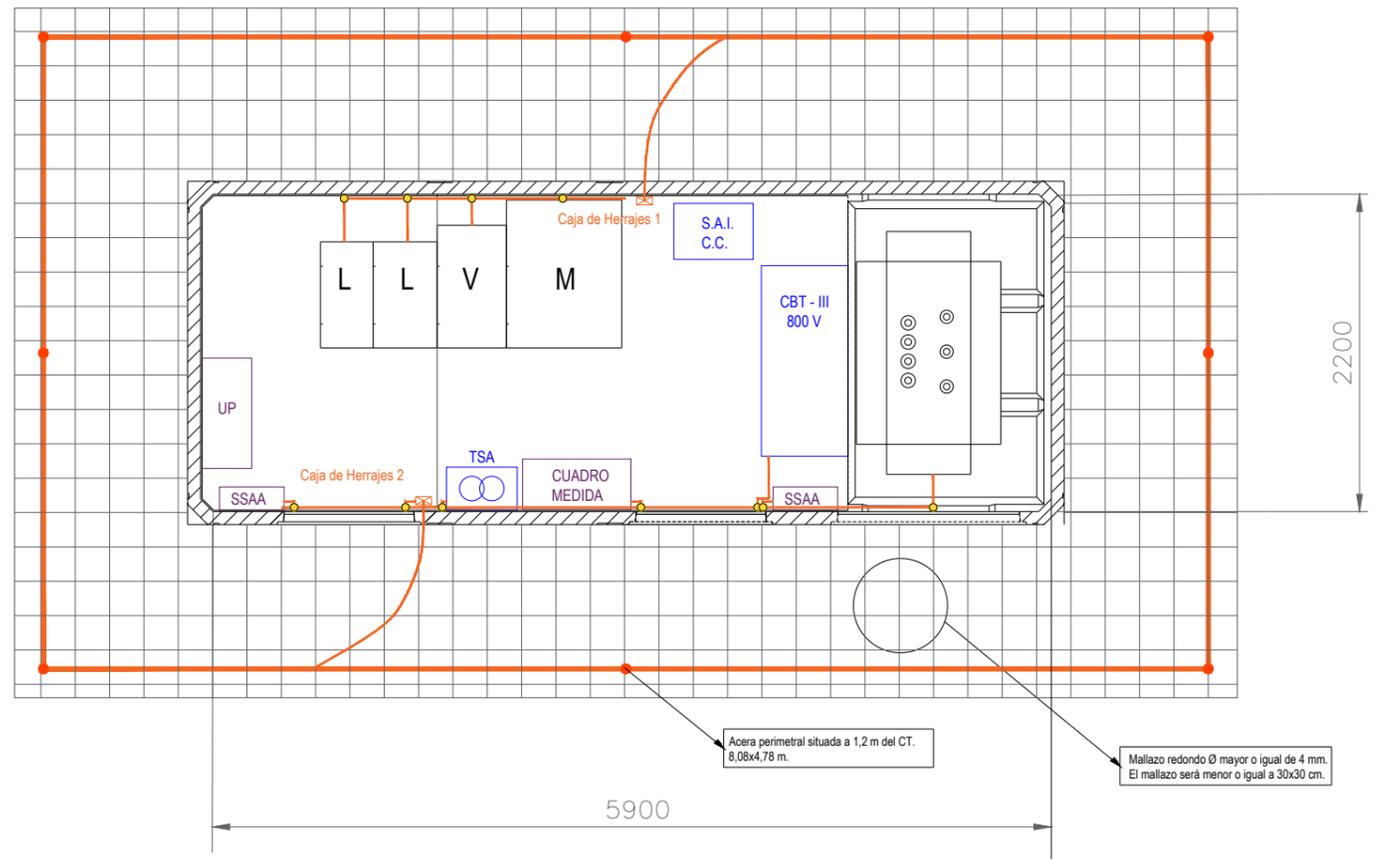
ESCALA: S/E  
 POTENCIA: 1.923,60 kWp  
 999,00kWn  
 FECHA: 22/11/2022

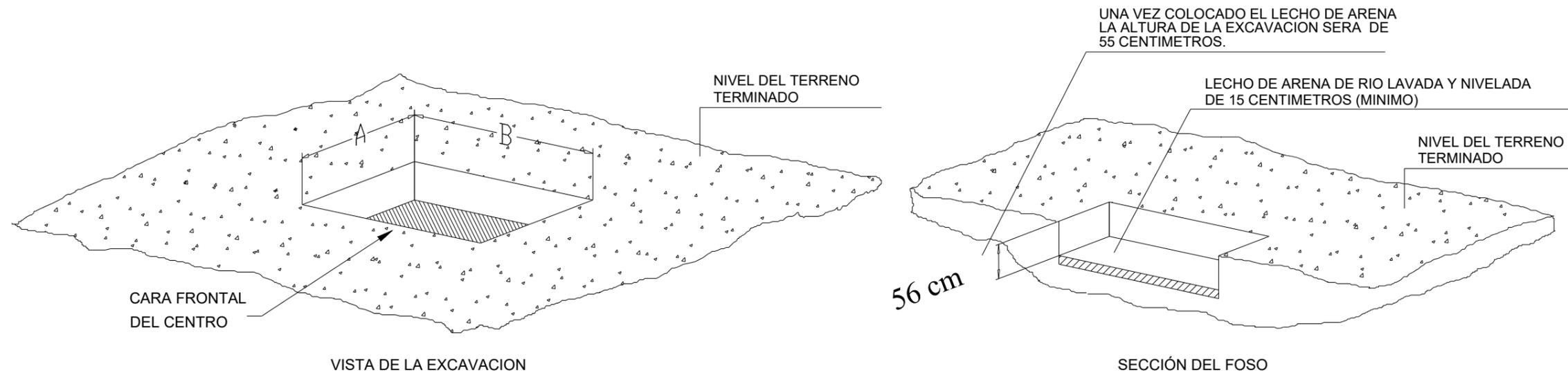
Nº PLANO:  
**4.E.8.6.2**



**PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DE ELECTRODOS DE PAT**  
 Sección conductor: 50 mm<sup>2</sup>  
 Diámetro picas: 14 mm  
 Longitud pica: 2 m  
 Nº de picas: 8  
 Profundidad: 0,5 m  
 Configuración: cuadrado de 8,08 m x 4,52 m  
 Código: 100-40/5/82

**ELEMENTOS CONECTADOS A LA TIERRA DE PROTECCIÓN**  
 Chasis, bastidores de aparatos de maniobra.  
 Envolventes de armarios metálicos.  
 Puertas, vallas y cercas metálicas.  
 Tuberías y conductos metálicos.  
 Estructuras y armaduras metálicas de edificios.  
 Carcasas transformadores, generadores, motores...  
 Blindajes metálicos de cables...  
 Pantallas de cables de alta tensión.





**DIMENSIONES MINIMAS DE EXCAVACION**

TIPO PREFABRICADO	DIMENSIONES (EN METROS)	
	A	B
PFU-5	3.18	6.88

SITUAR EL MODULO DE HORMIGON CENTRADO EN LA EXCAVACION, DEJANDO 50 cm. POR SU FRENTE Y SU PARTE POSTERIOR, PARA PERMITIR LA EXTRACCION DE LOS UTILES DE IZADO.

**CONDICIONES QUE EL CLIENTE DEBERA CUMPLIR CON ANTERIORIDAD A LA INSTALACION:**

- Deberá existir un camino hasta la zona de ubicación del centro suficiente para el acceso de un camión-grúa de características: PMA=47 T; TARA=16 T; CARGA=31 T.
- La zona de ubicación del centro poseerá un espacio libre que permita una distancia entre el eje longitudinal o transversal del foso y el eje longitudinal del vehículo pesado más alejado de 7 m. si se emplea camión-grúa y de 14 m. si se utiliza góndola más grúa, de forma que no existan obstáculos que impidan la descarga de los materiales y el montaje del centro. (Ver catálogo. Para distancias menores, consultar)
- El lecho de arena de 150 milímetros de espesor mínimo, será por cuenta del cliente, y deberá estar realizado con anterioridad a la instalación del centro según se indica en el dibujo superior.

DESCRIPCIÓN DEL PLANO:  
**FOSO EXCAVACIÓN CENTRO DE TRANSFORMACIÓN**

PROYECTO DE EJECUCIÓN:  
**PSFV SON MULLET (LLUCMAJOR)**

COORDENADAS:  
38,464919°N  
2,937900°E

FIRMA:  
Fdo. Ginés Martínez Pérez  
Colegiado nº 1280

DESCRIPCIÓN	REVISOR	DIBUJANTE	FECHA	REV.
	TMG	LSM	14/11/2022	

ESCALA: S/E

POTENCIA: 1.923,60 kWp  
999,00kWn

FECHA: 22/11/2022

Nº PLANO: **4.E.8.7.1.2**



LEYENDA	
	LSAT CT A CPyM 20 kV HEPRZ1 12/20 kV, 3x95 mm <sup>2</sup> Al, 251 m
	MÓDULOS PSFV 'SON MULET'
	LÍMITE PARCELA
	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN
	LAAT EXISTENTES 20 kV 'M.T. LANDA' (PROPIEDAD E-DISTRIBUCIÓN)



DESCRIPCIÓN DEL PLANO:  
**PLANTA MT**  
PROYECTO DE EJECUCIÓN:  
**PSFV SON MULET (LLUCMAJOR)**

COORDENADAS:  
38,464919°N  
2,937900°E

FIRMA:  
Fdo. Ginés Martínez Pérez  
Colegiado nº 1280

DESCRIPCIÓN	REVISOR	DIBUJANTE	FECHA	REV.
	TMG	LSM	14/11/2022	

ESCALA: 1/750

POTENCIA: 1.923,60 kWp  
999,00kWn

FECHA: 22/11/2022

Nº PLANO: 4.E.8

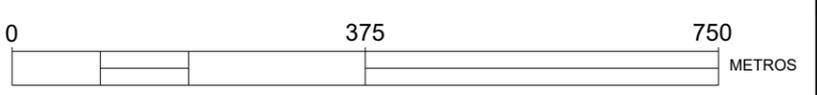


LSAT, HEPRZ1 12/20 kV 3x(1x95)  
mm<sup>2</sup> Al, 264 m  
DIRECTAMENTE ENTERRADA

Apoyo AT existente  
E-Distribución

Apoyo AT a instalar Nº 1  
C-1000-12  
Inicio Línea, entronque A/S  
COORDENADAS UTM ETRS89:  
X: 4943427,32 Y: 4.368.292,27

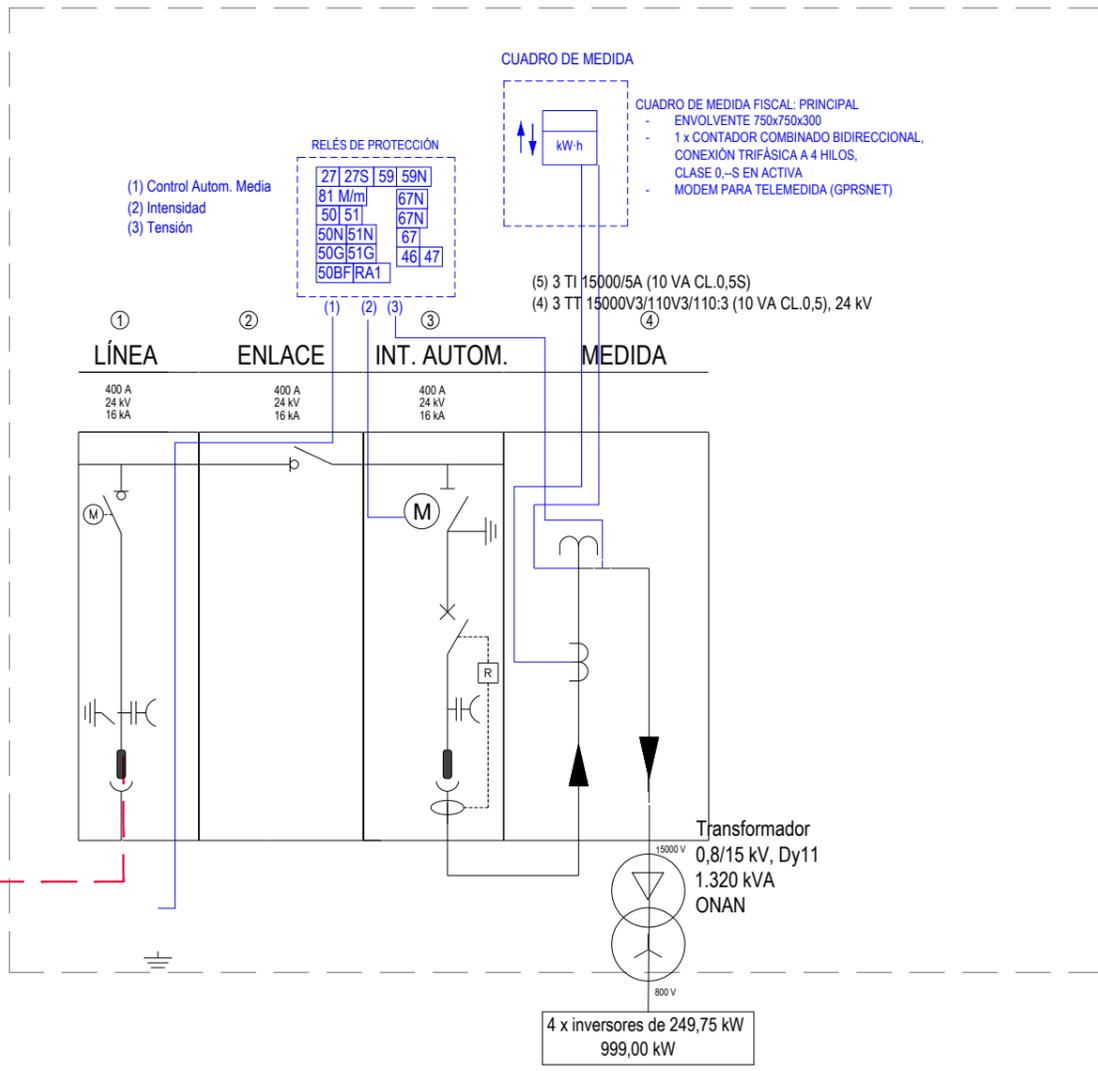
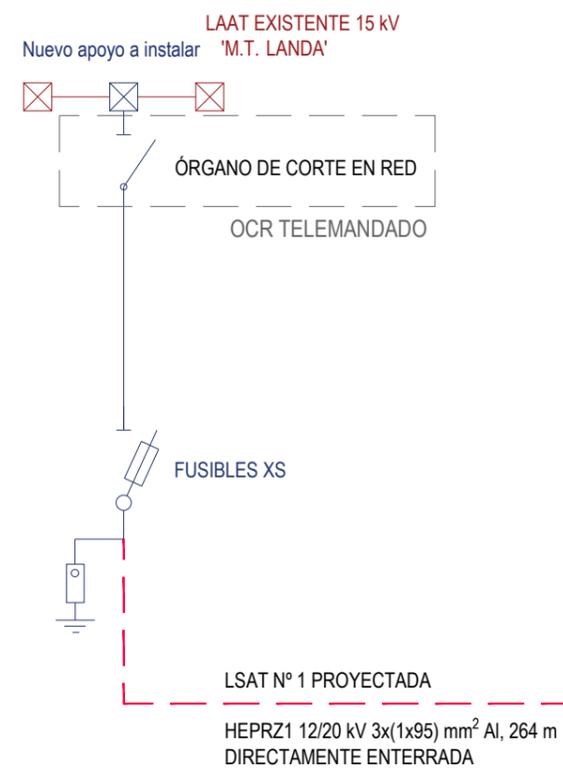
Centro de transformación



LEYENDA	
	Enclavamiento
	Medidor de tensión
	Seccionador de puesta a tierra
	Interruptor de corte en carga
	Interruptor automático
	Transformador intensidad toroidal
	Transformador tensión
	Transformador intensidad

①	CONEXION CON CS / CELDA LÍNEA - INTERRUPTOR SECCIONADOR
②	CELDA DE ENLACE CON CELDA DE LÍNEA DE COMPAÑÍA- CELDA PASANTE
③	PROTECCIÓN GENERAL / CELDA INTERRUPTOR AUTOMÁTICO DE VACÍO MOTORIZADO
④	CELDA DE MEDIDA ENERGÍA

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN



DESCRIPCIÓN DEL PLANO:  
**ESQUEMA UNIFILAR MT**  
 PROYECTO DE EJECUCIÓN:  
**PSFV SON MULLET (LLUCMAJOR)**

COORDENADAS:  
 38,464919°N  
 2,937900°E

FIRMA:  
 Fdo. Ginés Martínez Pérez  
 Colegiado nº 1280

DESCRIPCIÓN	REVISOR	DIBUJANTE	FECHA	REV.
	TMG	LSM	14/11/2022	

ESCALA:	S/E
POTENCIA:	1.923,60 kWp 999,00kWn
FECHA:	22/11/2022
Nº PLANO:	<b>4.E.9</b>



**LEYENDA**

- LÍMITE DE PARCELA
- VALLADO
- CAMINO
- MESA FIJA
- M PUERTA

<span style="border: 1px solid green; width: 15px; height: 15px; display: inline-block;"></span> <i>Olea oleaster</i>	<span style="border: 1px solid purple; width: 15px; height: 15px; display: inline-block;"></span> <i>Lavandula stoechas</i>
<span style="border: 1px solid yellow; width: 15px; height: 15px; display: inline-block;"></span> <i>Phillyrea latifolia</i>	<span style="border: 1px solid pink; width: 15px; height: 15px; display: inline-block;"></span> <i>Daphne gnidium</i>
<span style="border: 1px solid red; width: 15px; height: 15px; display: inline-block;"></span> <i>Pistacia lentiscus</i>	



DESCRIPCIÓN DEL PLANO:  
**ORLA VEGETAL**  
 PROYECTO DE EJECUCIÓN:  
**PSFV SON MULLET (LLUCMAJOR)**

COORDENADAS:  
 38,464919°N  
 2,937900°E

FIRMA:  
 Fdo. Ginés Martínez Pérez  
 Colegiado nº 1280

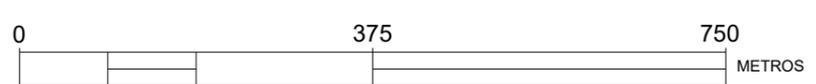
REV.	FECHA	DIBUJANTE	REVISOR	DESCRIPCIÓN
	14/11/2022	LSM	TMG	

ESCALA: **1/750**

POTENCIA: 1.923,60 kWp  
 999,00kWn

FECHA: 22/11/2022

Nº PLANO.:  
**7.CM.1**





UNIVERGY  
SOLAR