

# Proyecto ejecutivo de Planta Solar Fotovoltaica Labrador y su infraestructura de evacuación en el T.M. de Navalcarnero (Madrid)

409.332,71 m E      410.396,36 m E  
4.464.731,60 m N      4.464.163,15 m N  
Huso 30 UTM – ETRS89

Instalación Nueva

Relación de Transformación: 15 kV / 800 V

**Potencia instalada: 5,00 MWn**

**Potencia pico: 6,291 MWp**

Promotor: **PLANTA FOTOVOLTAICA IMAGESOL, S.L.**

Ingeniería: **Ingnova Proyectos**

**Marzo 2024**

## ÍNDICE

### **TOMO I: PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA LABRADOR**

**DOCUMENTO 1: MEMORIA Y ANEJOS A LA MEMORIA**

**DOCUMENTO 2: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD**

**DOCUMENTO 3: PLANOS**

**DOCUMENTO 4: PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS**

**DOCUMENTO 5: PRESUPUESTO**

### **TOMO II: INFRAESTRUCTURAS DE EVACUACIÓN PSF LABRADOR**

**DOCUMENTO 1: MEMORIA Y ANEJOS A LA MEMORIA**

**DOCUMENTO 2: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD**

**DOCUMENTO 3: PLANOS**

**DOCUMENTO 4: PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS**

**DOCUMENTO 5: PRESUPUESTO**

# **TOMO I**

## **Proyecto ejecutivo de Planta Solar Fotovoltaica Labrador en el T.M. de Navalcarnero (Madrid)**

**Potencia instalada: 5,00 MWn  
Potencia pico: 6,291 MWp**

Promotor: **PLANTA FOTOVOLTAICA IMAGESOL, S.L.**

Ingeniería: **Ingnova Proyectos**

**Marzo 2024**

## Índice del proyecto

- Documento nº 1. Memoria y anejos a la memoria.
  - Memoria
  - Anejo 1: Cálculos eléctricos (CC y CA) y sistema de puesta a tierra.
  - Anejo 2: Estudio de producción energética. Informe de PVsyst.
  - Anejo 3: Estudio de cortocircuito y flujo de cargas
  - Anejo 4: Estudio geológico/geotécnico
  - Anejo 5: Estudio hidrológico. Drenaje.
  - Anejo 6. Cálculo de cimentaciones.
  - Anejo 7. Movimiento de tierras.
  - Anejo 8. Gestión de RCD.
  - Anejo 9. Cronograma.
  - Anejo 10. Desmantelamiento.
  - Anejo 11. Fichas técnicas
  - Anejo 12. Configuración eléctrica
  - Anejo 13. RBDA
- Documento nº 2. Estudio de seguridad y salud.
  - Memoria.
  - Pliego de condiciones.
  - Presupuesto.
  - Planos.
- Documento nº 3. Planos.
  - 1. Planos generales
    - 1.0. Portada
    - 1.1. Situación general
    - 1.2. Emplazamiento
    - 1.3. Planta general sobre ortofoto

- 1.4. Viales
- 1.5. Afecciones
- 1.6. Coordenadas vallado
- 1.7. RBDA
- 2. Planos hidrológicos.
  - 2.0. Portada.
  - 2.1. Cuencas
  - 2.2. T10 años. Calados
  - 2.3. T10 años. Velocidad
  - 2.4. T10 años. Peligrosidad
  - 2.5. T100 años. Calados
  - 2.6. T100 años. Velocidad
  - 2.7. T100 años. Peligrosidad
  - 2.8. T500 años. Calados
  - 2.9. T500 años. Velocidad
  - 2.10. T500 años. Peligrosidad
  - 2.11. Zonificación
  - 2.12. T500 años drenaje. Calados
  - 2.13. T500 años drenaje. Velocidad
- 3. Planos obra civil parque.
  - 3.0 Portada
  - 3.1. Planta general sobre cartografía.
  - 3.2. Planta general sobre ortofoto
  - 3.3. Secciones viales y plataformas
  - 3.4. Plano detalle vallado
  - 3.5. Topográfico
  - 3.6. Zonas de acopio
  - 3.7. Perforación horizontal dirigida

- 4. Planos mecánicos.
  - 4.0. Portada
  - 4.1. Detalle seguidor
  - 4.2. Detalle de la estación de potencia
  - 4.3 Cimentaciones
- 5. Red de baja y media tensión
  - 5.0 Portada.
  - 5.1. Bloques de potencia
  - 5.2. Configuración eléctrica
  - 5.3. Esquema unifilar BT
  - 5.4. Esquema unifilar MT
  - 5.5. Configuración strings.
  - 5.6. Trazado circuitos BT
  - 5.7. Trazado zanjas
  - 5.8. Zanjas tipo BT
  - 5.9. Zanjas tipo MT
  - 5.10. Puesta a tierra
  - 5.11. CCTV
- Documento nº 4. Pliego de condiciones técnicas.
- Documento nº 5. Presupuesto.

### Características principales

Elemento	Parámetro	Unidad	
<b>Módulo FV</b>	Fabricante y modelo	-	Jinko Solar JKM545M-72HL4
	Tecnología	-	Bi-facial
	Potencia	Wp	545
	Número de módulos	Qty	11.544
<b>Estructura Soporte</b>	Tipo	-	Estructura seguidor solar
	Fabricante y modelo	-	Soltec SF7
	Configuración	-	2V
	Número de estructuras	Qty	123
<b>Inversor</b>	Tipo	-	String
	Fabricante y modelo	-	SUN2000-215KTL-H0 (200 kW)
	Potencia AC a 40 °C	kW	200 kW
	Número de inversores	-	25xSUN2000-215KTL-H0
<b>Estación de Potencia</b>	Fabricante	-	STS-3000K-H1 Huawei
	Potencia AC a 40°C	kVA	3.400
	Número	Qty	2
<b>Parámetros de Diseño</b>	Tª de diseño	°C	40
	Nº de módulos / string	Qty.	26
	Pitch	m	11
	Nº de strings	Qty	444
	Potencia Pico	MW	6,291
	Potencia Instalada	MW	5,000
<b>Características de la instalación</b>	Coordenadas UTM ETRS89 Huso 30 Zona Este	-	X: 410.396,36 Y: 4.464.163,15
	Coordenada UTM ETRS89 Huso 30 Zona Oeste	-	X: 409.332,71 Y: 4.464.731,60
	Superficie de la parcela catastral	ha	11,69
	Superficie ocupada por el vallado	ha	8,82
	Longitud del vallado	m	1.789,18

## **Documento nº 1: Memoria**

# **Proyecto ejecutivo de Planta Solar Fotovoltaica Labrador en el T.M. de Navalcarnero (Madrid)**

**Potencia instalada: 5,00 MWn**

**Potencia pico: 6,291 MWp**

Promotor: **PLANTA FOTOVOLTAICA IMAGESOL, S.L.**

Ingeniería: **Ingnova Proyectos**

**Marzo 2024**



## ÍNDICE

<b>MEMORIA DESCRIPTIVA .....</b>	<b>5</b>
<b>1. DATOS GENERALES .....</b>	<b>6</b>
1.1. OBJETO DEL PROYECTO.....	6
1.2. ANTECEDENTES.....	6
1.3. POTENCIA INSTALADA .....	7
1.3.1. <i>Capacidad de acceso en el punto de conexión</i> .....	7
1.3.2. <i>Potencia instalada</i> .....	7
1.4. IDENTIFICACIÓN DEL TITULAR.....	8
1.5. ORDEN DE ENCARGO.....	8
1.6. DATOS DEL PROYECTISTA .....	8
1.7. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	9
1.8. NORMATIVA DE APLICACIÓN.....	10
<b>2. CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA .....</b>	<b>14</b>
2.1. SITUACIÓN.....	14
2.2. ACCESOS A LA PLANTA.....	16
2.3. ESTUDIO DE AFECCIONES PLANTA SOLAR .....	17
2.3.1. <i>Afección a Red Natura 2000</i> .....	18
2.3.2. <i>Afección a Caminos Públicos</i> .....	18
2.3.3. <i>Afección a Vías Pecuarias</i> .....	18
2.3.4. <i>Afección a Montes de Utilidad Pública</i> .....	19
2.3.5. <i>Afección a líneas eléctricas</i> .....	19
2.3.6. <i>Afección a carreteras</i> .....	21
2.3.7. <i>Afección a líneas férreas</i> .....	21
2.3.8. <i>Afección a la red hidrográfica</i> .....	21
2.3.9. <i>Afección urbanística</i> .....	27
2.3.9.1. <i>Usos del Suelo</i> .....	27
2.3.9.2. <i>Condiciones de Implantación</i> .....	29
2.3.9.3. <i>Conclusiones</i> .....	30
2.3.10. <i>Afecciones patrimoniales</i> .....	30
2.4. RIESGO SÍSMICO .....	31
<b>3. FUNCIONAMIENTO .....</b>	<b>32</b>
<b>4. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN SOLAR.....</b>	<b>32</b>
4.1. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES .....	33
4.2. CONFIGURACIÓN ELÉCTRICA .....	34
<b>5. COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA .....</b>	<b>35</b>
5.1. MÓDULOS FOTOVOLTAICOS .....	35
5.2. INVERSOR FOTOVOLTAICO .....	37
5.3. SEGUIDOR SOLAR.....	40
5.4. ESTACIÓN DE POTENCIA.....	42
5.4.1. <i>Transformador de potencia</i> .....	43
5.4.2. <i>Celdas de media tensión</i> .....	44
5.4.3. <i>Transformación auxiliar / instalación C.A. cuadro de SSAA</i> .....	46

5.4.4.	UPS .....	46
5.4.5.	Cuadro de comunicaciones/control.....	46
<b>6.</b>	<b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN (BT).....</b>	<b>46</b>
6.1.	CRITERIOS DE DISEÑO.....	46
6.2.	CORRIENTE CONTINUA Y ALTERNA .....	47
6.2.1.	Interconexión de módulos.....	48
6.2.2.	Tipología de cables y secciones módulos – inversor.....	48
6.2.3.	Conexiones inversor - transformador.....	48
6.2.4.	Conexiones inversor – transformador SSAA .....	49
<b>7.</b>	<b>LÍNEA DE INTERCONEXIÓN MEDIA TENSIÓN (MT).....</b>	<b>49</b>
<b>8.</b>	<b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE EVACUACIÓN DE MEDIA TENSIÓN (MT) .....</b>	<b>50</b>
<b>9.</b>	<b>SISTEMA DE PROTECCIONES.....</b>	<b>51</b>
9.1.	PROTECCIONES CORRIENTE CONTINUA.....	52
9.2.	PROTECCIONES CORRIENTE ALTERNA .....	52
9.3.	RED DE TIERRAS .....	52
9.3.1.	Paneles fotovoltaicos .....	54
9.3.2.	Estructuras .....	54
9.3.3.	Inversores.....	54
9.3.4.	Centros de transformación.....	54
9.3.5.	Vallado .....	54
9.4.	PUESTA A TIERRA .....	54
<b>10.</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS.....</b>	<b>57</b>
10.1.	TOPOGRAFÍA.....	57
10.2.	OBRA CIVIL .....	58
10.2.1.	Acondicionamiento del terreno.....	58
10.2.2.	Orientación y pendientes.....	59
10.2.3.	Integración morfológica con el terreno ocupado.....	59
10.2.4.	Cimentación estructura seguidor solar .....	59
10.2.5.	Cimentación para centros de transformación.....	60
10.2.6.	Canalizaciones.....	60
10.2.7.	Viales internos.....	62
10.2.8.	Vallado perimetral.....	63
10.2.9.	Estudio geotécnico .....	64
10.2.10.	Sistema de drenaje.....	64
10.2.11.	Perforación horizontal dirigida.....	64
10.2.12.	Instalaciones provisionales y zonas de acopio .....	66
10.3.	SISTEMA DE SEGURIDAD .....	66
10.4.	SISTEMA DE MONITORIZACIÓN Y CONTROL .....	67
10.4.1.	Estación meteorológica.....	68
10.4.2.	Equipo de medida.....	69
10.4.3.	Inversores .....	70
10.4.4.	Sistema de control de planta (PPC) .....	70
10.5.	SUMINISTRO DE EQUIPOS.....	72
10.6.	MONTAJE MECÁNICO.....	72
10.6.1.	Montaje de estructuras con seguidor y módulos .....	72

10.6.2.	Montaje de estaciones de potencia.....	73
10.7.	MONTAJE ELÉCTRICO .....	73
10.7.1.	Baja tensión (BT) .....	73
10.7.2.	Media tensión (MT).....	73
11.	<b>CENTRO DE PROTECCIÓN Y MEDIDA Y SECCIONAMIENTO.....</b>	<b>77</b>
12.	<b>RESUMEN DE PRESUPUESTO .....</b>	<b>78</b>

## MEMORIA DESCRIPTIVA

## 1. Datos generales

### 1.1. Objeto del proyecto

El objeto del presente proyecto es la definición de las características de la Instalación Fotovoltaica de 6,291 MWp de potencia pico y 5,00 MWn de potencia instalada, para la legalización ante los organismos correspondientes.

La energía generada en la instalación fotovoltaica se conducirá mediante una línea subterránea de media tensión, objeto del Tomo II “Infraestructuras de evacuación PSF Labrador”, desde el centro de transformación hasta el punto de conexión situado en el tramo de línea comprendido entre la STR NAVALCARNERO y el CT DEHESA 13-NER (15 kV) (propiedad de I-DE REDES ELECTRICAS INTELIGENTES S.A.U.), en el T.M. de Navalcarnero (Madrid). A continuación, se aporta un esquema con la descripción de los tomos de la Planta Solar Fotovoltaica Labrador.

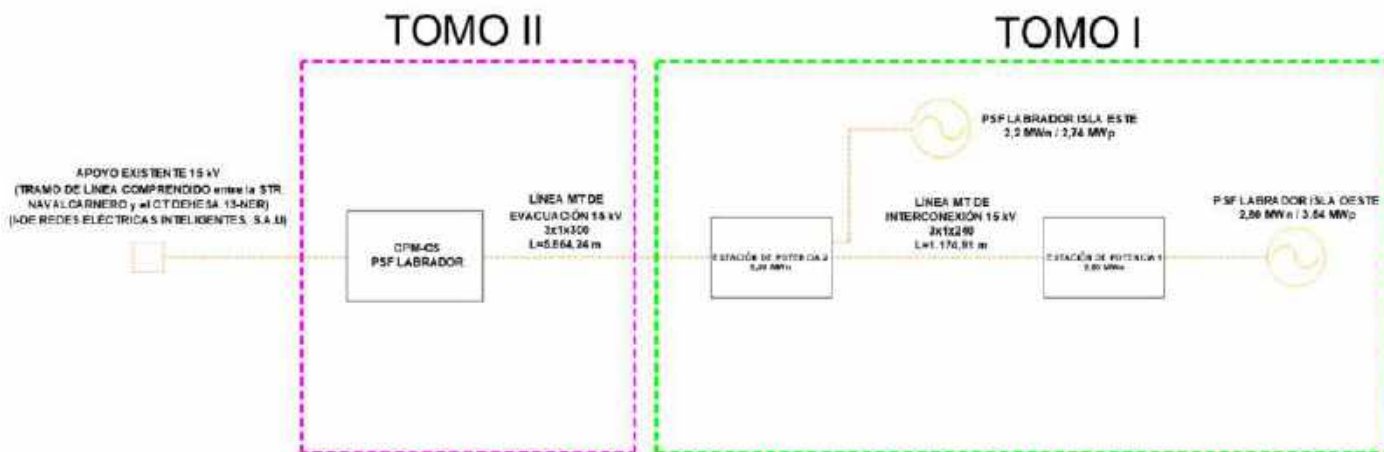


Ilustración 1. Esquema Planta Solar Fotovoltaica Labrador y sus infraestructuras de evacuación

La instalación fotovoltaica se proyecta en el municipio de Navalcarnero, perteneciente a la provincia de Madrid.

La finalidad del presente documento es servir de proyecto para la realización de las gestiones necesarias ante las administraciones y los organismos correspondientes, entre otros trámites administrativos para la solicitud de la Autorización Administrativa Previa, aprobación del Proyecto de Ejecución y Evaluación de Impacto Ambiental.

### 1.2. Antecedentes

El consumo energético en la sociedad actual crece de forma notable cada año, por lo que llegará un momento en que los recursos naturales usados actualmente se agotarán o se verán reducidos en gran medida.

Además, los sistemas de generación energética tradicionales, como son las centrales nucleares y las centrales térmicas de carbón, tienen un impacto negativo sobre el medioambiente. Por todo ello, urge la necesidad de desarrollar proyectos de

generación de energía mediante fuentes renovables, en los que la generación se realiza mediante fuentes inagotables y respetuosas con el medio ambiente.

En particular, la generación mediante energía solar fotovoltaica como fuente de generación renovable, consiste en la transformación de la energía procedente de la radiación solar en energía eléctrica, siendo una de las fuentes más ecológicas debido al bajo impacto ambiental que presenta. Se caracteriza 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 que es una fuente inagotable.

En este contexto, la sociedad PLANTA FOTOVOLTAICA IMAGESOL, S.L. es la promotora de la Planta solar fotovoltaica Labrador, en el término municipal de Navalcarnero, provincia de Madrid.

### 1.3. Potencia instalada

A continuación, se establecen las potencias del Proyecto tal y como establece el Real Decreto 1183/2020 y Real Decreto-Ley 23/2020.

#### 1.3.1. Capacidad de acceso en el punto de conexión

Tal y como establece el Real Decreto-ley 23/2020 en su artículo 4, la Capacidad de acceso de la Planta Solar Fotovoltaica Labrador conforme al permiso de acceso de conexión otorgado por I-DE REDES ELECTRICAS INTELIGENTES S.A.U. es de 5,00 MW.

#### 1.3.2. Potencia instalada

Según la disposición final tercera del Real Decreto 1183/2020, la potencia instalada se define como:

“En el caso de instalaciones fotovoltaicas, la potencia instalada será la menor de entre las dos siguientes:

- a) La suma de las potencias máximas unitarias de los módulos fotovoltaicos que configuran dicha instalación, medidas en condiciones estándar según la norma UNE correspondiente.
- b) La potencia máxima del inversor o, en su caso, la suma de las potencias de los inversores que configuran dicha instalación.

Por lo tanto, para la Instalación Fotovoltaica Navalcarnero se obtienen los siguientes valores:

Número de módulos	11.544
Potencia unitaria cara delantera en STC	545
<b>Potencia pico</b>	<b>6,291 MW</b>
Número de inversores	25 x SUN2000-215KTL-H0
Potencia unitaria del inversor (40°C)	200kW
<b>Potencia máxima de inversores</b>	<b>200 kW</b>
Potencia limitada del inversor (40°C)	200 kW
<b>Potencia máxima limitada de inversores</b>	<b>5,00 MW</b>

Tabla 1. Potencia instalada

Según los valores recogidos en la tabla anterior, la potencia instalada de la Planta Solar Fotovoltaica Labrador es de 5,00 MW.

#### 1.4. Identificación del titular

El titular del proyecto es la sociedad Planta Fotovoltaica Imagesol, S.L., con C.I.F: B-06.844.559 y con domicilio a efectos de notificaciones en Glorieta Ruiz Jiménez, 3, Planta 1, Puerta DR - 28015, Madrid.

#### 1.5. Orden de encargo

La sociedad mercantil Planta Fotovoltaica Imagesol, S.L., con domicilio en Glorieta Ruiz Jiménez, 3, Planta 1, Puerta DR, 28015 de Madrid y CIF: B-06.844.559 encarga a D. \_\_\_\_\_ en representación de Ingnova Enterprise, S.L. con domicilio a efectos de notificaciones en C/ Tomas de Aquino 14, Local en Córdoba (C.P.: 14004) y CIF: \_\_\_\_\_, la elaboración del **“Proyecto ejecutivo de Planta Solar Fotovoltaica Labrador y sus infraestructuras de evacuación situado en el T.M. Navalcarnero (Madrid)”**

#### 1.6. Datos del proyectista

## 1.7. Justificación del proyecto

Las actuaciones contempladas en el presente proyecto consisten en la construcción de una planta de generación de energía eléctrica a partir de fuentes renovables capaz de generar 5,00 MWn. La instalación está diseñada para tener las mínimas pérdidas posibles, si bien en ningún caso se superará la capacidad de acceso en el POI.

La Directiva 2018/2001 de fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables establece los objetivos mínimos en materia de energías renovables que debe alcanzar la Unión Europea, así como cada uno de sus estados miembros, estableciendo:

- Objetivo de energías renovables en el conjunto de la UE del 32% en 2030.
- Mejora del diseño y la estabilidad de los esquemas de apoyo para las energías renovables.
- Busca racionalizar y reducir los procedimientos administrativos.
- Establece un marco regulatorio claro y estable para el autoconsumo.
- Pone al ciudadano en el centro de la Unión de la Energía mediante, entre otros, la creación de la figura de la comunidad de energía renovable.
- Aumenta el nivel de ambición en los sectores del transporte y de calefacción/refrigeración.
- Mejora la sostenibilidad de la bioenergía.

Además, desde el sector eléctrico español se encuentra en fase de borrador el nuevo Plan Nacional de Energía y Clima 2021-2030, mediante el cual se pretenden cumplir los siguientes objetivos:

- 23% de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) respecto a 1990.
- 42% de energías renovables sobre el consumo total de energía final.
- 39,5% de mejora de la eficiencia energética.
- En 2050, el objetivo es alcanzar la neutralidad climática con la reducción de al menos un 90% de nuestras emisiones brutas totales de GEI, en total coherencia con los objetivos de la Unión Europea. Además, alcanzar un sistema eléctrico 100% en 2050.
- La economía se electrifica con mayor intensidad gracias a las medidas introducidas. El consumo final de electricidad pasa de representar un 23% del mix de energía final en 2015 al 27% en 2030.
- En el año 2030 se prevé una potencia total instalada en el sector eléctrico de 160.837 MW, de los que 50.333 serán energía eólica, 39.181 solar fotovoltaica, 26.612 centrales de ciclo combinado de gas, 17.296 hidráulica y bombeo mixto y 7.303 solar termoeléctrica.



- Prevé añadir otros 59 GW de potencia renovable y 6 GW de almacenamiento (3,5 GW de bombeo y 2,5 GW de baterías), con una presencia equilibrada de las diferentes tecnologías renovables.
- El nivel de penetración de energías renovables en el sector de la generación eléctrica alcanzará en 2030 el 74%, desde el aproximadamente 38-40% actual.
- La generación eléctrica prevista para el año 2030 es de 346.290 GWh. Las principales contribuciones a dicha generación provendrán de las siguientes fuentes: la eólica aportará 119.520 GWh; la solar fotovoltaica 70.491; la hidráulica, 28.351; la nuclear 24.952, los ciclos combinados, 32.725.
- No será necesaria la presencia de potencia de generación de respaldo adicional de centrales de gas para cubrir los periodos de baja generación renovable.
- El sector eléctrico presentará una reducción de emisiones de un 72% entre los años 2017 y 2030.
- El sector energético será el sector de la economía que lidera la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.
- La inversión total requerida para la transformación del sector eléctrico (renovables y redes) sobrepasará los 150.000 millones de euros a lo largo de la década 2021-2030. Incluirá las inversiones en tecnologías renovables y en la ampliación y modernización de las redes de transporte y distribución. Esa inversión será realizada mayoritariamente por el sector privado.

Por lo tanto, las instalaciones fotovoltaicas generan electricidad a partir de fuentes de energía que poseen la capacidad de regenerarse por sí mismas por lo que son inagotables si se utilizan de forma sostenible.

Este tipo de proyectos presentan numerosas ventajas respecto a otras instalaciones energéticas, entre las que se encuentran:

- a. Disminución de la dependencia de fuentes fósiles para el abastecimiento energético, contribuyendo a la implantación de un sistema energético favorable y sostenible y a una diversificación de las fuentes primarias de energía.
- b. Utilización de recursos renovables.
- c. No emisión de CO<sub>2</sub> y otros gases contaminantes a la atmósfera.
- d. Baja tasa de producción de residuos y vertidos contaminantes en su fase de operación.

Según lo expuesto anteriormente, se justifica que la generación de energía eléctrica por medio de fuentes renovables es de utilidad pública e interés social.

## 1.8. Normativa de aplicación

El presente proyecto se ha elaborado teniendo en cuenta la siguiente normativa:

## Normativa energética

- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía.
- Real Decreto 413/2014, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energías renovables, cogeneración y residuo.
- Real Decreto – Ley 23/2020, de 23 de junio, por el que se aprueban medidas en materia de energía y en otros ámbitos para la reactivación económica.
- Real Decreto 1183/2020, de 29 de diciembre, de acceso y conexión a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica.

## Normativa Local

- Plan General de Ordenación Urbana de Navalcarnero.

## Instalaciones eléctricas

- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.
- Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión, y sus ITC-BT-01 a 52.
- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.
- Reglamento electrotécnico de baja tensión aprobado por el real Decreto 842/2002 de 2 de agosto, publicado en BOE nº 224 de 18 de septiembre de 2003.
- Instrucciones Complementarias del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.
- Real Decreto 223/2008 de 15 de febrero por el que se aprueba el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas de eléctricas de alta tensión y sus instrucciones complementarias ITC-LAT 01 a 09.
- Ministerio de Industria y Energía. Orden de 5 de septiembre de 1985 por la que se establecen las normas administrativas y técnicas para el funcionamiento y conexión a las redes eléctricas de centrales hidroeléctricas de hasta 5.000 kVA y centrales de Autogeneración eléctrica.
- Real Decreto 1110/2007 de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.
- Normas y Recomendaciones de la Compañía Suministradora en general.
- Instrucciones y normas particulares de la compañía Suministradora de Energía Eléctrica.

## Obra civil

- Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes PG-3, con la última revisión de los artículos del pliego vigente en el momento de ejecución de la obra civil del parque.
- ORDEN FOM/3460/2003, de 28 de noviembre, por la que se aprueba la norma 6.1-IC “Secciones de firme”, de la Instrucción de Carreteras.
- Real Decreto 470/2021, de 29 de junio, por el que se aprueba el Código Estructural
- Real Decreto 314/2006, de 17 marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Las disposiciones, normas y reglamentos que figuran en el Pliego de Prescripciones Técnicas, tanto en lo referente a instalaciones eléctricas como en lo referente a obra civil.
- Normativa DB SE-AE Acciones en la edificación.
- Normativa DB SE-A Acero.
- Normativa DB SE Seguridad estructural.
- Orden de 16 de diciembre de 1991 por la que se regulan los accesos a las carreteras del estado, las vías de servicio y la construcción de instalaciones de servicios.
- Recomendaciones para el proyecto de intersecciones, MOP, 1967.
- Norma 3.1-IC de Trazado, de la Instrucción de Carreteras.
- Norma 5.2-IC de drenaje Superficial, de la Instrucción de Carreteras.
- Norma 6.1-IC de Secciones de firme, de la Instrucción de Carreteras.
- Norma 8.1-IC de Señalización vertical, de la Instrucción de Carreteras.
- Norma 8.2-IC de Marcas Viales, de la Instrucción de Carreteras.
- Norma 8.3-IC de Señalización de Obras, de la Instrucción de Carreteras.
- Manual de Ejemplos de señalización de obras fijas de la DGC del Ministerio de Fomento.
- Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de carreteras y Puentes de la Dirección General de Carreteras y Caminos Vecinales PG-3/75.

## Seguridad y salud

- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, sobre disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en obras de construcción.
- Resolución de 8 de abril de 1999, sobre Delegación de Facultades en Materia de Seguridad y Salud en las Obras de Construcción, complementa art. 18 del Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre de 1997, sobre disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las Obras de Construcción.

- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre dimensiones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Real Decreto 487/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación de cargas que entrañe riesgos, en particular dorso-lumbares, para los trabajadores.
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el trabajo (O.M. Mº Trabajo de 09-03-1971) en sus partes no derogadas.
- O.C. 300/89 P y P, de 20 de marzo, sobre “Señalizaciones de Obras” y consideraciones sobre “Limpieza y Terminación de las Obras”.
- Real Decreto 604/2006, de 19 de mayo, por el que se modifica el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, y el 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 286/2006, de 10 de marzo, por el que se establecen las medidas de protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de su exposición al ruido.
- Real Decreto 2177/2014, de 12 de noviembre, por el que se modifica el Real decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en materia de trabajos temporales en altura.
- Ley 54/2003, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales.
- Reglamento de actividades molestas, insalubres, nocivas y peligrosas.
- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección para la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.

## 2. Caracterización de la Zona

### 2.1. Situación

La Planta Solar Fotovoltaica Labrador, en adelante *PSF Labrador*, se localiza en el término municipal de Navalcarnero (Madrid), ubicada al noroeste del núcleo urbano de Navalcarnero. El fin de la instalación es la generación de energía eléctrica a partir de energía solar y evacuación al punto de conexión, situado en el T.M de Navalcarnero.

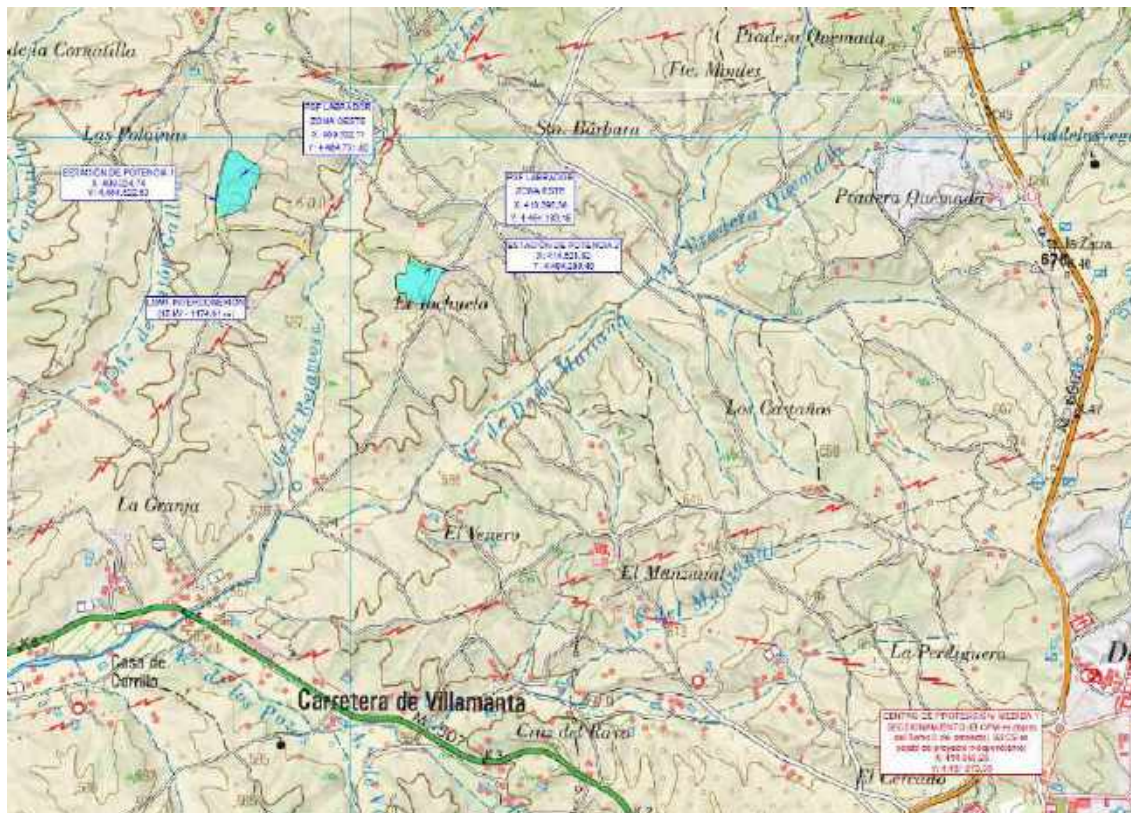


Ilustración 2. Situación PSF Labrador

Las coordenadas del centro geométrico de la planta son las siguientes:

Coordenadas UTM ETRS89 Huso 30	
Zona Este	X: 410.396,36
	Y: 4.464.163,15
Zona Oeste	X: 409.332,71
	Y: 4.464.731,60

Tabla 2. Coordenadas del emplazamiento

El recinto donde se implantará la instalación fotovoltaica pertenece al término municipal de Navalcarnero, provincia de Madrid. Las parcelas catastrales en la que se ubicará la instalación fotovoltaica son las siguientes:

Municipio	Polígono	Parcela	Área (m <sup>2</sup> )	Referencia catastral
Navalcarnero	33	149	48.212	28096A033001490000WU

Municipio	Polígono	Parcela	Área (m <sup>2</sup> )	Referencia catastral
Navalcarnero	33	103	68.756	28096A033001030000WM

Tabla 3. Datos catastrales



Ilustración 3. Parcelas PSF Labrador

Las coordenadas del vallado perimetral son las siguientes:

Coordenadas Vallado UTM ETRS89 Huso 30	
X	Y
409.299,87	4.464.910,74
409.334,75	4.464.909,76
409.368,89	4.464.872,3
409.391,5	4.464.836,12
409.392,42	4.464.720,11
409.383,69	4.464.691,06
409.383,69	4.464.709,75
409.403,17	4.464.676,2
409.403,91	4.464.628,83
409.330,31	4.464.577,07
409.260,6	4.464.550,03
409.218,63	4.464.537,08
409.225,38	4.464.570,27
409.223,55	4.464.637,42
409.231,01	4.464.673,06
409.237,08	4.464.750,31
409.260,15	4.464.814,83
409.285,61	4.464.892,51
410.353,88	4.464.260,86

Coordenadas Vallado UTM ETRS89 Huso 30	
X	Y
410.419,69	4.464.260,86
410.475,65	4.464.247,22
410.543,78	4.464.234,49
410.488,31	4.464.143,98
410.470,79	4.464.088,77
410.438	4.464.036,88
410.328,52	4.464.051,21
410.332,83	4.464.099,95
410.282,21	4.464.105,5
410.275,98	4.464.110,44
410.276,08	4.464.199,82
410.284,08	4.464.207,27
410.327,77	4.464.204,36

Tabla 4. Coordenadas vallado perimetral

La instalación fotovoltaica se divide en dos envolventes o “islas” interconectadas por una LSMT. La superficie total de las parcelas es 11,69 Ha, cuya superficie ocupada por la instalación fotovoltaica mediante su cerramiento perimetral es de 8,82 Ha, con una longitud de vallado total de 1.789,18 m.

El centro de transformación de la planta solar se conectará a través de una línea subterránea de 15 kV con el centro de seccionamiento de la instalación, a partir del cual todas las infraestructuras de evacuación, incluido el propio centro de seccionamiento, serán cedidas a i-DE, y por tanto se recogerán en proyecto independiente.

Desde el centro de seccionamiento partirá una línea de distribución hasta el punto de conexión, situado en el tramo de línea comprendido entre la STR NAVALCARNERO y el CT DEHESA 13-NER (15 kV) (propiedad de I-DE REDES ELECTRICAS INTELIGENTES S.A.U.) en el T.M. de Navalcarnero (Madrid).

En los Planos Nº 1.1: Situación y Nº 1.2: Emplazamiento se podrá observar con más detalle el emplazamiento de la instalación fotovoltaica.

## 2.2. Accesos a la planta

El acceso principal a la PSF Labrador se proyecta a través de caminos públicos existentes.

Las coordenadas UTM ETRS89 (HUSO 30) de referencia de la puerta de acceso de la Planta Solar PSF Navalcarnero son las siguientes:

Acceso	X	Y
Acceso parcela 1	409.220,22	4.464.547,86
Acceso parcela 2	410.536,50	4.464.225,24

Tabla 5. Accesos a la planta solar



*Ilustración 4. Accesos a la planta solar*

### 2.3. Estudio de afecciones planta solar

Los organismos competentes que pudieran verse afectados por la implantación de la PSF Labrador son los listados a continuación:

- Ayuntamiento de Navalcarnero.
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.
- Confederación Hidrográfica del Tajo.
- Consejería de Medio Ambiente, Vivienda y Agricultura. D.G. de Biodiversidad y Recursos Naturales. Área de Análisis Técnico y Planificación.
- Consejería de Medio Ambiente, Vivienda y Agricultura. Área de Vías Pecuarias.
- Consejería de Medio Ambiente, Vivienda y Agricultura. D.G. de Biodiversidad y Recursos Naturales. Área de Conservación de Montes.
- Consejería de Medio Ambiente, Vivienda y Agricultura. D.G. de Urbanismo.
- Consejería de Cultura, Turismo y Deporte. Dirección General de Patrimonio Cultural.
- i-DE Redes Eléctricas Inteligentes, S.A.U.
- Red Eléctrica de España, S.A.U.



### 2.3.1. Afección a Red Natura 2000

El emplazamiento de la planta solar fotovoltaica no tiene afección directa sobre zonas de la Red Natura 2000.

### 2.3.2. Afección a Caminos Públicos

La parcela donde se ubicará la planta linda con los siguientes caminos públicos, respetando la distancia de 6 metros al eje del camino (línea discontinua):

- Carril de polainas: (Polígono 33 Parcela 9013)
- Camino (Polígono 33 Parcela 9004)
- Camino (Polígono 33 Parcela 9005)

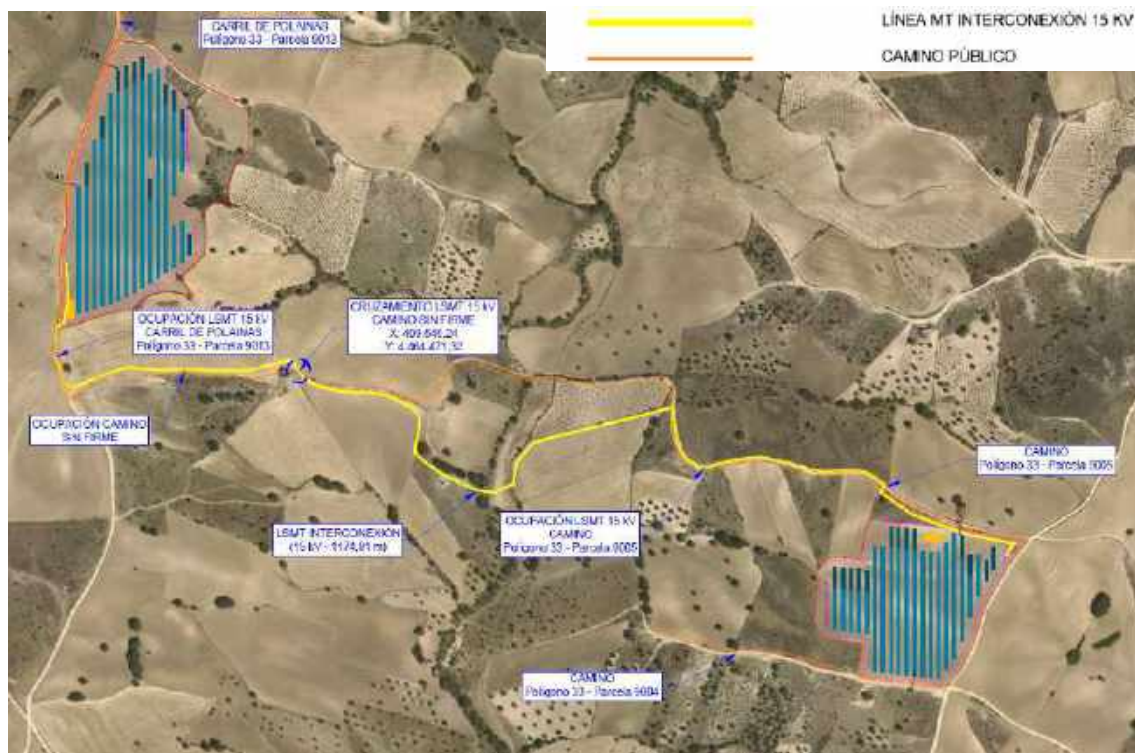


Ilustración 5. Caminos en el entorno de la planta

### 2.3.3. Afección a Vías Pecuarias

En el entorno de la planta se encuentra el camino público denominado “Vereda de Santa Bárbara”, que discurre junto a la linde oeste de la isla este de la planta y cuyo vallado se proyecta separado del eje del camino una distancia mínima de 10 m.

Esta Vereda no se encuentra incluida en el inventario de la Red de Vías Pecuarias de la Comunidad de Madrid (actualización enero 2023).

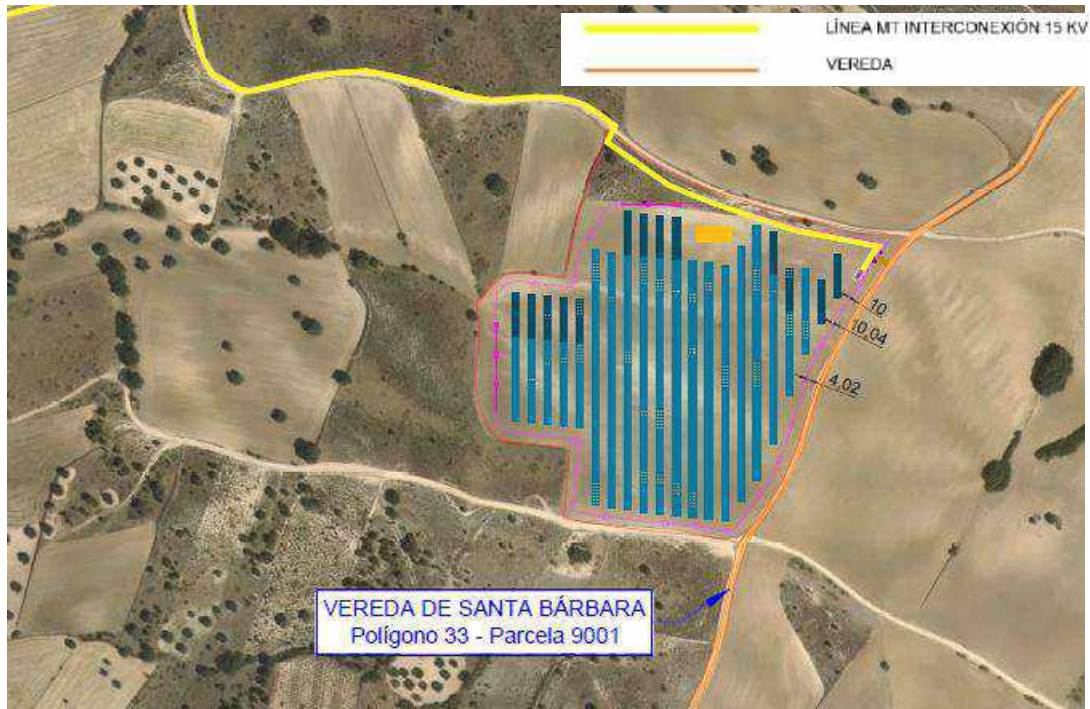


Ilustración 6. Vereda de Santa Bárbara junto a isla este

#### 2.3.4. Afección a Montes de Utilidad Pública

No se identifica ningún tipo de Montes de Utilidad Pública en las parcelas de la Planta Solar.

#### 2.3.5. Afección a líneas eléctricas

Entre las dos parcelas que conforman la PSF Labrador se localiza una línea eléctrica de 220 kV (propiedad de REE), la cual no se verá afectada por la implantación proyectada.

A continuación, se muestra la línea eléctrica aérea existente:



Ilustración 7. Línea eléctrica aérea existente. AfECCIÓN a islas de la Planta

La línea de media tensión que conecta una isla con otra cruza con la LAAT existente en el punto de coordenadas aproximado (UTM, ETRS89, Huso 30):

- X: 409.708,49
- Y: 4.464.371,25

Esta línea de interconexión se proyecta subterránea por lo que no se produce una interferencia con la línea existente.



Ilustración 8. Línea eléctrica aérea existente. Afección a LSMT de interconexión

### 2.3.6. Afección a carreteras

No existe ninguna carretera que se encuentre cerca de las instalaciones por lo que no tendría alguna afección sobre la misma.

### 2.3.7. Afección a líneas férreas

No existe ninguna línea férrea que se encuentre cerca de las instalaciones por lo que no tendría alguna afección sobre la misma.

### 2.3.8. Afección a la red hidrográfica

En la zona de actuación del Proyecto se localiza el Arroyo de la Retamosa, perteneciente a la Demarcación Hidrográfica del Tajo.



Ilustración 9. Demarcación hidrográfica del Tajo

El referido cauce no queda afectado por la implantación según lo establecido en la delimitación de Dominio Público, respetando la zona de servidumbre y la zona de policía, respectivamente:



Ilustración 10. Cauces en el entorno de la planta

La línea subterránea de media tensión que conecta una isla con otra cruza con el Arroyo de la Retamosa en el punto de coordenadas aproximado (UTM, ETRS89, Huso 30):

- X: 409.808,69
- Y: 4.464.304,25

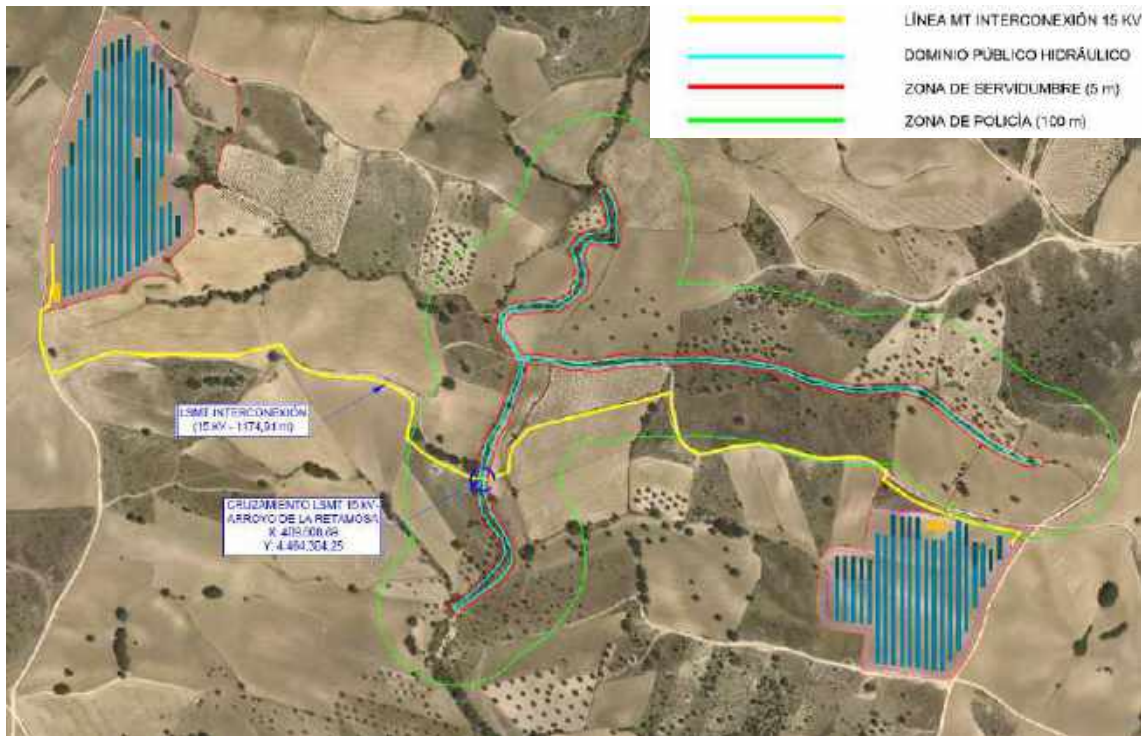
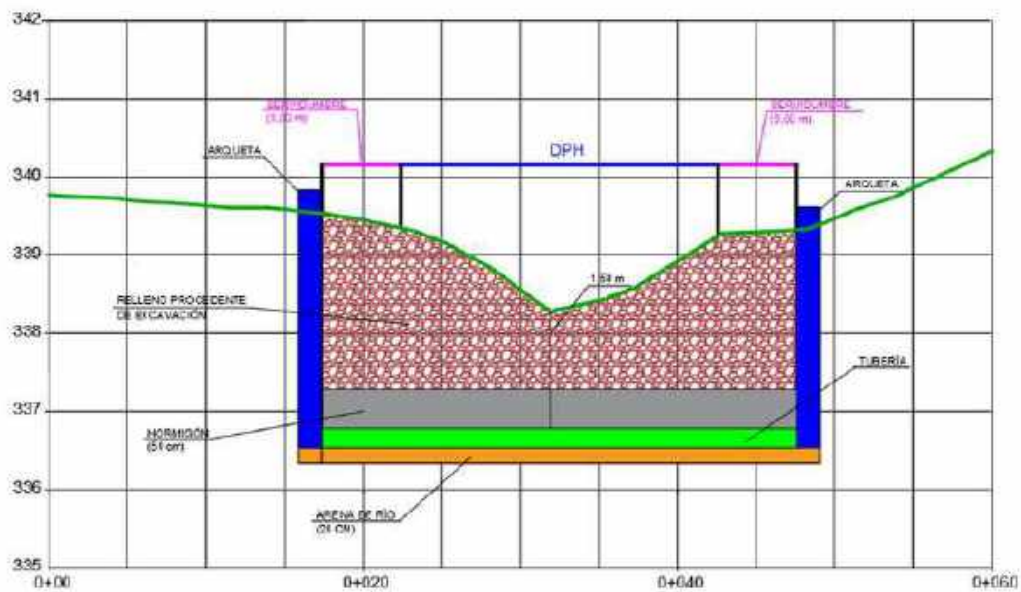
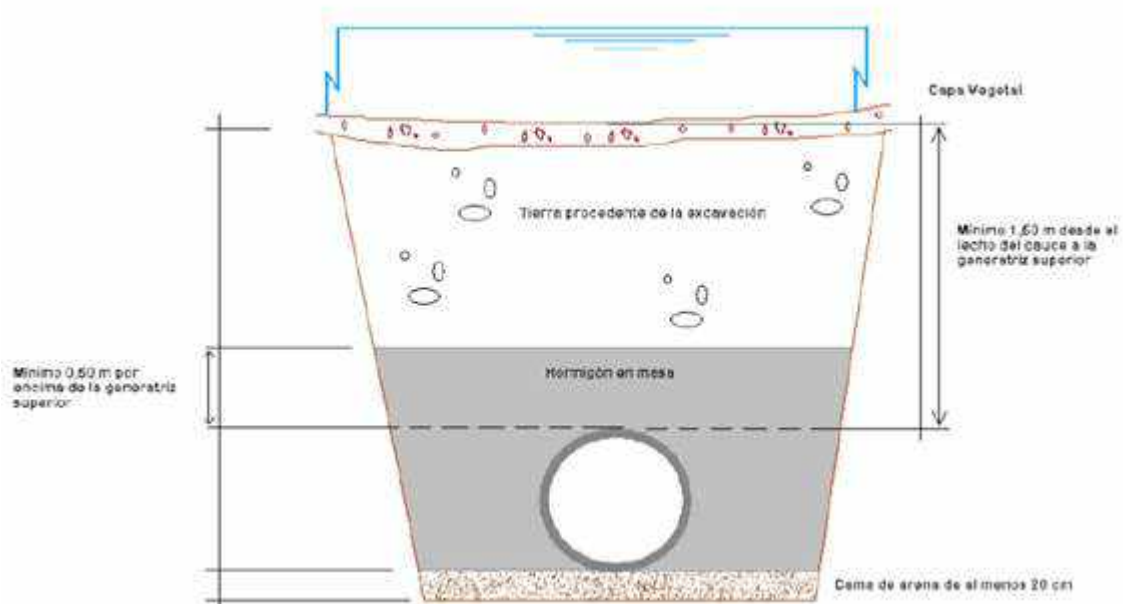


Ilustración 11. Cauces en el entorno de la planta

Dicho cruce se ejecutará de acuerdo a la normativa vigente y siguiendo las prescripciones de Confederación Hidrográfica del Tajo:





*Ilustraciones 12 y 13: Detalles del Cruce de la Línea de Evacuación con el Arroyo de las Niñas*

En base a lo definido por la “Delimitación del Dominio Público Hidráulico” se establecen las siguientes distancias mínimas:

- Zona de Servidumbre: corresponde a la franja de 5 m que linda con el cauce, dentro de la zona de policía, y que se reserva para usos de vigilancia, pesca y salvamento.
- Zona de Policía: es la constituida por una franja lateral de 100 m de anchura a cada lado, contados a partir de la línea que delimita el cauce, en la que se condiciona el uso del suelo y las actividades que en él se desarrollen. Su tamaño se puede ampliar hasta recoger la zona de flujo preferente, la cual es la zona constituida por la unión de la zona donde se concentra preferentemente el flujo durante las avenidas y de la zona donde, para la avenida de 100 años de periodo de retorno, se puedan producir graves daños sobre las personas y los bienes, quedando delimitado su límite exterior mediante la envolvente de ambas zonas.

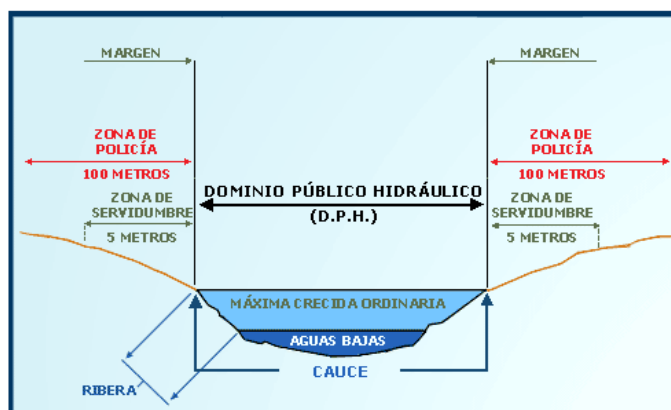


Ilustración 14. Zonificación del espacio fluvial (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico)

La planta solar está fuera de la zona de servidumbre, zona de flujo preferente y zona inundable para T100 y T500, como se podrá observar en el *Anejo 5: Estudio Hidrológico* aportado al proyecto.

#### 2.3.8.1. Disponibilidad de recursos hídricos

Para la limpieza de las instalaciones, así como para el mantenimiento de las placas solares se contratará una empresa autorizada que se encargará de realizar esas labores y que contará con las autorizaciones pertinentes que se presentarán debidamente en este organismo cuando se formalice la contratación.

#### 2.3.8.2. Evacuación de aguas pluviales

En cuanto al trasvase de aguas pluviales, se realizará si fuese necesario, un sistema de evacuación de aguas que evacúe todas las pluviales hacia los drenajes naturales de las fincas. El sistema de drenaje debe estar diseñado para controlar, conducir y filtrar el agua al terreno. El drenaje de las aguas de escorrentía superficial será canalizado mediante una red de cunetas longitudinales en los viales de la instalación fotovoltaica. Estas cunetas captarán las escorrentías y las conducirán hasta los puntos bajos del trazado, donde se localizan las obras de fábrica de paso de pluviales bajo los caminos, que dan continuidad a la red de drenaje natural de la parcela. Se realizarán las acciones necesarias para evitar afecciones por las posibles aguas provenientes de fincas colindantes.

En ningún caso se trasvasarán aguas pluviales a una cuenca distinta a la aportadora. Así mismo, se respetarán los actuales puntos de desagüe a los cauces, es decir, no se trasladarán ni se crearán otros distintos que puedan provocar perjuicio a terceras aguas abajo.

No se construirán obras sobre el DPH que impidan o dificulten la continuidad longitudinal de los cauces, así como obras de protección (sobreelevaciones del terreno, muros...) frente a avenidas.

Para todas las actuaciones descritas se solicitará la autorización expresa por parte del organismo de la cuenca.



### 2.3.8.3. *Saneamiento y depuración*

En la fase de explotación no se prevén vertidos de agua residuales, mientras que en la fase de construcción se instalarán baños químicos portátiles que serán gestionados por un gestor autorizado y retirados al final de la obra.

Para el resto de residuos y/o vertidos se llevarán a cabo las siguientes medidas preventivas y correctoras:

- El parque de maquinaria y las instalaciones auxiliares se ubicarán en una zona donde las aguas superficiales no vayan a ser afectadas. Las labores de mantenimiento y lavado de la maquinaria se realizarán fuera de la zona del proyecto, en áreas específicas acondicionadas a tal efecto.
- Se protegerán los cauces de la llegada de sedimentos con el agua de escorrentía mediante la instalación de barreras de sedimentos.
- Todas las instalaciones de almacenamiento y distribución de sustancias susceptibles de contaminar el medio hídrico, como los depósitos de combustibles, deberán ir selladas y ser estancas, para evitar su filtración y contaminación de las aguas superficiales y subterráneas.
- Los aceites usados y residuos peligrosos que pueda generar la maquinaria de la obra y los transformadores, se recogerán y almacenarán en recipientes adecuados para su evacuación y tratamiento por gestor autorizado, al igual que los lodos procedentes de la balsa de sedimentación o el material de absorción de los derrames de aceites y combustibles.
- En fase de explotación, las instalaciones requieren únicamente agua para la limpieza de paneles, que no contendrán productos químicos de ningún tipo.
- En fase de explotación no se prevén vertidos de ningún tipo.

### 2.3.8.4. *Justificación de la no alteración del flujo de avenida por la instalación*

Las estructuras de placas fotovoltaicas no deben considerarse como una actividad vulnerable frente a las avenidas ni tampoco suponen una reducción significativa de la capacidad de desagüe de dicha vía. Esto se justifica por:

- Carecen de cimentación que sobresalga del terreno (son hincadas directamente al suelo)
- Las hincas (pilares de la estructura) son perfiles de acero conformado en frío o laminado calidad S-275 o S-355, con un tratamiento superficial de las superficies de la estructura a base de galvanizado en caliente por inmersión.
- La altura mínima sobre el terreno de la estructura portante es de 0.5 m de forma que existe un margen para que fluya el agua libremente debajo de ellas. En las zonas donde sea necesario esta zona puede ampliarse.

Por tanto, permiten el flujo del agua por debajo de las estructuras, sin alterarlo.

## 2.3.9. Afección urbanística

### 2.3.9.1. Usos del Suelo.

Según las NNSS del Plan General Urbanístico (PGOU) de Navalcarnero, la parcela objeto del proyecto se ubica en **Suelo no urbanizable de protección**.

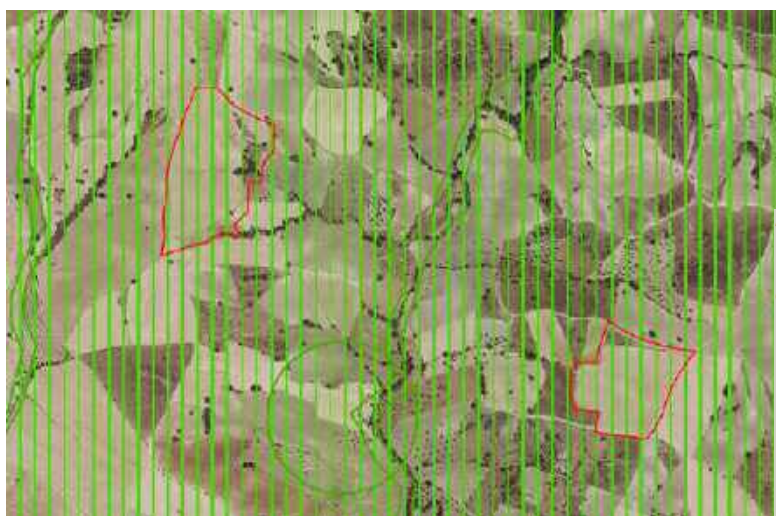
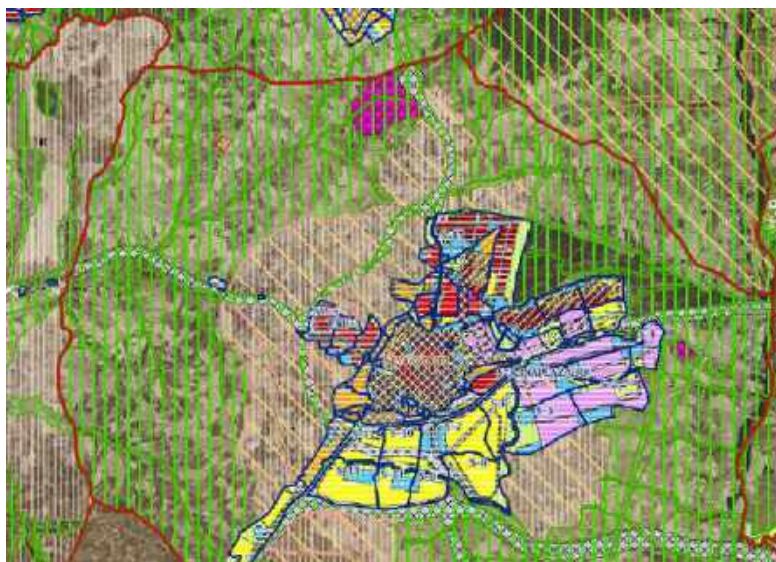
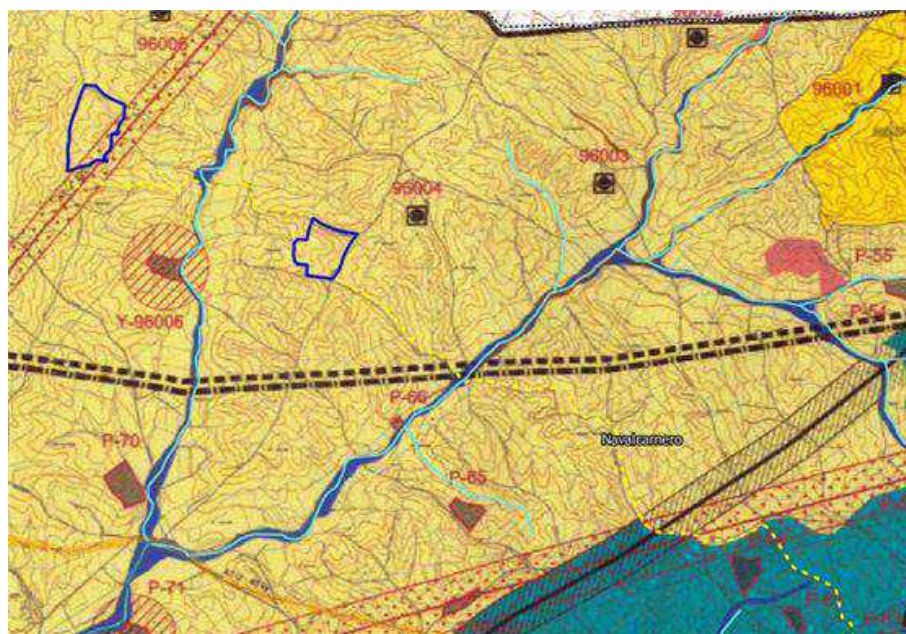


Ilustración 15. Ubicación en el visor de planeamiento urbanístico de Madrid












Suelo No Urbanizable de Protección		
De Protección Específica	 Parque/Lic. Guadarrama	
	 Montes Preservados	
	 Cauces y Humedal	
	 Red Supramunicipal de Vías Pecuarias: Espacio Libre Protegido	
	 Hábitats de Interés	
	 Cultural	
	 Infraestructuras	
	 Protección Perímetro Parque Guadarrama 100 m	
	De Protección	 Área de Influencia del Parque / LIC
		 Mosaico Paisajístico
 Agroambiental		

Ilustración 16. Ubicación de la "PSF Labrador" en el plano de clasificación del suelo del Plan General

Atendiendo a definiciones extractadas, la parcela se estima bajo la clasificación:

- **Suelo No Urbanizable de protección agroambiental.**

Para estudiar la viabilidad del uso propuesto (instalación fotovoltaica), en un primer lugar se analizará el capítulo 11.2 "Determinaciones Generales. Actuaciones que pueden realizarse en suelo no urbanizable de protección:

"Artículo 11.2.3 "Actuaciones en Suelo No Urbanizable de Protección que requieran Calificación Urbanística", en el cual no se prohíbe la implantación de una instalación fotovoltaica.

El Capítulo 11.6 "Determinaciones Particulares para cada categoría de Suelo", artículo 11.6.2, apartado b) Agroambiental de la normativa urbanística de Navalcarnero establece las condiciones del suelo objeto del proyecto:

"(...) se consideran usos propios de este suelo el agrícola, el ganadero, forestal, cinegético y análogos. **Se consideran compatibles con todos los asociados al medio rural y a las infraestructuras, los extractivos, así como las dotaciones y equipamientos no compatibles con el medio urbano**"

En la normativa urbanística de Navalcarnero se hace referencia a la *Ley 9/2001, de 17 de julio, del Suelo de la Comunidad de Madrid*, en concreto al artículo 29 “Régimen de las actuaciones en suelo no urbanizable de protección”, el cual especifica lo siguiente:

*“Artículo 29 Régimen de las actuaciones en suelo no urbanizable de protección:*

*1. En el suelo no urbanizable de protección, excepcionalmente, a través del procedimiento de calificación previsto en la presente Ley, **podrán autorizarse actuaciones específicas, siempre que estén previstas en la legislación sectorial y expresamente no prohibidas por el planeamiento regional territorial o el planeamiento urbanístico.***

*2. Además, **en el suelo no urbanizable de protección podrán realizarse e implantarse con las características resultantes de su función propia** y de su legislación específicamente reguladora, las obras e instalaciones **y los usos requeridos por los equipamientos, infraestructuras** y servicios públicos estatales, autonómicos o locales que precisen localizarse en terrenos con esta clasificación*

*(...)”*

**En consecuencia, se considera el uso proyectado compatible con el planeamiento urbanístico de Navalcarnero.**

#### 2.3.9.2. Condiciones de Implantación.

El artículo 11.2.1 de la normativa urbanista regula las condiciones de implantación en su artículo b) “*Condiciones Específicas*”

*“b) Condiciones Específicas*

##### *I. Superficie mínima de los terrenos.*

*Sólo podrán ser autorizadas y ejecutadas cuando la finca o las fincas correspondientes, que quedarán vinculadas legalmente a las correspondientes obras, construcciones e instalaciones y sus respectivos usos o actividades, tengan una superficie mínima adecuada a las exigencias funcionales de éstos.*

##### *II Condiciones formales y de volumen.*

*Se separarán cuatro (4) metros de los linderos de los caminos y fincas colindantes.*

*No se edificará a menos de 250 metros de ninguna otra edificación.*

*La altura máxima será de 4,50 m., salvo requerimientos funcionales de la instalación.*

*(...)”*

Además, en el artículo 11.6.2. b) encontramos la siguiente condición específica para un suelo tipo “Suelo No Urbanizable de protección agroambiental”.

*“(…) Los proyectos o actuaciones deberán garantizar la no afección a masas arboladas. Se prohíbe expresamente la sustitución del olivar por otros usos o actividades no relacionadas con la explotación de los recursos naturales, y su eliminación como cultivo agrícola salvo motivaciones fundamentadas en un mayor rendimiento agrícola de los terrenos.”*

Asimismo, el artículo 8.10.4. “Regulación” específica, para Suelo No Urbanizable, que las edificaciones y cerramientos de parcela situados en los márgenes de un camino cumplirán 6 m de distancia a partir de su eje.

### 2.3.9.3. Conclusiones.

- La zona de estudio comprende un único municipio: Navalcarnero.
- El suelo es tipo “Suelo No Urbanizable de protección agroambiental.”
- Según expone el artículo 29 de la Ley 9/2001, de 17 de julio, del Suelo de la Comunidad de Madrid, si no prohíbe expresamente un tipo de uso en este suelo, el mismo será autorizable.
- La única prohibición que podría afectar al proyecto en este tipo de suelo es la expuesta en el artículo 11.6.2. b), en la cual se expone que se debe respetar las zonas arboladas. Dicha condición se cumple en este proyecto.
- No existe ninguna edificación a menos de 250 del emplazamiento, por lo que cumple con los criterios Generales.
- Puesto que no se prohíbe expresamente este tipo de uso, según la Ley 9/2001 se tiene que el uso de la parcela como instalación fotovoltaica es un uso autorizable del mismo.

### 2.3.10. Afecciones patrimoniales

No existe ningún yacimiento arqueológico y/o bien cultural afectado por las instalaciones, como se puede observar en la siguiente imagen.

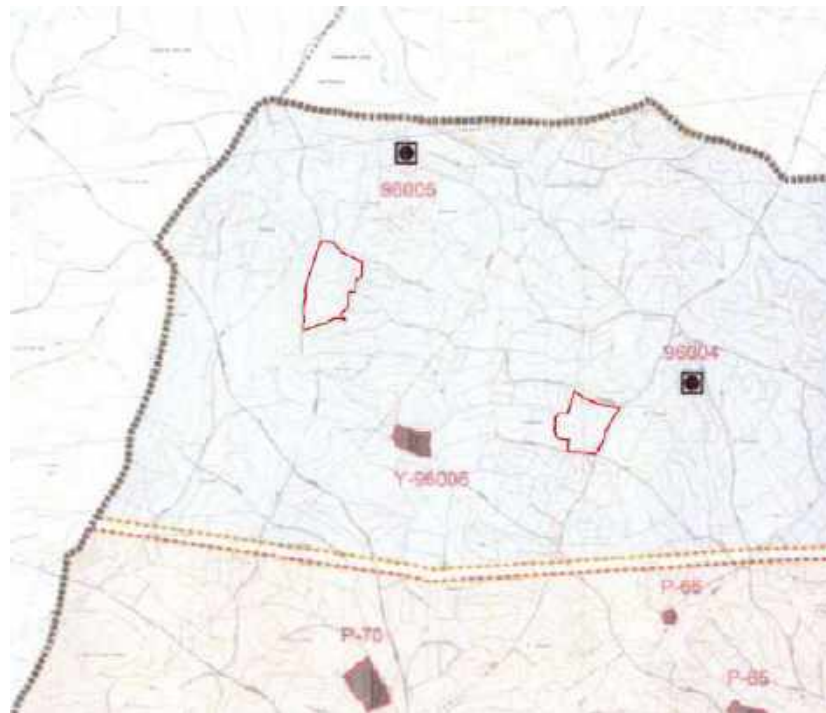


Ilustración 17. Ubicación de la "PSF Labrador" en el plano de afecciones arqueológicas del Plan General

## 2.4. Riesgo Sísmico

La peligrosidad sísmica del territorio nacional se define por medio del mapa de peligrosidad sísmica. Dicho mapa suministra, expresada en relación al valor de la gravedad,  $g$ , la aceleración sísmica básica,  $a_b$ - un valor característico de la aceleración horizontal de la superficie del terreno- y el coeficiente de contribución  $K$ , que tiene en cuenta la influencia de los distintos tipos de terremotos esperados en la peligrosidad sísmica de cada punto.

La figura que se muestra a continuación ilustra la evaluación de los riesgos sísmicos y volcánicos en la zona de actuación del Proyecto, que como se puede observar, están clasificados de riesgo bajo y una intensidad menor a VI en la Escala de Mercalli.



Ilustración 18. Mapa de riesgo sísmico

### 3. Funcionamiento

Durante las horas diurnas, la planta fotovoltaica generará energía eléctrica, en una cantidad casi proporcional a la radiación solar existente en el plano del campo fotovoltaico. La energía generada por el campo fotovoltaico, en corriente continua, es inyectada en sincronía a la red a través de los inversores una vez transformada por éstos en corriente alterna. Esta energía es contabilizada y vendida a la compañía eléctrica de acuerdo con el contrato de compra-venta previamente establecida con ésta.

Durante las noches el inversor deja de inyectar energía a la red y se mantiene en estado de “stand-by” con el objetivo de minimizar el consumo de la planta. En cuanto sale el sol y la planta genera suficiente energía, la unidad de control y regulación comienza con la supervisión de la tensión y frecuencia de red, iniciando la alimentación si los valores son correctos. La operación de los inversores es totalmente automática.

El conjunto de protecciones de interconexión, que posee cada uno de los inversores, está básicamente orientado a evitar el funcionamiento en isla de la planta fotovoltaica. En caso de fallo de la red, la planta dejaría de funcionar. Esta medida es de protección tanto para los equipos como para las personas que puedan operar en la línea, sean usuarios o, eventualmente, operarios de mantenimiento de la misma.

Esta forma de generación implica que solo hay producción durante las horas de sol, no existiendo elementos de acumulación de energía eléctrica (baterías).

### 4. Descripción de la instalación solar

Las instalaciones fotovoltaicas de conexión a red eléctrica se componen de dos partes fundamentales, por un lado, se encuentra el generador fotovoltaico donde se

recoge y se transforma la energía de la radiación solar en electricidad, mediante los módulos fotovoltaicos, y otra parte que se encarga de transformar la energía eléctrica de corriente continua a corriente alterna que se realiza en el inversor y en los transformadores, para su posterior inyección a la red.

La presente planta solar fotovoltaica está compuesta por 11.544 módulos fotovoltaicos bifaciales del modelo *JKM545M-72HL4 de 545 Wp de Jinko Solar* o similar, que forman un campo solar de una potencia pico de 6,291 MWp. Dichos módulos estarán distribuidos en 444 cadenas de 26 módulos en serie cada una, las cuales se agruparán en 99 estructuras 2V52 con cuatro strings cada una y 24 estructuras 2V26 con dos strings cada una.

Estos módulos fotovoltaicos transforman la radiación solar en energía eléctrica, produciendo corriente continua, por lo que para transformar la corriente continua en corriente alterna se instalan inversores fotovoltaicos. En el presente proyecto se ha previsto el uso de 25 inversores SUN2000-215KTL-H0 de HUAWEI o similar, los cuales dotan a la instalación de una potencia de salida de los inversores a 40 °C de 5,00 MVA, siendo el ratio CC/CA de 1,26. La potencia del conjunto de los inversores de la PSF Labrador será de 5,00 MW en el punto de conexión.

La energía generada en la estación de potencia será evacuada por medio de una red de media tensión (MT) subterránea de 15 kV hasta el punto de conexión situado en el tramo de línea comprendido entre la STR NAVALCARNERO y el CT DEHESA 13-NER (15 kV) (propiedad de I-DE REDES ELECTRICAS INTELIGENTES S.A.U.) en el T.M. de Navalcarnero (Madrid).

El punto de medida principal de la energía generada por la instalación se encontrará en las celdas de MT (15 kV) del centro de protección y medida, descrito en el “Proyecto ejecutivo de infraestructuras de evacuación “PSF Labrador”” y que se ubica en una sala independiente en el mismo edificio que el Centro de Seccionamiento. La medida de la energía cumplirá con lo dispuesto en el RD1110/2007 por el que se aprueba el Reglamento unificado de Puntos de Medida del Sistema Eléctrico, referente a medida, seguridad y calidad industrial para permitir y garantizar la correcta medida de la energía eléctrica.

#### 4.1. Características Principales

A continuación, se presentan las características principales de la planta:

Elemento	Parámetro	Unidad	
<b>Módulo FV</b>	Fabricante y modelo	-	Jinko Solar JKM545M-72HL4
	Tecnología	-	Bi-facial
	Potencia	Wp	545
	Número de módulos	Qty	11.544
<b>Estructura Soporte</b>	Tipo	-	Estructura seguidor solar
	Fabricante y modelo	-	Soltec SF7



Elemento	Parámetro	Unidad	
	Configuración	-	2V
	Número de estructuras	Qty	123
Inversor	Tipo	-	String
	Fabricante y modelo	-	SUN2000-215KTL-H0 (200 kW)
	Potencia AC a 40 °C	kW	200 kW
	Número de inversores	-	25xSUN2000-215KTL-H0
Estación de Potencia	Fabricante	-	STS-3000K-H1 Huawei
	Potencia AC a 40°C	kVA	3.400
	Número	Qty	2
Parámetros de Diseño	Tª de diseño	°C	40
	Nº de módulos / string	Qty.	26
	Pitch	m	11
	Nº de strings	Qty	444
	Potencia Pico	MW	6,291
	Potencia Instalada	MW	5,000
Características de la instalación	Coordenadas UTM ETRS89 Huso 30 Zona Este	-	X: 410.396,36 Y: 4.464.163,15
	Coordenada UTM ETRS89 Huso 30 Zona Oeste	-	X: 409.332,71 Y: 4.464.731,60
	Superficie de la parcela catastral	ha	11,69
	Superficie ocupada por el vallado	ha	8,82
	Longitud del vallado	m	1.789,18

Tabla 6. Características generales de la planta fotovoltaica

## 4.2. Configuración eléctrica

La Planta Solar Fotovoltaica producirá energía eléctrica a partir de la radiación solar incidente sobre los paneles fotovoltaicos colocados sobre estructuras con seguimiento al sol a un eje horizontal, lo cual favorecerá en gran medida la energía generada por la Planta. Posteriormente, gracias a los inversores fotovoltaicos, se transformará la corriente continua en corriente alterna y el transformador (ubicado en la estación de potencia) elevará la tensión de Baja Tensión (BT) a Media Tensión (MT).

La configuración eléctrica de la Instalación Fotovoltaica se resume en las siguientes tablas:

Estación de potencia	Nº strings	Potencia pico (kWp)	Nº inversores	Potencia nominal inversores (kW)	Ratio CC/CA
EP1	250	3.542,50	14	2.800,00	1,27
EP2	194	2.748,98	11	2.200,00	1,25
<b>Total</b>	<b>444,00</b>	<b>6.291,48</b>	<b>25,00</b>	<b>5.000,00</b>	<b>1,26</b>

Tabla 7. Configuración planta fotovoltaica (1 de 2)

Estación de potencia	Inversor nº	Nº strings	Nº módulos	Potencia pico (kWp)
EP1	1	18	468	255,06
	2	18	468	255,06
	3	18	468	255,06
	4	18	468	255,06
	5	18	468	255,06
	6	18	468	255,06
	7	18	468	255,06
	8	18	468	255,06
	9	18	468	255,06
	10	18	468	255,06
	11	18	468	255,06
	12	18	468	255,06
	13	17	442	240,89
	14	17	442	240,89
EP2	1	18	468	255,06
	2	18	468	255,06
	3	18	468	255,06
	4	18	468	255,06
	5	18	468	255,06
	6	18	468	255,06
	7	18	468	255,06
	8	17	442	240,89
	9	17	442	240,89
	10	17	442	240,89
	11	17	442	240,89
<b>Total</b>	<b>25,00</b>	<b>444,00</b>	<b>11.544,00</b>	<b>6.291,48</b>

Tabla 8. Configuración planta fotovoltaica (2 de 2)

## 5. Componentes de la instalación fotovoltaica

### 5.1. Módulos fotovoltaicos

La instalación fotovoltaica se compone de 11.544 módulos fotovoltaicos bifaciales del modelo JKM545M-72HL4 de 545 Wp de Jinko Solar o similar, que forman un campo solar de una potencia pico de 6,291 MWp. A continuación, se muestran las principales características de los módulos:

Módulos fotovoltaicos (JKM545-72HL4-BDV)	STC	NOCT
Potencia máxima (W)	545	405
Voltaje máximo (Vmp)	41,07	38,18
Corriente máximo (Imp)	13,27	10,62
Voltaje circuito abierto (Voc)	49,65	46,86
Corriente cortocircuito (Isc)	13,94	11,26
Eficiencia STC (%)	21,13	
Temperatura operación (°C)	-40 °C / +85°C	
Voltaje máximo del sistema (V)	1500 V	
Capacidad máx. de fusible serie	30 A	
Coef. de temperatura de Pmax (%/°C)	-0,35	
Coef. de temperatura de Voc (%/°C)	-0,28	
Coef. de temperatura de Isc (%/°C)	0,048	

Tabla 9. Características módulo fotovoltaico

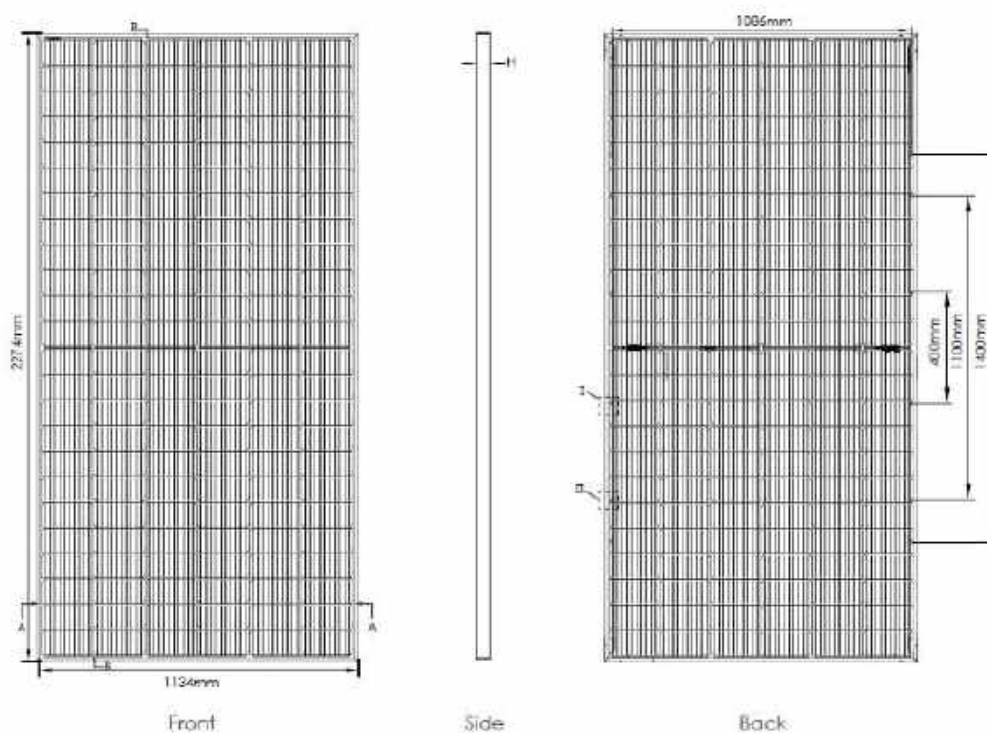


Ilustración 19. Módulo fotovoltaico

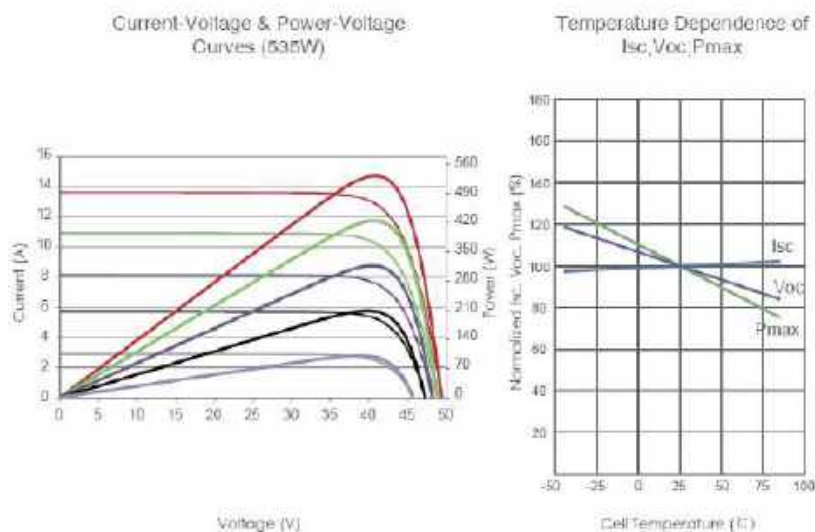


Ilustración 20. Curvas características

Todos los módulos deberán satisfacer las especificaciones UNE-EN 61215 para módulos de silicio cristalino, así como estar cualificados por algún laboratorio reconocido, acreditándolo mediante la presentación del certificado oficial correspondiente. Además, cumplirán con los requerimientos técnicos y de seguridad necesarios para su interconexión a la red de baja tensión (2006/95/CE), así como las directivas Comunitarias sobre seguridad eléctrica y compatibilidad electromagnéticas (2004/108/CE).

En el *Anejo 11: Fichas Técnicas* se recoge su ficha técnica con todas las especificaciones.

## 5.2. Inversor fotovoltaico

La corriente generada en los módulos fotovoltaicos es corriente continua, y tendrá que ser convertida a corriente alterna con las mismas características que la red de distribución de electricidad, para poder ser cedida a ella. Esto se consigue mediante los inversores de corriente.

Los inversores dispuestos en el proyecto son tipo string, concretamente el modelo SUN2000-215-H0 de Huawei o similar. El número de inversores necesarios, teniendo en cuenta, la potencia de la planta y la potencia unitaria de cada inversor será de 25 unidades a las cuales se conectarán 444 strings de 26 módulos en serie cada uno, dotando a la instalación de una potencia instalada de 5,00 MW.

Para reducir las pérdidas que supondría una línea de corriente continua demasiado larga y de gran sección, los inversores se han situado en la posición más favorable con respecto al campo de módulos.

Los inversores cumplirán con los requerimientos técnicos y de seguridad necesarios para su interconexión a la red de baja tensión (2006/95/CE), así como las directivas Comunitarias sobre seguridad eléctrica y compatibilidad electromagnética (2004/108/CE).



Ilustración 21. Huawei SUN2000-215KTL-H0

De forma general, las características de inversor empleado son las siguientes:

Inversor (Huawei SUN2000-215-KTL-H0)	
<b>Valores de entrada CC</b>	
Tensión máxima de entrada (V)	1.500
Rango de tensión por MPP (V)	500   1.500
Máxima Corriente por MPPT (A)	30 A
Máxima Corriente de cortocircuito por MPPT (A)	50 A
Número de entradas total	18
Número de MPPT	9
<b>Valores de salida CA</b>	
Potencia nominal a 40 °C (kVA/kW)	200
Potencia nominal limitada a 40 °C (kVA/kW)	215
Tensión nominal de salida (V)	800
Intensidad máxima de salida (A)	144,4
Frecuencia nominal de red de CA (Hz)	50
Distorsión armónica total máxima	< 1%
<b>Eficiencia</b>	
Eficiencia máxima	99 %
Eficiencia europea	98,6 %

Tabla 10. Características inversor fotovoltaico

El inversor cumple con lo dispuesto en los estándares EN 61000-6-1, EN 61000-6-2, EN 61000-6-4, EN 61000-3-11, EN 61000-3-12, EN 62109-1, EN 62109-2, IEC62103, EN 50178, FCC Part 15, AS3100, así como con el P.O.12.3 de conexión a red.

Con el fin de evitar el efecto (PID), degradación inducida por potencial eléctrico de los módulos fotovoltaicos, el polo negativo CC del inversor se conectará a la red de tierras.

El funcionamiento de estos inversores es totalmente automático. A partir de que los módulos fotovoltaicos generan potencia suficiente, la electrónica de potencia implementada en el inversor supervisa la tensión, la frecuencia de red y la producción de energía. A partir de que ésta es suficiente, el inversor comienza a convertirla y evacuarla al transformador.

Los inversores de conexión a red disponen de un sistema de control que permite un funcionamiento completamente automatizado. Durante los períodos nocturnos el inversor permanece parado vigilando los valores de tensión de la red que alimenta al edificio y del generador fotovoltaico. Al amanecer, la tensión del generador fotovoltaico aumenta y pone en funcionamiento el inversor que comienza a inyectar energía a la red.

El sincronismo con la red es un aspecto vital para el funcionamiento del inversor, el control principal lo realiza mediante un seguimiento muy sensible a cualquier cambio en la red. A partir de la situación de sincronismo, los parámetros de la red y el seguimiento del punto de máxima potencia, el control principal comunica al generador de formas de onda las acciones a realizar.

Presentan las siguientes características de funcionamiento:

- Seguimiento del punto de máxima potencia (MPP).

Debido a las especiales características de producción de energía de los módulos fotovoltaicos, estos varían su punto de máxima potencia según la irradiación y la temperatura de funcionamiento de la célula. Por este motivo el inversor debe ser capaz de hacer trabajar al campo solar en el punto de máxima potencia, y contar con un rango de tensiones de entrada bastante amplio.

- Características de la señal generada

La señal generada por el inversor está perfectamente sincronizada con la red respecto a frecuencia, tensión y fase a la que se encuentra conectado. Reducción de armónicos de señal de intensidad y tensión.

- Protecciones

- Protección para la interconexión de máxima y mínima frecuencia: Si la frecuencia de la red está fuera de los límites de trabajo (49Hz-51Hz), el inversor interrumpe inmediatamente su funcionamiento pues esto indicaría que la red es inestable, o procede a operar en modo isla hasta que dicha frecuencia se encuentre dentro del rango admisible.
- Protección para la interconexión de máxima o mínima tensión: Si la tensión de red se encuentra fuera de los límites de trabajo, el inversor interrumpe su funcionamiento, hasta que dicha tensión se encuentre dentro del rango admisible, siendo el proceso de conexión-desconexión de rearme automático (artículo 11.4, artículo 11.3 y artículo 11.7 a), RD1699/2011).
- Fallo en la red eléctrica o desconexión por la empresa distribuidora: En el caso de que se interrumpa el suministro en la red eléctrica, el inversor se encuentra en situación de cortocircuito, en este caso, el inversor se

desconecta por completo y espera a que se restablezca la tensión en la red para reiniciar de nuevo su funcionamiento (artículo 8.2 y 11.6, RD1699/2011).

- Tensión del generador fotovoltaico baja: Es la situación en la que se encuentra durante la noche, o si se desconecta el generador solar. Por tanto, el inversor no puede funcionar.
- Intensidad del generador fotovoltaico insuficiente: El inversor detecta la tensión mínima de trabajo de los generadores fotovoltaicos a partir de un valor de radiación solar muy bajo, dando así la orden de funcionamiento o parada para el valor de intensidad mínimo de funcionamiento.
- El inversor incluye interruptor automático en la salida CA.
- El inversor incluye protección ANTI-ISLA
- Los inversores estarán conectados a tierra tal y como se exige en el reglamento de baja tensión. La toma de tierra es única y común para todos los elementos.

Los inversores serán provistos del software de aplicación para la configuración de los equipos y extracción de datos, otorgando plenos derechos al administrador e incluyendo el acceso a sus parámetros funcionales.

Además, los inversores deben ir acompañados de planos de cableado, manuales de instalación, operación y mantenimiento, incluyendo lista de parámetros, valores, tolerancias de alarma / advertencia y funcionamiento, en español.

En el Anejo 11: Fichas Técnicas se recoge su ficha técnica con todas las especificaciones.

### 5.3. Seguidor Solar

Los módulos fotovoltaicos se instalarán sobre estructuras móviles, denominadas seguidores, que giran sobre un eje horizontal orientado de Norte a Sur, y realizan un seguimiento automático de la posición del sol en sentido Este-Oeste a lo largo del día, maximizando así la producción de los módulos en cada momento.

Esta estructura de soporte permite un buen anclaje de los módulos al terreno.

Además de resistir con el peso de los módulos fotovoltaicos, esta estructura de soporte debe resistir las sobrecargas de viento y nieve, tal y como establece el código técnico de la edificación.

La estructura de soporte empleada permitirá las dilataciones térmicas, sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los módulos, tal y como establece el fabricante en sus especificaciones.

Se proponen dos tipos de seguidores de la marca *Soltec SF7* o similar, con las siguientes denominaciones: 2V52 y 2V26. En cualquier caso, se trata de configuraciones en 2V formando dos filas horizontalmente.

Los seguidores 2V52 y 2V26 son configuraciones de seguidores formados por un brazo separados físicamente por un el motor que se coloca en el centro del mismo, de tal forma que divide en dos partes iguales:

- En el caso de 2V52 → poseen 52 módulos en serie a la derecha y 52 en serie módulos a la izquierda.
- En el caso de 2V26 → poseen 26 módulos en serie a la derecha y 26 módulos en serie a la izquierda.

El eje del seguidor tendrá un rango de giro de  $\pm 55^\circ$ . El diseño de este tipo de estructuras se realiza tal que puedan soportar los vientos de la zona. Adicionalmente, cualquiera de las configuraciones de los seguidores propuestos podrá colocarse en posición de defensa  $0^\circ$  en caso de fuerte viento y variar la inclinación para las labores de montaje, limpieza y mantenimiento. Para registrar y controlar las condiciones atmosféricas, la PSF contará con al menos 1 estación meteorológica a partir de la cual se determinarán las consignas de seguridad.

Todas las configuraciones serán monofila, es decir, cada seguidor dispondrá de un único motor que orientará un eje en el que se disponen sus módulos.

Para la fijación de la estructura al terreno, se utilizarán perfiles hincados 1,50 metros en el terreno, siempre que dicho terreno lo permita. Los perfiles propuestos a falta de realizar una prueba de hincado in situ serán:

- Para las hincas en filas perimetrales: IPE140/IPE160
- Para las hincas en filas interiores: C100x40x20x3

El dimensionamiento de estos pilares irá precedido de un estudio geotécnico del terreno, que limitará la profundidad necesaria de hincado y su dimensión óptima, de forma que se aprovechen los materiales de forma óptima.

Como puede comprobarse se proponen dos tipos de hincados claramente diferenciados debida a la gran diferencia de cargas que hay entre las filas más expuestas al viento (perimetrales) y las menos expuestas (interiores).

La fijación al terreno se realizará según las recomendaciones establecidas en el estudio geotécnico cuando este se lleve a cabo (el presente proyecto no cubre el estudio geotécnico que se debe de realizar in situ previo al inicio de obras). Para un terreno medio que es el considerado en el presente proyecto, 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. En cualquier caso, la cimentación del seguidor se dimensionará para 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 que le sea de aplicación



La distancia mínima del módulo al suelo será de 0,5 m con la finalidad de reducir la deposición de polvo en los módulos, el sombreado por vegetación y proporcionar una distancia de seguridad frente a posibles inundaciones.

Cada seguidor dispondrá de un controlador que recibirá las consignas de movimiento a partir de parámetros predefinidos de las estaciones meteorológicas y del SCADA de la Planta. El motor del seguidor será el encargado de orientar los paneles, dicho motor estará alimentado en DC por un panel fotovoltaico propio de menor tamaño que dispone el seguidor. Además, podrá recibir energía desde la UPS del Inversor a través de la conexión cadena-inversor con la finalidad de situarse en posición de defensa en situaciones de baja radiación solar.

La estructura se protegerá superficialmente contra la acción de los agentes ambientales, mediante galvanización en caliente, que garantice la integridad de la estructura durante la vida útil de la instalación fotovoltaica.

En el Anejo 11: Fichas Técnicas se recoge su ficha técnica con todas las especificaciones.

#### 5.4. Estación de potencia

Una vez que los inversores fotovoltaicos han transformado la energía eléctrica a corriente alterna, se dirige al transformador de potencia para elevar la tensión de la energía generada.

Los centros de transformación son edificios prefabricados, contenedores o skid encargados de albergar los equipos cuya función es la de agrupar, condicionar, transformar y elevar la tensión de los subcampos fotovoltaicos.

Los centros de transformación incluirán al menos, los siguientes componentes:

- Transformador de potencia
- Celdas de Media Tensión
- Cuadros eléctricos Protección Baja tensión
- Servicios Auxiliares

El inversor y transformador se instalan en distintas localizaciones ya que los inversores serán de tipo string.

Las estaciones transformadoras proyectadas son de tipo compacto, concretamente se propone el modelo de transformador 3.400 kVA @40°C (modelo STS-3000K-H1 del fabricante Huawei o similar).

En el presente proyecto se prevén en total 25 inversores conectados a 2 estaciones transformadoras. La primera estación de potencia, situada en la isla oeste, recogerá la energía generada por 14 inversores y, al transformarla a Media Tensión, saldrá una línea hacia la otra estación de potencia, situada en la isla este, que recogerá

los once inversores restantes, para así llevar una única línea de evacuación al punto de conexión. Las estaciones de Potencia incluyen un transformador de 3.000 kVA (40°C), así como las celdas de protección asociadas, y la interconexión entre todos los elementos.

La Cabina de transformación se ubicará con preferencia en una posición centrada respecto al generador fotovoltaico al que está conectado, respetando las distancias necesarias para evitar sombras, y accesible a través de un camino transitable por vehículos de carga.

La estación de potencia es una plataforma compacta y resistente con todos los equipos de media tensión integrados. Incluye un transformador outdoor de media tensión, celdas de protección y desconexión, cubas de aceite y filtros. El transformador de potencia elevará la energía procedente del inversor de 800 V a 15 kV.

Todos los equipos que componen los CT's estarán dotados de un grado de protección mínimo IP54 para evitar la entrada de agua de lluvia.

Por otro lado, todas las unidades transformadoras disponen de un transformador de servicios auxiliares de 50 kVA. Además, todos los elementos eléctricos y partes metálicas (herrajes) van conectados a tierra, la cual se conectará al terreno con los cables y picas necesarias en función de la resistividad del terreno, tal y como se refleja en los cálculos anexos del proyecto y en los planos del mismo.

De esta forma, el centro de transformación está compuesto por un bloque donde se encuentran las celdas de media tensión, las cajas de baja tensión de servicios auxiliares y el transformador de servicios auxiliares.



Ilustración 22. Centro de transformación compacto Huawei STS-3000-H1

#### 5.4.1. Transformador de potencia

Los transformadores de BT / MT elevarán la tensión del inversor hasta el nivel al que se encuentre la red de MT.

Cada centro de transformación dispondrá de 1 transformador de potencia 3.400 kVA @40°C. Estos transformadores tienen una relación de transformación 0,8/15 kV a 50 Hz y tendrán un grupo de conexión Dy11y11 y refrigeración ONAN con cuba de aceite y filtro. Cada equipo dependiendo de la situación en campo contará con diferentes unidades de celdas, existiendo tres tipologías: celda de línea, celda de transformador y celda de servicios auxiliares.



*Ilustración 23. Transformador tipo*

Tendrán las siguientes características:

- Serán herméticos y refrigerados por aceite.
- El transformador puede contar con uno o más devanados en baja tensión dependiendo de la solución propuesta.
- La potencia del transformador será al menos la misma que la suma de las potencias de los inversores que se conecten a este transformador.
- Los transformadores tendrán la suficiente rigidez para soportar los esfuerzos producidos por el transporte, instalación y operación, incluyendo sismos y cortocircuitos.
- Los transformadores serán trifásicos, con regulación en carga en el lado de MT, con refrigeración por aceite.

Se utilizarán transformadores especialmente diseñados para plantas FV, asegurando el funcionamiento en continuo para carga nominal.

#### 5.4.2. Celdas de media tensión

Toda la aparatada de media tensión deberá cumplir con la Norma IEC 62271 y cualquier otra norma mencionada en el apartado “Normativa” del documento.

Cada estación transformadora albergará unas celdas de MT que incorporarán los elementos necesarios de maniobra y protección de esta. Se instalarán celdas modulares compactas debido a que, entre otras ventajas, permiten una operación segura y sencilla, tienen pequeñas dimensiones y poco peso, aumentan la protección frente a condiciones ambientales y accidentes, y generalmente la manipulación e instalación es rápida y sencilla.

Las celdas estarán constituidas por un módulo mecánico fabricado en chapa de acero de alta calidad, plegado, formando un conjunto mecánicamente resistente frente

a los esfuerzos normales de operación. Las celdas serán de encapsulado mecánico, asilamiento en SF6 y estarán certificadas contra arco interno. Sus embarrados se conectan de forma totalmente apantallada e insensible a las condiciones externas (polución, salinidad, inundación, etc.). La parte frontal incluye en su parte superior la placa de características, la mirilla para el manómetro, el esquema eléctrico de la celda y los accesos a los accionamientos del mando, y en la parte inferior se encuentran las tomas para las lámparas de señalización de tensión y panel de acceso a los cables y fusibles. En su interior hay una pletina de cobre a lo largo de toda la celda, permitiendo la conexión a la misma del sistema de tierras y de las pantallas de los cables.

Se emplearán celdas de tipo modular, de forma que en caso de avería sea posible retirar únicamente la celda dañada, sin afectar al resto de las funciones. El embarrado de las celdas estará dimensionado para soportar sin deformaciones permanentes los esfuerzos dinámicos que en un cortocircuito se puedan presentar.

Las celdas podrán incorporar protecciones del tipo autoalimentado, es decir, que no necesitan imperativamente alimentación externa. Igualmente, estas protecciones serán electrónicas, con entrada para disparo por termostato sin necesidad de alimentación auxiliar.

Además, las celdas contarán con un dispositivo de detección de voltaje que deberá mostrar la presencia o ausencia de voltaje de las tres fases de la red de MT. Este detector proveerá señales independientes de cada fase, evitando el uso de transformadores de tensión.

Cada transformador se conectará a su respectiva celda de protección que estará en un embarrado común con una celda de entrada y otra de salida, ambas seccionables. De este modo, se realizará una distribución en MT con tipología en estrella.

La planta dispondrá de una Unidad de celdas (RMU) por cada estación de transformación, que incorporarán la aparamenta necesaria de maniobra y protección, para un sistema con un nivel de tensión más elevada de la red de 17,5 kV y 50 Hz de frecuencia. Las partes que compondrán estas celdas serán:

- Celdas de línea, estarán provistas de un interruptor/seccionador y un seccionador de puesta a tierra con dispositivos de señalización que garanticen la ejecución de la maniobra, pasatapas y detectores de tensión que sirvan para comprobar la presencia de tensión y la correspondencia de fases.
- Celda de protección de transformador, estará provista de un interruptor-fusible combinado de salida y un seccionador de puesta a tierra con dispositivos de señalización que garanticen la ejecución de la maniobra, pasatapas y detectores de tensión que sirvan para comprobar la presencia de tensión y correspondencia de fases.

Los interruptores tendrán tres posiciones: conectados, seccionados y puestos a tierra. Los mandos de actuación serán accesibles desde la parte frontal, pudiendo ser accionados de forma manual o motorizada.

#### 5.4.3. Transformación auxiliar / instalación C.A. cuadro de SSAA

Cada cabina contará con un transformador de BT / BT para los servicios auxiliares de 50 kVA de potencia. Este transformador debe estar protegido por una caja metálica adecuadamente ventilada equipada con una protección de interruptor de entrada y salida. Este transformador alimentará a través de un cuadro de protecciones los diferentes circuitos auxiliares (iluminación, ventilación, comunicación, inversor...).

El cuadro de servicios auxiliares estará alimentado por el transformador de servicios auxiliares que colgará de la conexión en B.T. del transformador BT/MT anteriormente definido.

#### 5.4.4. UPS

Se utilizará una UPS para asegurar que los trackers se muevan a una posición de defensa en caso de la disminución de la radiación solar y proteger a los dispositivos en caso de una caída de tensión en la red.

#### 5.4.5. Cuadro de comunicaciones/control

Es necesario que exista un cuadro de comunicaciones/control para recolectar todas las señales de los equipos suministrados (inversores, transformadores, celdas, reenvíos SSAA, etc.).

### 6. Instalación eléctrica de Baja Tensión (BT)

Se considera la Instalación Eléctrica de Baja tensión a la referente a aguas abajo del transformador de BT/MT situado en la estación de potencia de la Planta Solar.

Las instalaciones que comprenden esta parte de la instalación son las que se describen a continuación:

- Conexión entre módulos fotovoltaicos formando strings.
- Conexión entre strings e inversor.
- Conexión entre inversor y estación de potencia.

La instalación está diseñada para que el nivel de tensión sea hasta 1.500 V.

La evacuación de la energía generada en el campo fotovoltaico se conectará al lado de baja tensión del transformador instalado a tal efecto en la Estación de Transformación.

#### 6.1. Criterios de diseño

Para el cálculo de la sección de los conductores empleados en las diferentes partes de la instalación se ha tenido en cuenta, además de lo establecido por el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y sus ITC complementarias (REBT), los

criterios de intensidad máxima admisible por el cable y la caída de tensión (1,5%), además de la adecuada protección de los cables contra sobrecargas y cortocircuitos mediante fusibles clase gPV o interruptores magnetotérmicos.

Posteriormente se ha establecido que la pérdida de potencia máxima en la parte BT de la Instalación Fotovoltaica, es decir, desde los módulos hasta los inversores, no deberá ser superior a 1,50%. Desde el inversor a la estación de potencia la pérdida máxima tampoco podrá superar el 1,50%.

Los cables de string entre estructuras irán enterrados bajo tubo, mientras que los cables string que discurran por las estructuras fijas irán apropiadamente atados a la estructura o bien en bandejas.

Los conductores de la instalación serán fácilmente identificables. Esta identificación se realizará por los colores que presenten sus aislamientos. El conductor neutro se identificará por el color azul claro. Al conductor de protección se le identificará por el color verde-amarillo. A efectos de identificación los cables serán marcados con su designación correspondiente mediante etiquetas inertes fijadas a los cables con fijadores de plástico. Se dispondrá una etiqueta cada 10 m en cables enterrados.

En ningún caso se permitirá la unión de conductores mediante conexiones y/o derivaciones por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión montados individualmente o constituyendo bloques o regletas de conexión. Siempre deberá realizarse en el interior de cajas de empalme y/o de derivación. Los conductores deberán conectarse por medio de terminales adecuados, de forma que las conexiones no queden sometidas a esfuerzos mecánicos.

El acoplamiento y sellado entre cables y equipos se efectuará por medio de prensaestopas. Estas serán las adecuadas en tipo y diámetro con objeto de asegurar una sujeción mecánica y estanqueidad adecuada.

Los cables serán manejados cuidadosamente para evitar erosiones y deterioro en sus aislamientos. Los radios de curvatura nunca serán menores de los recomendados por el fabricante.

## 6.2. Corriente continua y alterna

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

Los inversores suelen tener un amplio rango de voltaje de entrada, pero para lograr su óptimo punto de operación es aconsejable sobredimensionar la potencia instalada de los generadores fotovoltaicos sobre la potencia nominal del sistema.

El voltaje del generador fotovoltaico varía con la temperatura del emplazamiento. El máximo del campo fotovoltaico se ha determinado usando la temperatura más baja del emplazamiento y será siempre inferior a 1.500 V (tensión máxima del sistema). Por

otro lado, el voltaje mínimo del campo fotovoltaico se ha determinado usando la temperatura más alta del emplazamiento. El inversor seleccionado se adecúa al voltaje de diseño mínimo del campo fotovoltaico con la finalidad de garantizar el correcto funcionamiento del sistema. Con estas especificaciones, el string estará configurado por 26 módulos conectados en serie.

Las protecciones quedan incluidas en la entrada del inversor, en el lado de la corriente continua, protegiéndose mediante fusibles y los elementos de corte para desconectar los string en caso de cortocircuito o fuga de corriente.

### 6.2.1. Interconexión de módulos

La interconexión entre los módulos se realizará utilizando el propio cable de salida de los módulos conectando el polo positivo de un módulo con el negativo del siguiente hasta un total de 26 módulos interconectados entre sí.

La interconexión entre módulos no requiere de cableado adicional. La unión entre módulos se realizará mediante conectores los MultiContact 4/6 o similares que incorporan los paneles y garantizan la correcta unión eléctrica de los módulos en las condiciones de máxima seguridad y calidad.

Las conexiones string al inversor se harán preferentemente por canaleta con tapa o aprovechando la estructura del seguidor, minimizando las distancias para obtener las menores pérdidas posibles. En los tramos subterráneos los conductores irán en zanja protegidos bajo tubo o directamente enterrados, dependiendo de la ubicación de la zanja con respecto a las estructuras.

### 6.2.2. Tipología de cables y secciones módulos – inversor

El inversor recibirá el cableado en cobre y corriente continua, teniendo una sección de 4 y 6 mm<sup>2</sup> aislamiento 1,8 kV CC, que como refleja el apartado cálculos asegura una caída de tensión no superior al 1,5 %, según indica la normativa vigente.

Se utilizarán cables unipolares con aislamiento dieléctrico seco, con las siguientes características:

Características de los cables de CC	
Tipo	H1Z2Z2-K
Tensión DC	1,5 kV
Conductor	Cobre
Secciones	4, 6 mm <sup>2</sup>

Tabla 11. Características de los cables CC

### 6.2.3. Conexiones inversor - transformador

El inversor será conectado al transformador del CT, para ello se dispondrá de un conductor resistente a la absorción de agua, el frío, la radiación UV, agentes químicos, grasas o aceites, abrasión e impactos. El conductor tendrá flexibilidad de clase 5,

dispondrá de aislamiento XLPE o HEPR, pantalla metálica y cubierta exterior de poliolefina.

La salida de cada inversor se dirigirá hacia un cuadro de baja tensión situado en cada una de las estaciones de potencia y que incluirá protección contra sobrecargas y cortocircuitos. Este cuadro unificará la potencia de los inversores pertenecientes a cada isla para hacer la conexión con los transformadores de 3.400 kVA, que transformarán la tensión de salida de los inversores de 0,80 kV a 15 kV.

La conexión eléctrica entre el cuadro de alterna y el lado de baja del transformador estará formada por conductor tipo XLPE, de sección adecuada a la corriente a transportar.

El transformador recibirá el cableado en Aluminio teniendo una sección de 240 mm<sup>2</sup> y aislamiento 0,6/1 kV, asegurando así una caída de tensión no superior al 1,5 % según indica la normativa vigente.

Características de los cables de AC	
Tipo	RZ1-AL
Tensión DC	1 kV
Conductor	Aluminio
Secciones	240 mm <sup>2</sup>

Tabla 12. Características de los cables AC

#### 6.2.4. Conexiones inversor – transformador SSAA

Cada transformador tiene una derivación antes de entrar al mismo que alimenta un circuito de servicios auxiliares en baja tensión 400/230V. Previsto para futuras acciones de mantenimiento, alumbrado o tomas de corriente para servicios varios. Estos servicios auxiliares estarán protegidos por interruptores magnetotérmicos y diferenciales incluidos el Cuadro de Baja Tensión, a partir del cual partirá las diferentes tomas de corriente, luminarias, etc.

### 7. Línea de interconexión Media Tensión (MT)

La PSF Labrador consta de dos islas donde se encuentran repartidos 2 centros de transformación.

Los centros de transformación contienen transformadores de 3.400 kVA y se agruparán obteniendo una línea de media tensión subterránea con las características que se indican a continuación:



LÍNEA	NUDO ORIG.	NUDO DEST.	LONG. (m)	DESIGNACIÓN	SECCIÓN (mm <sup>2</sup> )	POTENCIA LÍNEA @40°C (kVA)	TRAZADO
LMT 15 kV INTERCONEXIÓN	CT-01	CT-02	1.174,91	RHZ1 AL/OL/2OL 12/20 H16	3x1x240	2,800	SUBTERRÁNEO

La línea subterránea de media tensión que unirán los dos centros de transformación entre sí será de 15 kV y con los conductores enterrados bajo tubo.

Los cables seleccionados son unipolares RHZ1 Aluminio 12/20 kV de secciones 240 mm<sup>2</sup>.

Las zanjas cumplirán con lo establecido en la ITC-LAT 06, del Real Decreto 223/2.008, 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 ITC-LAT 01 a 09.

El recorrido de las zanjas de media tensión evitará en lo posible pasar por debajo de los seguidores, facilitando así su instalación y mantenimientos futuros. La descripción de las zanjas de media tensión queda descrita en el apartado correspondiente de la presente memoria.

Se evitará en lo posible, los cambios de dirección de las canalizaciones entubadas respetando los cambios de curvatura de los cables indicados por el fabricante. En los lugares dónde se produzcan cambios de dirección, para facilitar la manipulación de los cables podrán disponerse arquetas de giro sin tapa de registro. Con objeto de no sobrepasar las tensiones de tiro indicadas en las normas aplicables a cada tiro de cable, en los tramos rectos se realizarán calas de tiro en aquellos casos que lo requieran. A la entrada de las arquetas, las canalizaciones entubadas deberán quedar debidamente selladas en sus extremos.

CARACTERÍSTICAS	
Clase de corriente	Alterna trifásica
Frecuencia	50 Hz
Tensión nominal	15 kV
Tensión más elevada para el material	17,5 kV

Tabla 13. Características línea media tensión

## 8. Instalación eléctrica de evacuación de Media Tensión (MT)

La instalación eléctrica de Media tensión (MT) tiene el fin de evacuar la energía generada en la instalación desde el centro de transformación de la isla oeste hasta el punto de conexión situado en el tramo de línea comprendido entre la STR NAVALCARNERO y el CT DEHESA 13-NER (15 kV) (propiedad de I-DE REDES ELECTRICAS INTELIGENTES S.A.U.) en el T.M. de Navalcarnero (Madrid).

El nivel de tensión de la línea subterránea de evacuación será de 15 kV, y consistirá en una (1) línea subterránea constituida por una terna de cables unipolares para conectar en el punto de conexión.

Todas las infraestructuras de evacuación a partir del CT de la isla oeste se recogen en el Tomo II - "Proyecto ejecutivo de infraestructuras de evacuación PSF Labrador".

## 9. Sistema de Protecciones

El sistema de protección es el conjunto de equipos necesarios para la detección y eliminación de cualquier tipo de faltas mediante el disparo selectivo de los interruptores que permiten aislar la parte del circuito de la red eléctrica donde se haya producido la falta.

El número y duración de las interrupciones en el suministro de energía eléctrica junto con el mantenimiento de la tensión y frecuencia dentro de unos límites es lo que determina la calidad del servicio. Por lo tanto, la calidad del servicio en el suministro y gran parte de la seguridad de todo el sistema dependen del sistema de protección.

Estos se instalan en todos los elementos que componen el sistema eléctrico provocando la excitación y/o alarma de un dispositivo de apertura cuando detectan una perturbación, por ejemplo, la bobina de disparo de un interruptor.

También se ocupa tanto de la protección de las personas como de las instalaciones contra los efectos de una perturbación, aislando las faltas tan pronto como sea posible, evitando el deterioro de los materiales y limitando el daño a las instalaciones y los esfuerzos térmicos, dieléctricos y mecánicos en los equipos provocados por cualquier tipo de falta.

Otro de los objetivos principales de un sistema de protección es evitar pérdidas económicas en la explotación de la instalación ya que de por sí esta representa una gran inversión y dependiendo de la importancia de esta dentro de un sistema eléctrico se pueden tener grandes pérdidas económicas tanto para los consumidores como para la empresa responsable de la explotación de la instalación. Además, también permiten preservar la estabilidad y continuidad de la red.

A continuación, se detallan los diferentes tipos de perturbaciones que se pueden presentar en una instalación eléctrica.

- Sobrecargas
- Cortocircuitos
- Sobretensiones
- Subtensiones
- Desequilibrio
- Retorno de energía

Las protecciones quedan incluidas en la entrada del inversor, en el lado de la corriente continua, protegiéndose mediante fusibles y los elementos de corte para desconectar los string en caso de cortocircuito o fuga de corriente.

A su vez, se incorporarán protecciones contra sobreintensidades a la salida de los inversores y en el cuadro general de BT, junto a un interruptor diferencial, que antecede a los devanados del transformador.

### 9.1. Protecciones Corriente Continua

Las líneas procedentes de los strings están protegidas por fusibles de 20 A alojados en el inversor. De este modo se consiguen dos objetivos; el primero de ellos es el de impedir que este subgrupo pase a trabajar en ningún momento como carga y soportando corrientes inversas superiores a su propia corriente de cortocircuito. El segundo de ellos es el de permitir la desconexión fácil y rápida de este subgrupo, facilitando las labores del personal de mantenimiento.

Además, la caja general de baja tensión contendrá un fusible de 350 A, así como descargador de sobretensión para proteger la instalación contra sobretensiones entre el polo positivo y tierra, negativo y tierra y entre el polo positivo y negativo.

### 9.2. Protecciones Corriente Alterna

El inversor cuenta con protecciones contra sobretensiones de clase II y cortocircuito tal y como puede verse en su ficha técnica, por lo que no será necesaria la instalación de dichos elementos en el lado del inversor. No ocurre así en el lado del transformador, en el que será necesario la instalación de una protección magnetotérmica para cada circuito de inversor y una protección magnetotérmica general que proteja todas ellas.

La protección tendrá capacidad de corte en todas las fases, tendrá una intensidad nominal y un poder de corte ajustados a las necesidades de cada línea tal y como se describe en el esquema unifilar.

Para la protección contra contactos indirectos será necesario la instalación de una protección diferencial de intensidad nominal suficiente y sensibilidad de 300 mA.

### 9.3. Red de tierras

Con objeto de proporcionar una protección de las personas contra contactos directos e indirectos el sistema fotovoltaico se dispondrá en esquema “flotante”, es decir, la red de continua del generador fotovoltaico se encuentra aislada de tierra y existe una tierra de protección a la que se unen las masas metálicas del sistema, así como los dispositivos de protección frente a sobretensiones.

Así, se dispondrá una conexión equipotencial a tierra a la que se unen todas las partes metálicas de los componentes del sistema fotovoltaico. Esta red de tierra tiene los objetivos siguientes:

- La protección de las personas frente a contactos indirectos, al impedir que las masas adquieran potencial en el caso de defectos de aislamiento.
- Permitir la correcta actuación de los limitadores de corriente y sobretensión de la protección interna.

Con el fin de evitar la degradación inducida por potencial en los módulos, se conectarán a tierra los negativos de todas las series de módulos fotovoltaicos. Para ello, el inversor contará con un kit especial de puesta a tierra del polo negativo.

Se cumplirá el artículo 15 del RD 1.699/2011 y la ITC BT-40 por lo que el electrodo de puesta a tierra de la instalación será independiente del electrodo del neutro de la empresa distribuidora, así como también se dispondrá de una separación galvánica entre la parte de corriente alterna y la de continua de la instalación.

Los conductores de protección discurrirán por las mismas canalizaciones de corriente continua y de corriente alterna de la instalación. La sección mínima de dichos conductores vendrá dada según la tabla 2 de la ITC BT-18 y cumplirá la norma UNE 20.460-5-54. Así se dispondrá los siguientes conductores de protección:

- 6 mm<sup>2</sup> para la conexión de los marcos, envolventes, partes metálicas, etc... del generador fotovoltaico.
- 35 mm<sup>2</sup> en el descargador de sobretensiones o varistor de CA del inversor.
- 35 mm<sup>2</sup> para el enlace de barra de equipotencialidad con pica.

Los conductores de protección serán del mismo tipo y modelo que los empleados en sus respectivos tramos.

El conductor de tierra que unirá la barra de equipotencialidad con la puesta a tierra será de cobre desnudo de 35 mm<sup>2</sup> de sección nominal, hasta enlazar con una pica de acero cobrizado de 250  $\mu$  de 14,2 mm de diámetro y 2 metros de longitud total, que se dispondrá hincada en el terreno.

El tipo y la profundidad de enterramiento de las tomas de tierra deben ser tales que la posible pérdida de humedad del suelo, la presencia de hielo u otros efectos climáticos, no aumenten la resistencia de la toma de tierra por encima del valor previsto. La profundidad no será nunca inferior a 0,5m.

Los materiales utilizados y la realización de las tomas de tierra deben ser tales que no se vea afectada la resistencia mecánica y eléctrica por efecto de la corrosión de forma que comprometa las características del diseño de la instalación. Dado que la resistencia de un electrodo depende de la resistividad del terreno en el que se establece y esta resistividad varía frecuentemente de un punto a otro del terreno, previa a la entrega deberá ser obligatoriamente comprobada por el Instalador Autorizado. En caso de que no cumpla con lo establecido se incrementará el número de picas separadas un

metro entre sí y unidas por cable de cobre enterrado hasta conseguir la resistencia adecuada.

Personal técnicamente competente efectuará la comprobación de la instalación de puesta a tierra, al menos anualmente, en la época en la que el terreno esté más seco. Para ello, se medirá la resistencia de tierra y se repararán con carácter urgente los defectos que se encuentren. Los electrodos y los conductores de enlace hasta el punto de puesta a tierra se pondrán al descubierto para su examen al menos una vez cada 5 años.

#### 9.3.1. Paneles fotovoltaicos

Los paneles fotovoltaicos tendrán en su composición un marco metálico anclado a la estructura de cada seguidor con lo que la tierra de todos los componentes metálicos del sistema generador será conjunta a través de la estructura de los seguidores.

#### 9.3.2. Estructuras

Unión equipotencial entre estructuras de seguidores con cable ultra flexible. Puesta a tierra parte superior estructura de seguidores con cable ultra flexible. Conectado a la red general de tierra mediante conductor de cobre desnudo en B.T y anillo perimetral.

#### 9.3.3. Inversores

Conectados a tierra en conductor de cobre desnudo en zanja B.T.

#### 9.3.4. Centros de transformación

Conectado a barra de puesta a tierra de cobre en contenedor en zanja de M.T., así como el neutro del transformador del lado de baja.

#### 9.3.5. Vallado

La valla estará puesta a tierra con picas de 2 m de longitud en cada esquina y en intervalos de 100 metros. Conectado en cable desnudo a tierra general de la PSF.

### 9.4. Puesta a tierra

Las puestas a tierra se establecen principalmente con objeto de limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.

La puesta o conexión a tierra es la unión eléctrica directa, sin fusibles ni protección alguna de una parte del circuito eléctrico o de una parte conductora no perteneciente al mismo a un electrodo o grupo de electrodos enterrados en el suelo.

Mediante la instalación de puesta a tierra se deberá conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficie próxima del terreno no aparezcan diferencias de potencial peligrosas y que, al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de defecto o las de descarga de origen atmosférico.

La elección e instalación de los materiales que aseguren la puesta a tierra deben ser tales que:

- El valor de la resistencia de puesta a tierra esté conforme con las normas de protección y de funcionamiento de la instalación y se mantenga de esta manera a lo largo del tiempo.
- Las corrientes de defecto a tierra y las corrientes de fuga puedan circular sin peligro, particularmente desde el punto de vista de sollicitaciones térmicas, mecánicas y eléctricas.
- La solidez o la protección mecánica quede asegurada con independencia de las condiciones estimadas de influencias externas.
- Contemplan los posibles riesgos debidos a electrólisis que pudieran afectar a otras partes metálicas.

Para la toma de tierra se pueden utilizar electrodos formados por:

- Barras, tubos.
- Pletinas, conductores desnudos.
- Placas.
- Anillos o mallas metálicas constituidos por los elementos anteriores o sus combinaciones.
- Armaduras de hormigón enterradas; con excepción de las armaduras pretensadas.
- Otras estructuras enterradas que se demuestre que son apropiadas.

Los conductores de cobre utilizados como electrodos serán de construcción y resistencia eléctrica según la clase 2 de la norma UNE 21.022.

El tipo y la profundidad de enterramiento de las tomas de tierra deben ser tales que la posible pérdida de humedad del suelo, la presencia del hielo u otros efectos climáticos, no aumenten la resistencia de la toma de tierra por encima del valor previsto. La profundidad nunca será inferior a 0,50 m.

#### Bornes de puesta a tierra

En toda instalación de puesta a tierra debe preverse un borne de conexión de puesta a tierra para los conductores siguientes:

- Los conductores de tierra.
- Los conductores de protección.

- Los conductores de unión equipotencial principal.
- Los conductores de puesta a tierra funcional, si son necesarios.

Debe preverse sobre los conductores de tierra y en lugar accesible, un dispositivo que permita medir la resistencia de la toma de tierra correspondiente. Este dispositivo puede estar combinado con el borne principal de tierra, debe ser desmontable necesariamente por medio de un útil, tiene que ser mecánicamente seguro y debe asegurar la continuidad eléctrica.

### Conductores de protección

Los conductores de protección sirven para unir eléctricamente las masas de una instalación con el borne de tierra, con el fin de asegurar la protección contra contactos indirectos.

Los conductores de protección tendrán una sección mínima igual a la fijada en la tabla siguiente:

En todos los casos, los conductores de protección que no forman parte de la canalización de alimentación serán de cobre con una sección, al menos de:

- 2,5 mm<sup>2</sup>, si los conductores de protección disponen de una protección mecánica.
- 4 mm<sup>2</sup>, si los conductores de protección no disponen de una protección mecánica. Como conductores de protección pueden utilizarse:
  - conductores en los cables multiconductores
  - conductores aislados o desnudos que posean una envolvente común con los conductores activos, conductores separados desnudos o aislados.

Ningún aparato deberá ser intercalado en el conductor de protección. Las masas de los equipos a unir con los conductores de protección no deben ser conectadas en serie en un circuito de protección.

### Red de equipotencialidad

El conductor principal de equipotencialidad debe tener una sección no inferior a la mitad de la del conductor de protección de sección mayor de la instalación, con un mínimo de 6 mm<sup>2</sup>. Sin embargo, su sección puede ser reducida a 2,5 mm<sup>2</sup> si es de cobre.

La unión de equipotencialidad suplementaria puede estar asegurada, bien por elementos conductores no desmontables, tales como estructuras metálicas no desmontables, bien por conductores suplementarios, o por combinación de los dos.

Para proteger toda la instalación fotovoltaica contra rayos, se decide colocar una pica de puesta a tierra en cada fila y en ciertas zonas de la superficie, sumando un total de 80 picas.

El Centro de Transformación contará a su vez con un anillo de tierra, de cobre con sección de 95 mm<sup>2</sup>.

Todas las partes metálicas de la instalación incluido el vallado perimetral se conectará a la red equipotencial de tierras.

## **10. Descripción de los trabajos**

A continuación, se describen las distintas operaciones que serán necesarias para desarrollar el Proyecto de Planta Solar Fotovoltaica conectada a red. Los trabajos de ejecución se pueden clasificar principalmente en:

- Topografía
- Obra Civil
- Sistema de seguridad
- Sistema de monitorización y control
- Suministro de Equipos
- Montaje mecánico
- Montaje eléctrico

### **10.1. Topografía**

Los trabajos de topografía comprenden el replanteo inicial de la Instalación sobre el terreno para delimitar los límites de la Planta, los viales de acceso, vallado y ubicación de las cimentaciones de la estructura.

El replanteo topográfico del terreno será aprobado por el contratista principal antes del inicio de los trabajos y servirá de base topográfica para la cuantificación de estos; dichas aprobaciones se sucederán en los inicios y finales de las fases de desbroce, excavación y rellenos.

La realización del levantamiento se basará en las coordenadas de al menos dos vértices geodésicos o antenas “Global Navigation Satellite System” (GNSS) para la determinación de sus tres coordenadas del sistema oficial de referencia. Para determinar las alturas ortométricas, se deben conectar al menos otros dos niveles de puntos, si no se proporciona un modelo gravitacional que asegure una precisión absoluta “H” menor de 10 cm.

Estas bases se presentarán en los planes de levantamiento y se construirá de manera que se asegure su permanencia y que no estén colocadas en terrenos agrícolas o en lugares con riesgo de desaparición o cualquier tipo de movimiento. Se debe asegurar que las bases estén ubicadas en un área protegida de daños mecánicos y perturbaciones electromagnéticas, donde prevalecerá el patrón de sostenibilidad.



## 10.2. Obra civil

### 10.2.1. Acondicionamiento del terreno

Para la construcción de una planta solar de estas características es necesario contar con una amplia superficie disponible, para lo cual la ubicación ideal tanto por las características del mismo, como del punto de vista económico es en suelo rústico.

Después de una amplia búsqueda, se han seleccionado las parcelas que, por un lado, adaptándose a la orografía del terreno típico de la zona necesiten menor acondicionamiento, además de una afección menor a la fauna y vegetación existente.

La instalación de los seguidores exige tener un máximo de pendiente de un 17% en dirección norte sur, acorde a la especificación técnica del seguidor. Con respecto a la cubierta del terreno, no se prescribe unas características ni actuaciones especiales, pues la altura mínima de las placas al suelo en la posición más desfavorable (inclinación de 55° respecto la horizontal) es de 0,5 metros, con lo que para la instalación de los módulos se simplifican y reducen las labores de desbroce de vegetación necesaria, tanto durante la fase de construcción como durante la vida útil de la instalación.

Para las tareas de limpieza y mantenimiento de vegetación, prevalecerán las directrices que se establezcan en la autorización ambiental.

La preparación del terreno consistirá en una limpieza y desbroce del terreno para eliminar la capa vegetal existente sin realizar movimientos de tierra.

Consiste en extraer y retirar de las zonas designadas todos los árboles, tocones, plantas, maleza, broza, maderas caídas, escombros, basura o cualquier otro material indeseable según el Proyecto o a juicio de la dirección de obra. Estos trabajos serán los mínimos posibles y los suficientes para la correcta construcción del Proyecto. Los elementos singulares como es el caso de árboles o especies vegetales protegidas serán balizados con el objeto de preservarlos durante la construcción y operación de la instalación.

La ejecución de esta operación incluye las operaciones siguientes:

- Remoción de los materiales objeto de desbroce.
- Retirado y extendido de los mismos en su emplazamiento definitivo.

De esta forma se realizará la extracción y retirada en las zonas designadas, de todas las malezas y cualquier otro material indeseable a juicio de la dirección de obra.

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

Las operaciones de remoción se efectuarán con las precauciones necesarias para lograr unas condiciones de seguridad. Todos los tocones o raíces mayores de diez

centímetros (10 cm) de diámetro serán eliminados hasta una profundidad no inferior a setenta y cinco centímetros (75cm) por debajo de la rasante.

Todas las oquedades causadas por la extracción de tocones y raíces se rellenarán con material procedente de excavaciones en la obra o de préstamos, según proceda.

Todos los productos o subproductos forestales no susceptibles de aprovechamiento serán eliminados de acuerdo con lo que ordene la dirección de obra sobre el particular

Dado que la implantación propuesta evita las zonas de pendientes limitantes anteriormente descritas, los posibles movimientos de tierras se limitarán con carácter excepcional a la nivelación del terreno para la implantación de los CT:

- Plataformas de cimentación: las estaciones transformadoras requieren una plataforma mínima de unos 25 m<sup>2</sup> por cada centro y una elevación respecto al suelo de 0,5 m para evitar el contacto con la humedad.

Por lo tanto, se estima una volumetría de 12,5 m<sup>3</sup> por plataforma de cada una de las 2 estaciones, sumando una volumetría total de 25 m<sup>3</sup>.

#### 10.2.2. Orientación y pendientes

La orientación de los seguidores será Norte-Sur. (Acimutal cero).

Como se ha expuesto en apartados anteriores de la presente memoria, la pendiente máxima que limita la instalación de seguidores es del 17%, cuyos valores inferiores son admisibles para la instalación de dichas estructuras.

#### 10.2.3. Integración morfológica con el terreno ocupado

Las actuaciones que se proyecten se adecuarán a la pendiente natural del terreno, de modo que ésta se altere en el menor grado posible y se propicie la adecuación a su topografía natural, tanto del perfil edificado como del parcelario, de la red de caminos y de las infraestructuras lineales.

Los elementos topográficos artificiales tradicionales significativos, tales como senderos, caminos tradicionales, escorrentías, setos y otros análogos se incorporarán como condicionante de proyecto, conservando y resaltando aquellos que favorezcan la formación de un paisaje de calidad y proponiendo acciones de integración necesarias para aquellos que lo pudieran deteriorar. Las acciones de integración serán coherentes con las características y el uso de los elementos topográficos artificiales, garantizando la reposición de dichos elementos cuando resultarán afectados por la ejecución de cualquier tipo de obra.

#### 10.2.4. Cimentación estructura seguidor solar

Los postes de la estructura solar irán anclados al terreno por medio de hincas directas. Si una vez realizado el ensayo geotécnico de terreno, se encontrase con alguna

capa del mismo más dura, se propondrán soluciones alternativas a la cimentación de los postes para estas zonas.

### 10.2.5. Cimentación para centros de transformación

Los centros de transformación se colocarán sobre muros de hormigón HA-25/B/20/IIa y losa de cimentación, adecuada para el peso de la estación transformadora y con las siguientes características:

Posición	Dimensiones
Dimensiones (Largo –Ancho)	Las dimensiones de la losa deberán de sobresalir 1 metro en todo el perímetro de la estación transformadora., cuyas dimensiones son 6.058 × 2.438 mm.
El canto	El canto mínimo será de 300 mm. Se dejarán los tubos necesarios para el paso de los cables de media y baja tensión, así como los de control.

Tabla 14. Características de la losa de cimentación

En la siguiente figura se ilustra un ejemplo de la cimentación vista desde perfil.

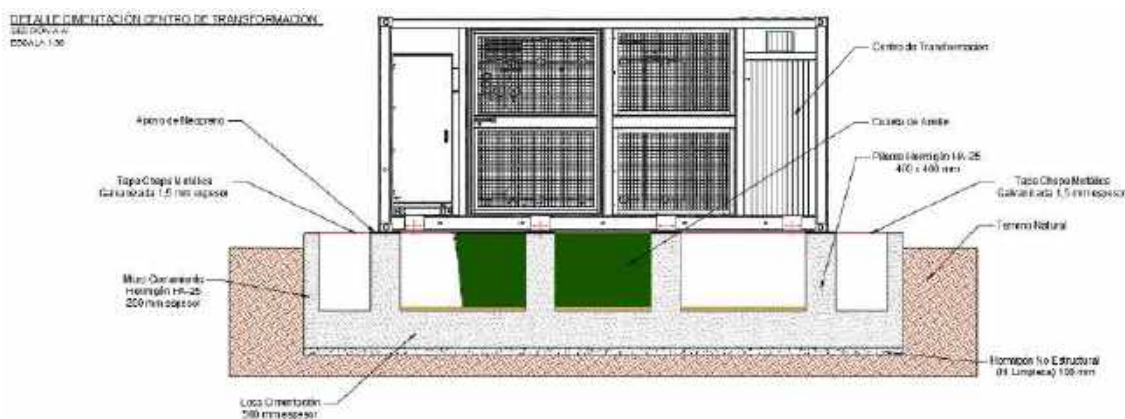


Ilustración 24. Ejemplo cimentación estación transformadora

### 10.2.6. Canalizaciones

#### 10.2.6.1. Canalizaciones de corriente continua

El cableado de los strings a los inversores discurrirá parcialmente enterrado bajo tubo y una parte aérea sobre la propia estructura de las estructuras fijas. Por otro lado, el cableado desde las cajas de conexión a los inversores discurre directamente enterrado.

Las uniones serie de los módulos se realizarán mediante conexiones rápidas y especiales de Clase II, realizándose ésta por la parte posterior a los mismos. Los cables

irán embridados a las estructuras soportes y pasarán desde la estructura al suelo bajo tubo de protección. Desde este punto partirán hacia los inversores.

Las canalizaciones tendrán una anchura de 30 cm, como mínimo, y una profundidad tal que permita que los tubos queden a una profundidad mínima de 75 cm. Se dispondrá una capa de arena de río lavada de espesor mínimo de 0,05 m sobre la que se colocarán los tubos. Por encima de ellos irá otra capa de arena de 0,10 m de espesor.

Para proteger el cable frente a excavaciones hechas por terceros, los cables deberán 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 tubos, así como una cinta de señalización que advierta la existencia del cable eléctrico. Se admitirá también la colocación de placas con doble misión de protección mecánica y de señalización.

#### *10.2.6.2. Canalizaciones de corriente alterna BT*

El cableado desde los inversores a la estación de potencia discurre directamente enterrado.

Los cables irán embridados a las estructuras soportes y pasarán desde la estructura al suelo bajo tubo de protección. Desde este punto partirán hacia la estación de potencia.

Las canalizaciones tendrán una anchura de 30 cm, como mínimo, y una profundidad tal que permita que los tubos queden a una profundidad mínima de 75 cm. Se dispondrá una capa de arena de río lavada de espesor mínimo de 0,05 m sobre la que se colocarán los tubos. Por encima de ellos irá otra capa de arena de 0,10 m de espesor.

Para proteger el cable frente a excavaciones hechas por terceros, los cables deberán 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 tubos, así como una cinta de señalización que advierta la existencia del cable eléctrico. Se admitirá también la colocación de placas con doble misión de protección mecánica y de señalización.

#### *10.2.6.3. Canalizaciones de corriente alterna MT*

El cableado de la parte de corriente alterna irá enterrado bajo tubo a una profundidad de 1 m cuando existan impedimentos que no permitan lograr las mencionadas profundidades, éstas podrán reducirse, disponiendo protecciones mecánicas suficientes. Por el contrario, deberán aumentarse cuando que las condiciones que se establezcan así lo exijan.

La zanja ha de ser de la anchura suficiente para permitir el trabajo de un hombre, salvo que el tendido del cable 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.

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 100 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.

#### 10.2.7. Viales internos

Los viales interiores perimetrales, así como los de acceso a las estaciones de transformación se resolverán mediante la compactación mecánica del terreno, manteniéndose por la empresa encargada del mantenimiento de la PSF. Tendrán una anchura de 4 m.

Los accesos a la PSF se realizan por caminos de titularidad pública que comunican con la planta solar.

No se proyectan caminos elevados, de forma que el camino de acceso al CT en cada una de las islas se ejecutará mediante compactación superficial de la traza del camino y posterior extensión de una capa de 15 cm de zahorra artificial para garantizar a planeidad de la superficie de rodadura.

Este vial presentará las siguientes características:

- En su ejecución no se llevarán a cabo movimientos de tierra y no se crearán taludes de desmonte ni de terraplén.
- Durante la ejecución de la obra se evitará la destrucción de la capa vegetal en las zonas adyacentes, si la hubiere.
- Anchura de 4,00 m y firme de zahorra en toda su traza.
- El vial proyectado se adaptará a la topografía del terreno. Dada la pendiente en la zona de actuación y que la misma no se ve afectada por ninguna red de drenaje no será necesario la ejecución de drenajes longitudinales y/o transversales.
- Por la tipología y simplicidad del camino rural proyectado, los materiales utilizados en el mismo y la ausencia de movimientos de tierra en su ejecución,

este quedará perfectamente integrado en el entorno, minimizando el impacto ambiental tanto en la fase de ejecución como en la fase de funcionamiento, durante la cual se prevé un escaso y esporádico tráfico, reducido únicamente al tránsito de vehículos para las tareas puntuales de mantenimiento de la planta.

La pendiente máxima de los caminos se establece en un 10%.

Los viales deberán soportar un tráfico ligero durante la fase de operación de la Planta Fotovoltaica, reducido a vehículos todo terreno y vehículos de carga para labores de mantenimiento y reparación. De forma puntual el acceso de vehículos pesados podrá ser necesario para el transporte de equipos como los transformadores.

En aquellos puntos de cruces de cables y zanjas enterradas con los caminos, se instalarán tubos corrugados embebidos en hormigón para posterior instalación de los cables a través de dichos tubos.

Respecto a los caminos de acceso a la Planta Solar, se adecuarán en aquellos tramos en los que sea necesario para garantizar el paso de vehículos de carga durante la fase de obras. Se les proporcionará un ancho mínimo de 4 metros y se construirán sobreechamientos en curvas para asegurar el paso de camiones y/o maquinaria.

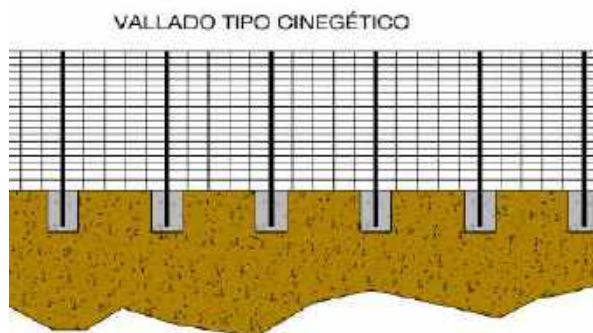
#### 10.2.8. Vallado perimetral

Se instalará un vallado perimetral del tipo cinagético, compuesto por tubos galvanizados, colocados cada 3,00 metros en excavaciones rellenas de hormigón en masa H-25, de 48 mm de diámetro, 12 mm de espesor y 2,15 m de altura. En todos los cambios de dirección, o en su defecto, cada 45 m, se dispondrán postes de refuerzo con dos tornapuntas. La malla será de tipo cinagética y tendrá 2,00 m de altura. Se colocarán 4 tirantas de alambre de 16 mm con sus tensores y tornillos correspondientes.

Se realizarán accesos a la planta mediante cancela de 6 m de anchura y 2,15 m de altura en dos hojas, realizadas con tubo galvanizado de 48 mm de diámetro y 1,2 mm de espesor más malla electrosoldada de las mismas características que la anterior.

Los cerramientos o vallados perimetrales de la instalación deberán tener una tipología que permitan ser permeables a la fauna silvestre terrestre por su zona inferior. Al respecto, es recomendable emplear una malla metálica anudada de tipo ganadero, con una altura máxima de 2 m, un número máximo de 20 hilos o alambres horizontales y una separación constante entre los hilos verticales de la malla de 30 cm. La distancia mínima entre los dos hilos horizontales de la malla será de 15 cm. La valla carecerá de elementos cortantes o punzantes en toda su longitud, ni tampoco tendrá otros anclajes al suelo o cables tensores inferiores, ni estar rematada por viseras o voladizos en su parte superior.

Con objeto de preservar el medio, el vallado dispondrá de pequeños accesos de 0,30 x 0,30 m instalados cada 150 m para permitir el paso de animales pequeños existentes en la zona.



*Ilustración 25. Vallado tipo proyectado en la PSF*

### 10.2.9. Estudio geotécnico

En el momento de desarrollar la actuación, se realizará un estudio geotécnico, de forma que se determinen las características del terreno y así, conseguir la forma óptima de los trabajos de anclado o cimentación de los elementos de la instalación fotovoltaica.

### 10.2.10. Sistema de drenaje

El diseño del sistema de drenaje se aborda estrechamente ligado con el movimiento de tierras y las explanaciones a realizar, en caso necesario.

Se trata de aprovechar al máximo las líneas de flujo principal existentes, modificándolas o reordenándolas, diseñando y dimensionando cada uno de los elementos de drenaje que garanticen una correcta y óptima evacuación de aguas.

Según se indica en el Anejo 5 “Estudio hidrológico”, en función del estudio de la pluviometría de la zona, se calculan la escorrentía superficial y las precipitaciones máximas sobre la parcela. Los datos obtenidos al respecto concluyen que no es necesario proyectar canalizaciones que permitan evacuar, controlar, conducir y filtrar todas las aguas pluviales hacia los drenajes naturales del área ocupada por la Instalación.

En la planta solar diseñada, no se realizarán movimientos de tierra que produzcan alteraciones topográficas que puedan afectar a los cauces existentes y/o interrumpir el drenaje natural del terreno afectado. Tampoco se proyectan caminos elevados por lo que no será necesario diseñar una red de drenaje.

### 10.2.11. Perforación horizontal dirigida

La perforación horizontal dirigida se emplea únicamente cuando no es posible la apertura de zanjas, ya que no se altera el medio físico, evitándose la rotura de pavimentos, movimientos de tierra, construcción de la propia excavación, etc.

En el presente proyecto, se plantea esta técnica en el cruce de la línea subterránea de MT prevista para la interconexión entre las dos islas de la planta solar bajo el Arroyo de la Retamosa, siempre que no sea posible realizar zanja a cielo abierto.

PHD	Nombre	UTM ETRS89 HUSO 30	
		X	Y
1	Arroyo de la Retamosa	409.808,69	4.464.304,25

Tabla 15. Perforaciones Horizontales Dirigidas Propuestas.

Dependiendo del sistema usado para la perforación se colocará una tubería metálica o una tubería de polietileno de alta densidad. Dentro de esta tubería se colocarán los tubos de polietileno por los que se introducirán los cables. Una vez colocados los tubos, se hormigonará la entrada de la tubería, con un pequeño dado, con el fin de impedir la entrada de la humedad en el tubo.

El procedimiento de los trabajos de la perforación será el siguiente:

- Disposición: la perforación puede comenzar desde una pequeña cata, quedando siempre la máquina en la superficie, o bien desde el nivel de tierra. En esta primera fase se determinarán los puntos de entrada y de salida de la perforación, ejecutando las catas si procede, y se seleccionará la trayectoria más adecuada a seguir.
- Perforación piloto: se van introduciendo varillas, las cuales son roscadas automáticamente unas a otras a medida que va avanzando la perforación. En el proceso se van combinando adecuadamente el empuje con el giro de las varillas con el fin de obtener un resultado óptimo. La perforación piloto se deberá realizar a la profundidad apropiada para evitar derrumbamientos o situaciones donde los fluidos utilizados pudieran salir a la superficie.



Ilustración 26. Esquema del proceso de perforación piloto

- Escariado: Una vez hecha la perforación piloto se desmonta el cabezal de perforación. En su lugar se montan conos escariadores para aumentar el diámetro del túnel. Se hacen tantas pasadas como sea necesario aumentando sucesivamente las dimensiones de los conos escariadores, y así el diámetro del túnel.



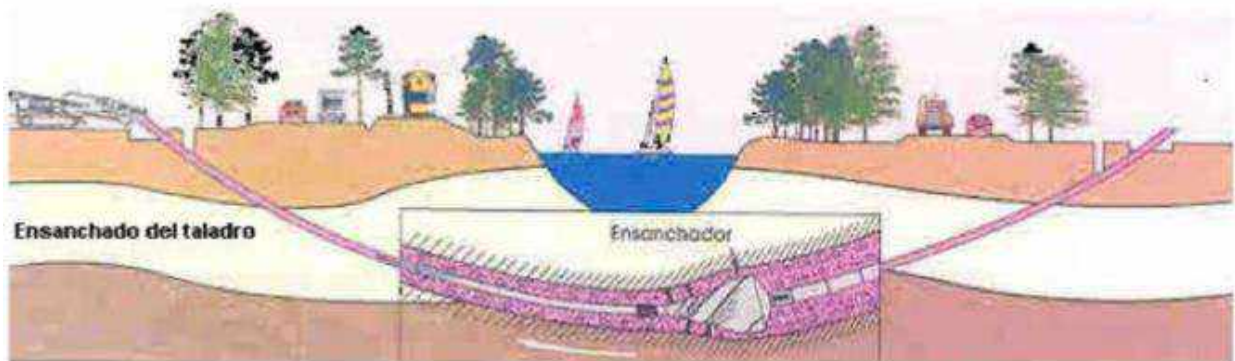


Ilustración 27. Esquema del proceso de escariado

- Instalación de la tubería: Finalmente se une la tubería, previamente soldada por termofusión en toda su longitud, a un cono escariador-ensanchador mediante una pieza de giro libre de modo que va quedando instalada en el túnel practicado.

#### 10.2.12. Instalaciones provisionales y zonas de acopio

Se instalarán en una zona llana un espacio disponible para convertirlo en un centro de trabajo, con todas las dotaciones de infraestructura necesarias para que se pueda desarrollar la actividad en condiciones de dignidad, seguridad y garantía de preservación de la salud de las personas que, durante el tiempo necesario, van a trabajar en dicho entorno. Estas dotaciones de infraestructura tendrán carácter provisional y compartirán espacio con el aparcamiento de la maquinaria y acopio de materiales.

El almacenamiento de materiales ferrosos será realizado en pilas sobre bases de madera para impedir el contacto directo con el suelo.

Esta zona de acopio, donde se instalará también los elementos necesarios para el almacenamiento y gestión de residuos generados en la obra de las instalaciones se ubicará dentro de la zona vallada de la PSF. Asimismo, éste facilitará el tránsito de los vehículos y maquinaria.

La fase de obra tanto de la PSF, como de la línea se realizarán de manera simultánea, de forma que se podrán aprovechar los recursos y maquinarias entre las diferentes actuaciones.

### 10.3. Sistema de seguridad

Se instalará un sistema de seguridad compuesto de un sistema detector de intrusión, compuesto por barreras de microondas y un sistema de circuito cerrado de televisión y vídeo (CCTV), compuesto por cámaras de vigilancia fijas, con visión nocturna y distribuida a lo largo del perímetro abarcado por las plantas.

Para la instalación del sistema de seguridad, se instalarán durante la fase de ejecución del proyecto unos tubos enterrados a una profundidad mínima de 40 cm, con

un diámetro mínimo de 80 cm, por los que se tenderán los cables de señal y alimentación tanto de las cámaras como de las barreras de microondas. Dicha canalización también seguirá el recorrido del perímetro de la planta.

#### 10.4. Sistema de Monitorización y Control

El sistema de monitorización y control de la Planta estará basado en productos abiertos del mercado e incluirá el SCADA y el sistema de control de la Planta PPC, así como todos los equipos necesarios para comunicar con el resto de los sistemas de la Instalación. Este sistema irá alojado en un servidor local instalado en el centro de transformación de la planta.

Con la información recopilada por los dispositivos de campo, el SCADA generará una imagen completa de la planta, con el fin de facilitar la gestión y supervisión de la planta, permitiendo la detección en tiempo real de fallos, facilitando así tomar medidas correctivas para evitar el cierre de equipos y la pérdida de producción.

La red de comunicaciones estará compuesta por diversas redes virtuales (VLANs) que ayuden en la segregación del tráfico de datos y aumenten la seguridad y estabilidad del sistema. El medio físico para los anillos de la red principal será fibra óptica monomodo, otorgando la redundancia necesaria para permitir el correcto funcionamiento del sistema ante fallos puntuales en alguno de los componentes de los anillos.

El protocolo base para las comunicaciones será Modbus TCP, siendo este un estándar en el sector fotovoltaico que permite la rápida integración de sistemas y herramientas de depuración que ayuden a la detección y corrección de fallas. De cara a la comunicación con sistemas exteriores el sistema dispondrá de pasarelas de comunicación que aseguren la integración con protocolos de telemando y control como por ejemplo IEC-104, DNP3, IEC 61850 MMS/GOOSE, etc El sistema se puede configurar para permitir el acceso a sistemas de adquisición externos o el sistema de gestión de la Utility manteniendo en todo momento los criterios más estrictos de Ciberseguridad y encriptación de datos que eviten accesos no autorizados al sistema.

La siguiente imagen muestra un detalle de la propuesta del sistema de monitorización y control a través de su arquitectura de redes:

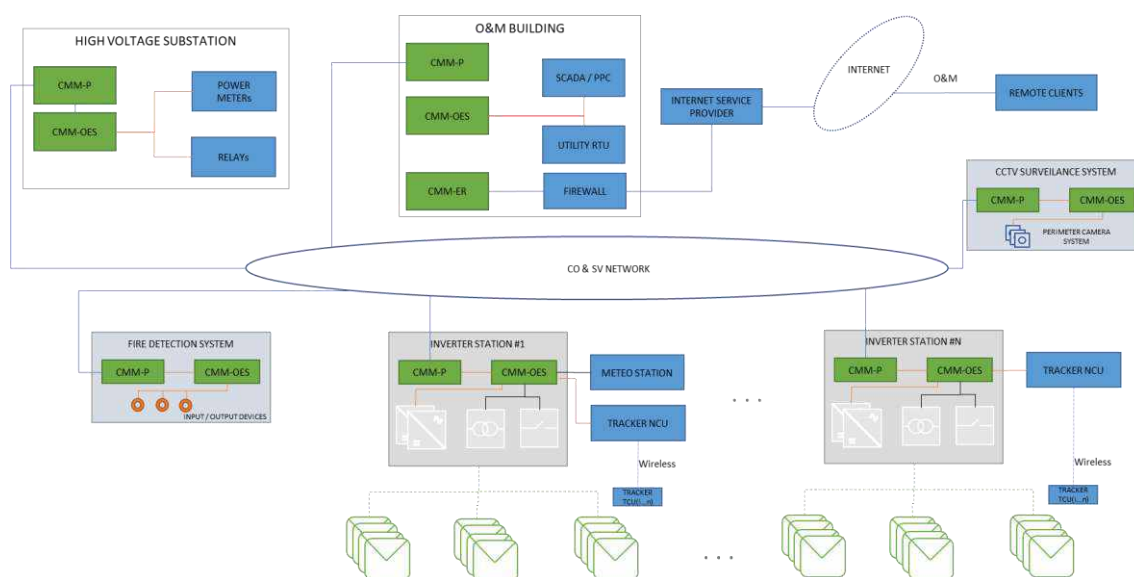


Ilustración 28. Detalle de arquitectura de comunicaciones

El sistema de monitorización será capaz de acceder y almacenar los siguientes grupos de variables:

- Producción instantánea de los inversores.
- Voltaje de entrada y salida de los inversores.
- Estado de los inversores.
- Contadores de medición de datos.
- Datos de medición de las estaciones meteorológicas.

#### 10.4.1. Estación meteorológica

La estación meteorológica permite la medición continua de los principales parámetros meteorológicos registrándolos en una base de datos para su análisis, y visualizándolos gráficamente y en tiempo real mediante la aplicación.

La instalación fotovoltaica estará equipada con una (1) estación meteorológica profesional, robusta y fiable, diseñada para la monitorización de las principales variables meteorológicas (irradiancia, temperatura de panel, temperatura ambiente, velocidad de viento, etc.).

Es una estación meteorológica totalmente autónoma, alimentada por un panel solar y una batería interna. Transmite los datos meteorológicos recogidos en tiempo real vía GSM/GPRS eliminando así, la necesidad de infraestructuras en el lugar de instalación.

Desde el sistema y la aplicación se pueden visualizar las siguientes variables:

- Pluviometría.
- Temperatura.
- Humedad Relativa del aire.

- Punto de rocío.
- Viento.
- Radiación solar.
- Evapotranspiración (método Penman-Monteith).

Estará compuesta por los siguientes equipos:

- Piranómetro Horizontal e Inclinado para medir radiación global y global inclinada.
- Células calibradas con una inclinación igual a la de los módulos fotovoltaicos.
- Células calibradas horizontales.
- Sondas para medir T<sup>a</sup> de dos módulos fotovoltaicos (PT100)
- Anemómetro.
- Termohigrómetro.
- Logger y comunicaciones.

En la estación meteorológica se instalarán adicionalmente dos células calibradas en el plano de los módulos. Una se mantendrá limpia y otra se limpiará con la periodicidad de la limpieza de la planta, con estas dos células se tendrá la medición.

Todos los medidores tendrán la precisión adecuada, cuyo error en ningún caso superará el  $\pm 3\%$ . Todos los equipos deberán contar con los correspondientes certificados de calibración para la configuración en la que se encuentran instalados.

Ningún equipo se encontrará obstaculizado por cualquier elemento, poniendo especial atención a las sombras. No habrá elementos que produzcan sombras en ningún equipo en ningún momento del año.

La estación estará siempre conectada a la Red de SSAA para evitar pérdidas de datos por descarga de baterías. Usándose estas únicamente en los casos en los que haya caídas en la línea que pudieran interrumpir la recepción correcta y normal de los datos.

La comunicación será mediante protocolo Modbus/TCP o Modbus/RTU.

#### 10.4.2. Equipo de medida

Para la medición de la energía generada se instalará un contador electrónico trifásico bidireccional para medida en la parte de 15 kV del Centro de Protección y Medida, objeto del Tomo II "Proyecto ejecutivo de infraestructuras de evacuación PSF Labrador". Se ajustará a la normativa metrológica vigente, al Reglamento de Puntos de Medida y a sus instrucciones técnicas complementarias.

El contador se conecta a los transformadores de tensión e intensidad de la celda de medida correspondiente, y siendo un punto de medida tipo 1 la clase de precisión deberá ser mínimo de 0,2S y 0,5 para la energía activa y reactiva respectivamente,

según el Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto. El contador dispondrá de puerto óptico local y puerto remoto serie. Dispone de un display que permite la visualización de todos los parámetros que registra el equipo. La configuración de la pantalla de visualización es fija y completa, ya que se pueden consultar todos los parámetros que registra el equipo. Algunos de los parámetros que se pueden visualizar son:

- Energía generada absoluta por tarifa.
- Energías generadas absolutas de meses anteriores.
- Tensión, corriente, factor de potencia por fases, etc.
- Potencia activa y reactiva.
- La comunicación será mediante protocolo Modbus/TCP o Modbus/RTU.

#### 10.4.3. Inversores

Incluyen un software de monitorización con versión también para Smartphone, para facilitar las tareas de mantenimiento, mediante la monitorización y registro de las variables de funcionamiento internas del inversor a través de Internet (alarmas, producción en tiempo real, etc.), además de los datos históricos de producción.

Dispone de dos puertos de comunicación (uno para monitoreo y uno para control de planta), que permite un control rápido y simultáneo de la planta.

#### 10.4.4. Sistema de control de planta (PPC)

Se instalará una Unidad de Control Central, coordinadora del inversor de la planta, y grabación en tiempo real de todas las condiciones en la red (V, F, Q) y la planta fotovoltaica, con provisión de interfaces abiertas, protocolos estándar y conexión flexible de E/S externas para la grabación y transmisión de datos.

El sistema de control de la planta utilizará los equipos de comunicaciones (anillo de fibra óptica, convertidores Ethernet...), pero funcionará independientemente del SCADA de monitorización.

El controlador de energía de planta, a través de los inversores, gestionará todos los parámetros necesarios para garantizar una estabilidad permanente y sostenible de la red.

El Controlador de Planta permite al operador mantener los valores objetivo de la planta fotovoltaica y de la red. Debe garantizar que la planta se adapte a las exigencias de la red en cada fase de funcionamiento, y las consignas del Operador del Sistema.

La planta fotovoltaica tendrá capacidad para variar el suministro de energía reactiva, tanto por el día como por la noche, con valores constantes o dinámicos. El punto de medida de la instalación será Centro de Protección y Medida.

En ningún caso se sobrepasarán los 5,00 MW en el Punto de Interconexión (POI) concedida.

El sistema de control PPC se integrará en el sistema de control y supervisión para el pleno cumplimiento del código de red y los requisitos específicos del proyecto. Las funcionalidades del sistema se dividen en diversas capas de control que facilitan la modularidad y flexibilidad del sistema.

El proceso de control se basa en un control en lazo cerrado teniendo como Input principal la medida en el punto de interconexión y como Output las referencias de potencia activa y reactiva para controlar la producción de los inversores.

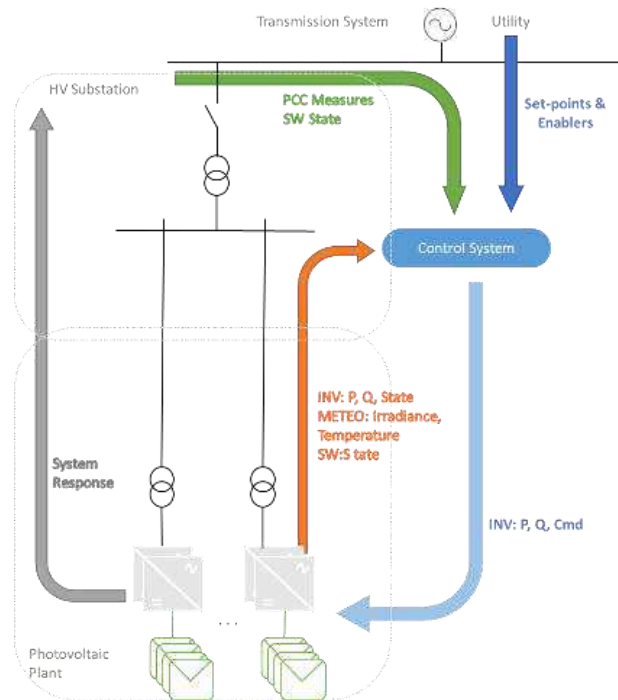


Ilustración 29. Detalle sistema de control

La capa principal del sistema de control es la que asegura el correcto cumplimiento del código de red acorde a la capacidad del sistema según sus parámetros de diseño.

La limitación de la producción de potencia activa es la función principal del sistema de control. El sistema de control monitoriza en tiempo real la inyección de potencia en el punto de inyección a red y envía la consigna de producción máxima admisible a los inversores a través de la red de comunicaciones para asegurar que el sistema produce la máxima potencia disponible impidiendo que en ningún momento se sobrepase la máxima potencia permitida. Los inversores recibirán estas consignas de producción a través de su interfaz de comunicaciones y adaptarán su punto de máxima producción de potencia (MPPT), variando la inyección de corriente a la red.

La máxima potencia de inyección permitida será la potencia concedida en el punto de interconexión (POI), en este caso 5,00 MW, o bien una señal de limitación recibida de la Utility en caso de que se quiera reducir aún más la producción del parque.

Del mismo modo, las capas de control superiores como el Centro de Control de la Utility recopilarán información local, y utilizarán la red de comunicación de control y supervisión para gestionar las acciones de control remoto y enviar consignas al sistema

local de acuerdo con variaciones de la red, variaciones de la demanda, etc. Otras funciones de control que podrán estar activas serán las siguientes:

- Limitación de gradiente de potencia
- Control Potencia-Frecuencia
- Regulación de tensión
- Control de referencia de potencia reactiva
- Control de referencia del factor de potencia

Aparte de las funciones principales de control en el punto de interconexión (POI), el sistema de control de la planta incluye capas de control inferiores aplicadas internamente. Estas capas de control inferiores reportarán información esencial sobre mediciones, estado y alarmas al sistema.

Las capas de control inferiores se aplican a:

- Control interno de inversores
- Sistema de posicionamiento de estructuras fijas
- Funciones generales de seguridad

## 10.5. Suministro de equipos

Previo al montaje electromecánico de la Planta se realizará la recepción, acopio y almacenamiento de materiales en el lugar destinado a tal efecto. Todos los materiales para el montaje de la estructura solar, así como los módulos FV, cuadros eléctricos y otras piezas de pequeño tamaño se entregarán en obra debidamente paletizados. La descarga desde el camión hasta la zona de acopios se realizará mediante el uso de grúas pluma. El suministro de equipos incluye la recepción, acopio y reparto de los materiales de construcción.

## 10.6. Montaje mecánico

### 10.6.1. Montaje de estructuras con seguidor y módulos

La estructura con seguidor solar horizontal está formada por un conjunto de perfiles metálicos unidos entre sí. La estructura principal es un perfil tubular apoyado sobre postes. Éstos se instalarán por medio de hincado directo al terreno siempre que sea posible, a una profundidad de hincado mínima según se determine en el Pull-Out Test que deberá realizarse previo a la construcción de acuerdo al estudio geotécnico. En aquellos casos en los que el hincado directo no sea posible, se utilizará el método de pre-drilling para la instalación de las hincas de las estructuras, y si tampoco fuera posible, se utilizarán micropilotes o zapatas de hormigón aisladas.

El perfil tubular se acopla mediante un brazo pivotante a una biela accionada por un actuador electromecánico, el cual hace girar la estructura de forma automatizada.

El montaje de la estructura concluye con la fijación de los módulos fotovoltaicos y las cajas de seccionamiento a los perfiles metálicos mediante uniones atornilladas.

### 10.6.2. Montaje de estaciones de potencia

Las estaciones de potencia tan solo necesitarán la adecuación del terreno donde se instalará y su correcto posicionamiento en el campo solar mediante una cimentación a base de muros y una losa de cimentación.

## 10.7. Montaje eléctrico

### 10.7.1. Baja tensión (BT)

La instalación eléctrica de baja tensión se puede dividir a su vez en:

- Instalación de corriente continua en baja tensión (CCBT)
- Instalación de corriente alterna en baja tensión (CABT).

La instalación CCBT comprende la disposición de todo el cableado de string CC en el campo fotovoltaico.

En primer lugar, se procederá a la formación de los strings de módulos FV interconectando entre sí los módulos FV contiguos de una estructura fija hasta completar el número necesario para cada serie. Esta operación se repetirá sucesivamente para todos los strings de la Planta.

La instalación CCBT se completa mediante la conexión eléctrica entre los strings y los inversores, que son armarios eléctricos de intemperie destinados a conectar en paralelo varios strings. Dicha conexión se realiza mediante el tendido de cable aislado por canalizaciones subterráneas previamente ejecutadas.

La instalación CABT comprende la conexión eléctrica entre los inversores y la estación de potencia y la alimentación de los estructuras y resto de equipos auxiliares: se deberán interconectar los armarios de control de las estructuras fijas y los armarios de cada equipo auxiliar con el cuadro de baja tensión, instalado en los Centros de Transformación y conectados a los transformadores de auxiliares.

### 10.7.2. Media tensión (MT)

Se describen a continuación los trabajos y elementos necesarios para la ejecución de la línea subterránea de Media Tensión prevista para la interconexión de las dos islas que conforman la planta.



Todas las infraestructuras de evacuación a partir de la estación de transformación 2 son objeto del Tomo II - "Proyecto ejecutivo de infraestructuras de evacuación PSF Labrador".

#### 10.7.2.1. Disposición del Montaje

Los cables se agruparán en tresbolillo, siguiendo el esquema de colocación de fases siguiente:

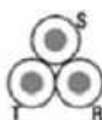


Ilustración 30. Colocación de cables en tresbolillo

Los conductores se instalarán directamente enterrados, exceptuando en aquellas zonas donde se produzcan cruzamientos con diferentes afecciones (carreteras, caminos públicos, cauces...), donde se instalarán enterrados bajo tubo.

#### 10.7.2.2. Accesorios

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

La ejecución y montaje de los accesorios de conexión se realizarán siguiendo el Manual Técnico correspondiente cuando exista, o en su defecto, las instrucciones del fabricante.

### **Terminaciones**

La tecnología de instalación aceptada será contráctil en frío o enfilable, de presentaciones monobloc o integrales, según lo indicado en la Norma UNE 211027 capítulo 5. Además, cumplirá con las características indicadas en el capítulo 7 de la citada Norma UNE y con lo que a continuación se indica:

- El control de campo en las terminaciones estará integrado con la cubierta del terminal.
- Las superficies expuestas al contorneo serán resistentes a la formación de caminos de carbón y la erosión, cumplirán los ensayos especificados en la Norma UNE 211027 para la clase 1A 3,5.
- No se admitirán que las aletas que se coloquen para aumentar la longitud de la línea de fuga, sean de piezas independientes. El diámetro de las aletas será como máximo el diámetro exterior de la fase del cable más 100 mm.
- El aislamiento del cable quedará cubierto totalmente entre el final de la cubierta y el conector terminal.

- Los terminales metálicos, estarán incluidos en el suministro y serán de tecnología por apriete mecánico cumpliendo los requisitos de la Norma UNE 211024-3, no admitiéndose que incorporen piezas sueltas de adaptación a las diferentes secciones del conductor a utilizar si no son extraíbles con movimiento voluntario.
- Las longitudes máximas (L) de las terminaciones serán de 650 mm para terminaciones de exterior y 340 mm para terminaciones de interior.

### **Empalmes**

No será aceptada La tecnología de instalación contráctil por calor, sin embargo, el tipo de presentación será monobloc o integral, según lo indicado en la Norma UNE 211027 capítulo 5, cumpliendo características indicadas en el capítulo 7 de la citada norma y, además:

- Los elementos a colocar sobre el aislamiento del cable, tendrán condiciones adecuadas para adaptarse totalmente a éste, evitando cavidades de aire.
- El manguito metálico de empalme, que se incluirá en el suministro, será de tecnología por apriete mecánico según Norma UNE 211024-3 no admitiéndose que incorporen piezas sueltas de adaptación a las diferentes secciones del conductor a utilizar si no son extraíbles con movimiento voluntario.

El empalme estará contenido en una sola envolvente, una por fase, quedando todas las conexiones en el interior.

#### *10.7.2.3. Sistema de Puesta a Tierra*

### **Puesta a Tierra de las Pantallas Metálicas**

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



*Ilustración 31. Puesta a tierra de cubiertas metálicas*

No será necesario realizar trasposición de fases dado que las ternas se montarán en formación tresbolillo.

#### *10.7.2.4. Derivaciones*

Las derivaciones de este tipo de líneas se realizarán desde las celdas de línea situadas en centros de transformación o reparto desde líneas subterráneas haciendo entrada y salida.

#### *10.7.2.5. Ensayos Eléctricos después de la Instalación*

Una vez que la instalación ha sido concluida, es necesario comprobar que el tendido del cable y el montaje de los accesorios (empalmes, terminales, etc.), se ha realizado correctamente.

#### *10.7.2.6. Canalización*

La zanja ha de ser de la anchura suficiente para permitir el trabajo de un hombre, salvo que el tendido del cable 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 5 cm y exenta de cuerpos extraños. Los laterales de la zanja han de ser compactos y conforme a la normativa de riesgos laborales. Por encima del cable se dispondrá otra capa de 10 cm de espesor, como mínimo, que podrá ser de arena o material con características equivalentes.

Para proteger el cable frente a excavaciones hechas por terceros, los cables deberán 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 la existencia del cable eléctrico de M.T. Se admitirá también la colocación de placas con doble misión de protección mecánica y de señalización.

Y, por último, se terminará de rellenar la zanja con tierra procedente de la excavación, debiendo de utilizar para su apisonado y compactación medios mecánicos.

#### *10.7.2.7. Arquetas*

En la entrada de las arquetas las canalizaciones entubadas deberán quedar debidamente selladas en sus extremos.

La colocación de arquetas se realizará a ambos lados de los cruces de caminos y en los giros del trazado.

#### *10.7.2.8. Medidas de Señalización y Seguridad*

Las zanjas se realizarán cumpliendo todas las medidas de seguridad personal y vial indicadas en las Ordenanzas Municipales, Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Código de la Circulación, etc.

Todas las obras deberán estar perfectamente señalizadas y balizadas, tanto frontal como longitudinalmente (chapas, tableros, valla, luces, etc.). La obligación de señalizar alcanzará, no sólo a la propia obra, sino aquellos lugares en que resulte necesaria cualquier indicación como consecuencia directa o indirecta de los trabajos que se realicen.

## **11. Centro de protección y medida y seccionamiento**

El Centro de Protección y Medida y el Centro de seccionamiento se ubicarán en la misma envolvente, dada su ubicación en suelo urbano y el escaso espacio disponible. Se pretende afectar a la mínima superficie dentro del ámbito “S-I. 1 La Dehesa” y la ordenanza “8. Zonas Verdes”, del Planeamiento refundido de Navalcarnero, donde el uso de “equipamientos” y “servicios” es un uso compatible.

La aparamenta relativa al Centro de protección y medida se describe en el “Proyecto ejecutivo de infraestructuras de evacuación “PSF Labrador””.

Por su parte, el Centro de Seccionamiento constituirá el punto frontera de la instalación a partir del cual las instalaciones serán cedidas a i-DE REDES ELÉCTRICAS INTELIGENTES, S.A.U, por lo que cumplirá sus especificaciones técnicas, y será objeto de proyecto independiente.

## 12. Resumen de presupuesto

<b>Código</b>	<b>Capítulo</b>	<b>Resumen</b>	<b>Importe</b>
<b>1</b>	<b>Trabajos previos</b>		<b>33.500,00 €</b>
<b>2</b>	<b>Suministro de Equipos Principales</b>		<b>2.236.702,00 €</b>
<b>3</b>	<b>Obra Civil</b>		<b>80.805,59 €</b>
3.1	Viales de acceso		460,03 €
3.2	Acondicionamiento del terreno		11.585,25 €
3.3	Cimentaciones		31.960,10 €
3.4	Canalizaciones		36.800,22 €
<b>4</b>	<b>Suministro y Montaje Mecánico</b>		<b>201.410,74 €</b>
<b>5</b>	<b>Suministro y Montaje Eléctrico</b>		<b>349.286,84 €</b>
5.1	Instalación de Baja Tensión		290.226,12 €
5.2	Instalación Puesta a Tierra		14.054,02 €
<b>6</b>	<b>Control y Comunicaciones</b>		<b>88.109,73 €</b>
<b>7</b>	<b>Línea de interconexión</b>		<b>11.151,00 €</b>
<b>8</b>	<b>Sistema de Seguridad</b>		<b>120.000,00 €</b>
<b>9</b>	<b>Varios</b>		<b>53.006,92 €</b>
9.01	Seguridad y Salud		42.006,92 €
9.02	Gestión de residuos		6.000,00 €
9.03	Control de calidad y puesta en marcha		5.000,00 €
		<b>Total Presupuesto Ejecución Material</b>	<b>3.173.972,82 €</b>
		<b>Gastos generales (13%)</b>	<b>412.616,47 €</b>
		<b>Beneficio Industrial (6%)</b>	<b>190.438,37 €</b>
		<b>IVA (21%)</b>	<b>793.175,81 €</b>
		<b>TOTAL</b>	
		<b>TOTAL Presupuesto Ejecución (SIN IVA)</b>	<b>3.777.027,66 €</b>
		<b>TOTAL Presupuesto Ejecución (CON IVA)</b>	<b>4.570.203,47 €</b>

El Presupuesto Material de Ejecución asciende a la cantidad de TRES MILLONES CIENTO SETENTA Y TRES MIL NOVECIENTOS SETENTA Y DOS EUROS CON OCHENTA Y DOS CÉNTIMOS, I.V.A. no incluido.

El total del Presupuesto de Ejecución por Contrata de la planta fotovoltaica asciende a la cantidad de CUATRO MILLONES QUINIENTOS SETENTA MIL DOSCIENTOS TRES EUROS CON CUARENTA Y SIETE CÉNTIMOS, I.V.A. incluido.

# **Anejo 1: Cálculos eléctricos (CC y CA) y sistema de puesta a tierra**

## **Proyecto ejecutivo de Planta Solar Fotovoltaica Labrador en el T.M. de Navalcarnero (Madrid)**

**Potencia instalada: 5,00 MWn**

**Potencia pico: 6,291 MWp**

Promotor: **PLANTA FOTOVOLTAICA IMAGESOL, S.L.**

Ingeniería: **Ingnova Proyectos**

**Marzo 2024**

## ÍNDICE

<b>1. OBJETO .....</b>	<b>4</b>
<b>2. NORMATIVA APLICABLE .....</b>	<b>4</b>
<b>3. CÁLCULO DEL GENERADOR FOTOVOLTAICO .....</b>	<b>4</b>
3.1. NÚMERO DE MÓDULOS POR STRING .....	5
3.2. NÚMERO MÁXIMO DE STRINGS EN PARALELO POR INVERSOR.....	7
<b>4. CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN.....</b>	<b>7</b>
4.1. OBJETO.....	7
4.2. CRITERIOS DE DISEÑO .....	7
4.3. CABLEADO DE BAJA TENSIÓN .....	8
4.3.1. <i>Circuito strings – inversor</i> .....	8
4.3.2. <i>Circuito inversor – centro de transformación</i> .....	9
4.4. CONDICIONES DE LA INSTALACIÓN .....	9
4.5. METODOLOGÍA DE CÁLCULO.....	10
4.5.1. <i>Calculo por densidad de corriente</i> .....	10
4.5.2. <i>Cálculo por caída de tensión</i> .....	15
4.6. SISTEMA DE PROTECCIONES.....	16
4.6.1. <i>Protección contra sobrecargas</i> .....	16
4.6.2. <i>Protección Contra sobretensiones</i> .....	17
4.7. CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO.....	17
4.8. PÉRDIDA DE POTENCIA.....	18
4.9. RESULTADOS DE CÁLCULO .....	18
<b>5. CÁLCULO DE LÍNEA SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN EN 15 KV .....</b>	<b>19</b>
5.1. OBJETO.....	19
5.2. CRITERIOS BASE PARA EL CÁLCULO .....	19
5.3. NORMATIVA APLICABLE.....	20
5.4. CARACTERÍSTICAS DEL CONDUCTOR .....	20
5.5. CONDICIONES DE LA INSTALACIÓN .....	20
5.6. METODOLOGÍA DE CÁLCULO .....	21
5.6.1. <i>Máxima intensidad nominal</i> .....	21
5.6.2. <i>Cálculo por Caída de Tensión</i> .....	24
5.6.3. <i>Cálculo por Intensidad de Cortocircuito</i> .....	24
5.6.4. <i>Pérdida de potencia</i> .....	25
5.7. SISTEMA DE PROTECCIONES .....	26
5.7.1. <i>Protección contra cortocircuitos</i> .....	26
5.7.2. <i>Protección contra sobrecargas</i> .....	27
5.7.3. <i>Protección contra sobretensiones</i> .....	27
5.8. RESULTADOS DE CÁLCULO.....	28
<b>6. ESTUDIO DE PUESTA A TIERRA.....</b>	<b>28</b>
6.1. OBJETIVO Y ALCANCE .....	28
6.2. NORMATIVA APLICABLE.....	28

6.3.	DATOS DE PARTIDA.....	28
6.3.1.	<i>Corriente de Cortocircuito.....</i>	28
6.3.2.	<i>Resistividad del Terreno.....</i>	29
6.4.	RED DE TIERRA DE PROTECCIÓN .....	29
6.4.1.	<i>Cálculo de la Sección de los Conductores de Puesta a Tierra .....</i>	29
6.4.2.	<i>Tensión de Paso y Contacto Máximas Admisibles .....</i>	30
6.4.3.	<i>Tensiones de Paso y Contacto Estimadas .....</i>	31
6.4.4.	<i>Resistencia de Puesta a Tierra .....</i>	32
6.4.5.	<i>Resultados .....</i>	33
<b>ANEXO I: CÁLCULO DE CIRCUITOS BT .....</b>		<b>34</b>
1.	<b>CIRCUITOS STRING – INVERSOR.....</b>	<b>35</b>
2.	<b>CIRCUITO INVERSOR – ESTACIÓN DE POTENCIA.....</b>	<b>46</b>
<b>ANEXO II: CÁLCULO ELÉCTRICO LSMT 15 KV .....</b>		<b>47</b>
<b>APÉNDICE 1: CÁLCULOS ELÉCTRICOS (CC Y CA) EQUIPOS ALTERNATIVOS.....</b>		<b>49</b>
1.	<b>OBJETO .....</b>	<b>50</b>
2.	<b>CÁLCULO DEL GENERADOR FOTOVOLTAICO .....</b>	<b>50</b>
2.1.	NÚMERO DE MÓDULOS POR STRING .....	50
2.2.	NÚMERO MÁXIMO DE STRINGS EN PARALELO POR INVERSOR.....	52
3.	<b>CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN.....</b>	<b>52</b>
3.1.	OBJETO.....	52
3.2.	CRITERIOS DE DISEÑO .....	53
3.3.	CABLEADO DE BAJA TENSIÓN .....	53
3.3.1.	<i>Circuito strings – inversor .....</i>	53
3.3.2.	<i>Circuito inversor – centro de transformación .....</i>	54
3.4.	CONDICIONES DE LA INSTALACIÓN .....	55
3.5.	METODOLOGÍA DE CÁLCULO.....	56
3.5.1.	<i>Calculo por densidad de corriente .....</i>	56
3.5.2.	<i>Cálculo por caída de tensión.....</i>	61
3.6.	SISTEMA DE PROTECCIONES.....	62
3.6.1.	<i>Protección contra sobretensiones.....</i>	62
3.6.2.	<i>Protección Contra sobretensiones .....</i>	63
3.7.	CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO.....	63
3.8.	PÉRDIDA DE POTENCIA.....	64
3.9.	RESULTADOS DE CÁLCULO .....	64
<b>ANEXO III: CÁLCULO DE CIRCUITOS BT .....</b>		<b>66</b>
1.	<b>CIRCUITOS STRING – INVERSOR.....</b>	<b>67</b>
2.	<b>CIRCUITO INVERSOR – ESTACIÓN DE POTENCIA.....</b>	<b>78</b>



## 1. Objeto

Se redacta el siguiente anejo para dar justificación a los datos de diseño que se han considerado para la elaboración del Proyecto Ejecutivo de la instalación fotovoltaica Planta Solar Fovovoltaica Labrador.

En la presente memoria de cálculo se llevará a cabo el estudio de los siguientes cálculos eléctricos:

- Cálculo del generador fotovoltaico.
- Cálculo circuito solar en corriente continua.
- Cálculos de circuitos de corriente alterna en baja tensión.
- Cálculos de protecciones.

## 2. Normativa aplicable

El cálculo de la instalación solar fotovoltaica se ha realizado siguiente las siguientes normativas:

- UNE-HD 60364-7-712: sistemas de alimentación solar fotovoltaica.
- UNE-HD 60364-5-52: Instalaciones eléctricas de Baja Tensión.
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
- UNE-EN 60296-6: Fusibles de baja tensión. Parte 6: Requisitos suplementarios para los cartuchos fusibles utilizados para la protección de sistemas de energía solar fotovoltaica
- UNE-EN 60865-1: Corrientes de cortocircuito. Cálculo de efectos. Parte 1: Definiciones y métodos de cálculo.
- IEC 60502-2: Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV ( $U_m=1,2$  kV) up to 30 kV ( $U_m=36$  kV).
- IEC 60228: Conductors of insulated cables.

## 3. Cálculo del generador fotovoltaico

En el presente apartado se calcula el número máximo y mínimo de módulos por string para el diseño del Proyecto, así como las ramas en paralelo que se conectan a cada inversor.

### 3.1. Número de módulos por string

El número máximo de módulos en serie que conforman un string se calcula verificando que la tensión más elevada que pueda alcanzar el string (tensión de circuito abierto  $V_{oc}$ ) no supere nunca a la tensión máxima del sistema (1.500 V).

$$N^{\circ} \text{ de módulos en serie} \cdot V_{oc} < \text{Tensión del sistema}$$

Por tanto, se ha de comprobar que, incluso en las condiciones más desfavorables, la tensión del circuito abierto de una asociación en serie de módulos no supere los 1.500 V.

La tensión de circuito abierto del módulo en función de la temperatura mínima viene dada por la siguiente expresión:

$$V_{oc_{invierno}} = V_{oc_{25^{\circ}C}} \cdot [1 + (T - 25^{\circ}C) \cdot \beta]$$

Donde:

- $V_{oc_{invierno}}$  es la tensión de circuito abierto del módulo para una determinada temperatura de trabajo (en V).
- $V_{oc_{25^{\circ}C}}$  es la tensión de circuito abierto del módulo a 25°C para una determinada irradiancia incidente en el mismo. Este valor lo proporciona el fabricante en el archivo \*.pan del módulo (en V).
- $\beta$  es el coeficiente que indica la variación de la tensión del módulo en función de la temperatura. Este dato es proporcionado por el fabricante en la hoja técnica de datos del módulo (en %/°C).
- T es la temperatura ambiente en invierno (- 10 °C)

Aplicando los valores en la fórmula se obtiene:

$$V_{oc_{T^{a_{mod}}}} = 49,65 \cdot \left[ 1 + (-10 - 25^{\circ}C) \cdot \frac{-0,28}{100} \right] = 54,51 \text{ V}$$

$$n^{\circ} \text{ de módulos en serie} < \frac{\text{Tensión del sistema}}{V_{oc \text{ máxima}}}; n^{\circ} \text{ de módulos en serie} < \frac{1500}{5,97} = 27,51$$

Según el cálculo, el número máximo de módulos en serie a instalar es de 27.

Una vez determinado el número máximo de módulos por string en la temperatura más desfavorable hay que verificar que el número de strings en serie trabajan en el rango de tensión del MPPT del inversor (según ficha técnica 500 V – 1500 V). Esta comprobación se realiza calculando el voltaje de trabajo del string de diseño en la mínima y máxima temperatura del emplazamiento, quedando este en el rango admitido por el inversor.

En primer lugar, se calculará la tensión de trabajo en invierno (con la temperatura mínima del emplazamiento):

$$Vmpp_{invierno} = Vmpp_{25^{\circ}C} \cdot [1 + (T_{min} - 25^{\circ}C) \cdot \beta] \cdot N_S$$

Donde:

- $Vmpp_{invierno}$  es la tensión de trabajo del módulo para una determinada temperatura de trabajo (en V).
- $Voc_{25^{\circ}C}$  es la tensión de circuito abierto del módulo a 25°C para una determinada irradiancia incidente en el mismo. Este valor lo proporciona el fabricante en el archivo \*.pan del módulo (en V).
- $\beta$  es el coeficiente que indica la variación de la tensión del módulo en función de la temperatura. Este dato es proporcionado por el fabricante en la hoja técnica de datos del módulo (en %/°C).
- $T_{min}$  es la temperatura ambiente en invierno (-10 °C)
- $N_S$  número de módulos en serie.

$$Vmpp_{invierno} = 41,07 \cdot \left[ 1 + (-10^{\circ}C - 25^{\circ}C) \cdot \frac{-0,28}{100} \right] \cdot 26 = 1.172,47 V$$

$$Vmpp_{invierno} < Vmpp_{inversor} \rightarrow 1.172,47 V < 1.500 V$$

Según el cálculo, el voltaje de trabajo del string de diseño en invierno está por debajo del voltaje de trabajo máximo del inversor por lo que el número de módulos en serie establecido es correcto.

En segundo lugar, se calculará la tensión de trabajo en verano (con la temperatura máxima del emplazamiento):

$$Vmpp_{verano} = Vmpp_{25^{\circ}C} \cdot [1 + (T_{max} - 25^{\circ}C) \cdot \beta] \cdot N_S$$

Donde:

- $Vmpp_{verano}$  es la tensión de trabajo del módulo para una determinada temperatura de trabajo (en V).
- $Voc_{25^{\circ}C}$  es la tensión de circuito abierto del módulo a 25°C para una determinada irradiancia incidente en el mismo. Este valor lo proporciona el fabricante en el archivo \*.pan del módulo (en V).
- $\beta$  es el coeficiente que indica la variación de la tensión del módulo en función de la temperatura. Este dato es proporcionado por el fabricante en la hoja técnica de datos del módulo (en %/°C).
- $T_{max}$  es la temperatura máxima (50 °C)
- $N_S$  número de módulos en serie.

$$V_{mpp_{verano}} = 41,07 \cdot \left[ 1 + (50 - 25^{\circ}C) \cdot \frac{-0,35}{100} \right] \cdot 26 = 993,07 V$$

$$V_{mpp_{verano}} > V_{mpp_{inversor}} \rightarrow 993,07 V > 500,00 V$$

Según el cálculo, el voltaje de trabajo del string de diseño en verano está por encima del voltaje de trabajo mínimo del inversor por lo que el número de módulos en serie establecido es correcto.

### 3.2. Número máximo de strings en paralelo por inversor

La intensidad máxima admisible por cada MPPT del inversor es de 65 A, según ficha técnica. Teniendo en cuenta ese dato, se deben cumplir las siguientes condiciones:

Intensidad máxima entrada inversor	
$I_{mppt}$ (A) en STC	13,27
$I_{sc}$ (A) en STC	13,94
Intensidad entrada máxima inversor (A)	30
Número máximo strings	2,15

Tabla 1. Número máximo de ramas en paralelo

Por lo tanto, el número máximo de strings que se pueden conectar por MPPT en el inversor para no superar la intensidad máxima de entrada del mismo es de 2 strings.

## 4. Cálculo de la instalación eléctrica de baja tensión

### 4.1. Objeto

En este apartado se definen los criterios de diseño para el dimensionamiento del cableado y protecciones de baja tensión de la Planta fotovoltaica.

### 4.2. Criterios de diseño

A continuación, se exponen los distintos criterios de diseño considerados para el diseño eléctrico de la planta fotovoltaica.

- El factor de carga de los circuitos según las condiciones de instalación no será superior al 95%.
- La caída máxima de tensión considerada para los circuitos de baja tensión será del 1,5 % en corriente continua y 1,5% en corriente alterna. La pérdida de potencia máxima será igualmente de 1,5 %.
- La temperatura ambiente considerada para el diseño será de 40 °C.
- La temperatura del terreno considerada para el diseño será de 20 °C.

- La resistividad del terreno considerada para el diseño será de 1,00 k\*m/W, la cual se actualizará al realizar estudio geotécnico.
- La resistividad eléctrica del terreno se ha considerado en 200  $\Omega$ \*m para la capa superficial a una profundidad de 0,80 m.
- La cantidad de circuitos agrupados dependerá del tramo en cuestión.
- Para las canalizaciones enterradas entubadas de baja tensión se considera que la sección del tubo es al menos 4 veces la sección ocupada por los conductores.

### 4.3. Cableado de baja tensión

El cableado de baja tensión en corriente continua engloba:

- Circuitos en corriente continua desde los strings hasta el inversor (circuitos string).
- Circuitos en corriente alterna desde los inversores hasta el centro de transformación.

#### 4.3.1. Circuito strings – inversor

Los circuitos string agrupan módulos en serie cada uno. A continuación, se reflejan las características técnicas de los módulos y strings:

Características del Módulo Fotovoltaico	
Potencia (Wp)	545 W
Tensión en el Punto de Máxima Potencia ( $V_{MPP}$ )	41,07
Intensidad en el Punto de máxima Potencia ( $I_{MPP}$ )	13,27
Tensión de Circuito Abierto ( $V_{OC}$ )	49,65
Intensidad de Cortocircuito ( $I_{SC}$ )	13,94
Eficiencia, $\eta$ (%)	21,13 %

Tabla 2. Datos técnicos de los módulos (STC)

String módulos	
Módulos por string	26
Potencia máxima (kWp)	14,69 kWp
Tensión a máxima potencia (V)	1.172,46 V
Intensidad a máxima potencia (A)	13,27 A
Tensión a circuito abierto (V)	1.417,41 V
Intensidad de cortocircuito (A)	13,94 A

Tabla 3. Datos eléctricos del string

#### 4.3.2. Circuito inversor – centro de transformación

Los strings se conectan en los inversores, desde los cuales se traza un circuito que conecta con la estación de potencia.

Existen distintos tipos de agrupaciones en los inversores, cuyas características se muestran en la siguiente tabla:

Estación de potencia	Inversor nº	Nº strings	Nº módulos	Potencia pico (kWp)
EP1	1	18	468	255,06
	2	18	468	255,06
	3	18	468	255,06
	4	18	468	255,06
	5	18	468	255,06
	6	18	468	255,06
	7	18	468	255,06
	8	18	468	255,06
	9	18	468	255,06
	10	18	468	255,06
	11	18	468	255,06
	12	18	468	255,06
	13	17	442	240,89
	14	17	442	240,89
EP2	1	18	468	255,06
	2	18	468	255,06
	3	18	468	255,06
	4	18	468	255,06
	5	18	468	255,06
	6	18	468	255,06
	7	18	468	255,06
	8	17	442	240,89
	9	17	442	240,89
	10	17	442	240,89
	11	17	442	240,89
<b>Total</b>	<b>25,00</b>	<b>444,00</b>	<b>11.544,00</b>	<b>6.291,48</b>

Tabla 4. Configuración planta fotovoltaica

#### 4.4. Condiciones de la instalación

Para el cálculo de la instalación eléctrica de baja tensión se han considerado las condiciones:

- Temperatura del terreno: 20°C
- Resistividad media del terreno: 1,50 K·m/W
- Profundidad de enterramiento: 0,5 m – 1,0 m
- Agrupación de circuitos:
  - Circuitos string – inversor (BT – CC): máximo 9 circuitos de cobre unipolares en contacto en un mismo tubo.
  - Circuito inversor – estación de potencia: de 1 a 14 circuitos de aluminio unipolares directamente enterrados en 2 niveles, en configuración plana, con una separación de 0,25 m entre circuitos tanto vertical como horizontal.

#### Notas:

- Dado que no se ha llevado a cabo un estudio geotécnico para analizar las características del suelo, se considera una resistividad térmica del suelo de 1,50 K·m/W según la UNE 21144-3-1.
- Cuando el trazado de los cables cruce caminos, éstos irán siempre entubados.

### 4.5. Metodología de cálculo

El cálculo de las secciones y tipo de conductores se realizará mediante la aplicación de dos criterios diferentes:

- Densidad de corriente.
- Caída de tensión.

Para la comprobación de cada uno de estos criterios será necesario conocer previamente los siguientes datos para cada circuito:

- Intensidad nominal de diseño.
- Longitud de la línea.
- Intensidad de cortocircuito.
- Caída de tensión máxima admisible.
- Intensidad máxima admisible para cada conductor.
- Nivel de aislamiento requerido al conductor.

#### 4.5.1. Cálculo por densidad de corriente

Para el dimensionado del cableado conforme al criterio de densidad de corriente, en todo momento se debe cumplir que:

$$I_b < I_z$$

Donde:

- $I_z$  es la corriente admisible por el conductor en las condiciones de instalación
- $I_b$  es la corriente que transporta el conductor (intensidad nominal de diseño).

El factor de mayoración de intensidad no se encuentra regulado en ninguna normativa española. El REBT en el ITC-BT-40 establece el factor en un valor de 1,25 pero este no fue pensado para este tipo de instalaciones. De igual forma, se va a utilizar este valor para mayorar la intensidad en este criterio.

$$I_b = 1,25 \cdot I_{sc}$$

Por otro lado, la intensidad admisible por el conductor en las condiciones de instalación se obtiene a través de la siguiente expresión:

$$I_z = I_o \cdot K$$

Donde:

- $I_z$  es la corriente admisible por el conductor en las condiciones de instalación.
- $I_o$  es la corriente nominal admisible del conductor.
- $K$ : Factor de corrección en función de las condiciones de la instalación.

Nota: el factor de corrección será el resultado del producto de varios factores de corrección referentes a la temperatura, agrupación de circuitos, resistividad térmica del terreno, etc. Los factores de corrección para las distintas condiciones, así como la corriente nominal de los conductores están recogidos en la norma UNE-HD 60364-5-52:2011.

#### 4.5.1.1. Factores de corrección circuito strings – inversores

Para este caso, la instalación será enterrada. Según la Tabla B.52.1 de esta norma UNE-HD 60364-5-52:2011, la denominación del tipo de instalación es D1. Los factores correctores serán:

- Temperatura del terreno: según la Tabla B.52.15 de norma UNE-HD 60364-5-52:2011, se considera que la temperatura del terreno será de 20º, por tanto será igual a 1,00 ( $k_1 = 1,00$ ).



Temperatura del terreno °C	Aislamiento	
	PVC	XLPE y EPR
10	1,10	1,07
15	1,05	1,04
20	1,00	1,00
25	0,95	0,96
30	0,89	0,93
35	0,84	0,89
40	0,77	0,85
45	0,71	0,80
50	0,63	0,76
55	0,55	0,71
60	0,45	0,65
65	–	0,60
70	–	0,53
75	–	0,46
80	–	0,38

Tabla 5. Factor de corrección para temperatura de 20°C. Tabla B.52.15 de norma UNE-HD 60364-5-52:2011

- **Resistividad térmica del terreno:** dado que se desconoce el valor de resistividad térmica del terreno, se supone una resistividad térmica del terreno, de 1,50 Km/W ( $k_2=1,1$ ), según la tabla b.52.16 de la norma UNE-HD 60364-5-52:2011.

Resistividad térmica K·m/W	0,5	0,7	1	1,5	2	2,5	3
Factor de corrección para cables en conductos enterrados	1,28	1,20	1,18	1,1	1,05	1	0,96
Factor de corrección para cables enterrados directamente	1,88	1,62	1,5	1,28	1,12	1	0,90

NOTA 1 Los factores de corrección dados están promediados para los rangos de dimensiones de conductores y los tipos de instalación de las tablas B.52.2 a B.52.5. La precisión global de los factores de corrección es de  $\pm 5\%$ .

NOTA 2 Los factores de corrección se aplican a los cables en conductos enterrados; para cables tendidos directamente en el terreno los factores de corrección para resistividades térmicas inferiores a 2,5 K·m/W serán más elevados. Si se necesitan valores más precisos, pueden calcularse por medio de los métodos dados en la Norma IEC 60287.

NOTA 3 Los factores de corrección se aplican a los conductos enterrados hasta una profundidad de 0,8 m.


NOTA 4 Se asume que las propiedades del terreno son uniformes. No se ha contemplado la posibilidad de la migración de humedad que puede comportar la existencia de una región de alta resistividad térmica alrededor del cable. Si se prevé el secado parcial del terreno, la corriente admisible debería determinarse a partir de los métodos especificados en la Norma IEC 60287.

Tabla 6. Factor de corrección para resistividad térmica del terreno. Tabla B.52.16 norma UNE-HD 60364-5-52:2011


- **Agrupación de circuitos:** según la Tabla B.52.19-B de la norma UNE-HD 60364-5-52:2011, se tiene que, para una configuración de nueve (9) circuitos en contacto, el factor de corrección es de 0,47 ( $k_3 = 0,47$ ).

B) Cables unipolares en conductos individuales no magnéticos				
Número de circuitos unipolares de dos o tres cables	Distancia entre conductos <sup>b</sup>			
	Nula (conductos en contacto)	0,25 m	0,5 m	1,0 m
2	0,80	0,90	0,90	0,95
3	0,70	0,80	0,85	0,90
4	0,65	0,75	0,80	0,90
5	0,60	0,70	0,80	0,90
6	0,60	0,70	0,80	0,90
7	0,53	0,66	0,76	0,87
8	0,50	0,63	0,74	0,87
9	0,47	0,61	0,73	0,86
10	0,45	0,59	0,72	0,85
11	0,43	0,57	0,70	0,85
12	0,41	0,56	0,69	0,84
13	0,39	0,54	0,68	0,84
14	0,37	0,53	0,68	0,83
15	0,35	0,52	0,67	0,83
16	0,34	0,51	0,66	0,83
17	0,33	0,50	0,65	0,82
18	0,31	0,49	0,65	0,82
19	0,30	0,48	0,64	0,82
20	0,29	0,47	0,63	0,81

<sup>a</sup> Cables multipolares



<sup>b</sup> Cables unipolares



NOTA 1 Los valores indicados se aplican para una profundidad de instalación de 0,7 m y una resistividad térmica del terreno de 2,5 K·m/W. Estos valores están promediados para las dimensiones de los cables y los tipos de las tablas B.52.2 a B.52.5. Los valores medios, redondeados, pueden comportar un error de hasta el ±10% en ciertos casos. Si son necesarios valores más precisos, pueden calcularse por los métodos de la serie de Normas IEC 60287.

NOTA 2 En caso de una resistividad térmica menor que 2,5 K·m/W los factores de corrección en general se pueden incrementar y se pueden calcular con los métodos indicados en la Norma IEC 60287-2-1.

NOTA 3 Si un circuito consta de n conductores paralelos por fase, para determinar el factor de reducción, este circuito debería considerarse como n circuitos.

Tabla 7. Factor de corrección por agrupación de circuitos. Tabla b.52.19-B de la norma UNE-HD 60364-5-52:2011

#### 4.5.1.2. Factores de corrección circuito inversor – estación de potencia

Para este caso, la instalación será enterrada. Según la Tabla B.52.1 de esta norma UNE-HD 60364-5-52:2011, la denominación del tipo de instalación es D2. Los factores correctores serán:

- **Temperatura del terreno:** según la Tabla B.52.15 de norma UNE-HD 60364-5-52:2011, se considera que la temperatura del terreno será de 20°. por tanto será igual a 1,00 ( $k_1 = 1,00$ ).

Temperatura del terreno °C	Aislamiento	
	PVC	XLPE y EPR
10	1,10	1,07
15	1,05	1,04
20	1,00	1,00
25	0,95	0,96
30	0,89	0,93
35	0,84	0,89
40	0,77	0,85
45	0,71	0,80
50	0,63	0,76
55	0,55	0,71
60	0,45	0,65
65	—	0,60
70	—	0,53
75	—	0,46
80	—	0,38

Tabla 8. Factor de corrección para temperatura de 20°C. Tabla B.52.15 de norma UNE-HD 60364-5-52:2011

- **Resistividad térmica del terreno:** dado que se desconoce el valor de resistividad térmica del terreno, se supone una resistividad térmica del terreno, de 1,50 Km/W ( $k_2=1,28$ ), según la tabla b.52.16 de la norma UNE-HD 60364-5-52:2011.


Resistividad térmica K·m/W	0,5	0,7	1	1,5	2	2,5	3
Factor de corrección para cables en conductos enterrados	1,28	1,20	1,18	1,1	1,05	1	0,96
Factor de corrección para cables enterrados directamente	1,88	1,62	1,5	1,28	1,12	1	0,90
NOTA 1 Los factores de corrección dados están promediados para los rangos de dimensiones de conductores y los tipos de instalación de las tablas B 52.2 a B 52.5. La precisión global de los factores de corrección es de ±5%.							
NOTA 2 Los factores de corrección se aplican a los cables en conductos enterrados; para cables tendidos directamente en el terreno los factores de corrección para resistividades térmicas inferiores a 2,5 K·m/W serán más elevados. Si se necesitan valores más precisos, pueden calcularse por medio de los métodos dados en la Norma IEC 60287.							
NOTA 3 Los factores de corrección se aplican a los conductos enterrados hasta una profundidad de 0,8 m.							
NOTA 4 Se asume que las propiedades del terreno son uniformes. No se ha contemplado la posibilidad de la migración de humedad que puede comportar la existencia de una región de alta resistividad térmica alrededor del cable. Si se prevé el secado parcial del terreno, la corriente admisible debería determinarse a partir de los métodos especificados en la Norma IEC 60287.							

Tabla 9. Factor de corrección para resistividad térmica del terreno. Tabla B.52.16 norma UNE-HD 60364-5-52:2011


- Agrupación de circuitos: según la Tabla B.52.18 de la norma UNE-HD 60364-5-52:2011, se tiene que, para una configuración de catorce (14) circuitos a una distancia de 0,25 m, el factor de corrección es de 0,56 ( $k_3 = 0,56$ ).

Número de circuitos	Distancia entre cables *				
	Nula (cables en contacto)	Un diámetro de cable	0,125 m	0,25 m	0,5 m
2	0,75	0,80	0,85	0,90	0,90
3	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85
4	0,60	0,60	0,70	0,75	0,80
5	0,55	0,55	0,65	0,70	0,80
6	0,50	0,55	0,60	0,70	0,80
7	0,45	0,51	0,59	0,67	0,76
8	0,43	0,48	0,57	0,65	0,75
9	0,41	0,46	0,55	0,63	0,74
12	0,36	0,42	0,51	0,59	0,71
16	0,32	0,38	0,47	0,56	0,68
20	0,29	0,35	0,44	0,53	0,66

\* Cables multipolares



\* Cables unipolares



NOTA 1 Los valores indicados se aplican para una profundidad de instalación de 0,7 m y una resistividad térmica del terreno de 2,5 K·m/W. Estos valores están promediados para las dimensiones de los cables y los tipos de las tablas B.52.2 a B.52.5. Los valores medios, redondeados, pueden comportar un error de hasta el ±10% en ciertos casos. (Si son necesarios valores más precisos, pueden calcularse por los métodos de la Norma IEC 60287-2-1).

NOTA 2 En caso de una resistividad térmica menor que 2,5 K·m/W los factores de corrección en general se pueden incrementar y se pueden calcular con los métodos indicados en la Norma IEC 60287-2-1.

NOTA 3 Si un circuito consta de  $m$  conductores paralelos por fase, para determinar el factor de reducción, este circuito debería considerarse como  $m$  circuitos.

Tabla 10. Factor de corrección por agrupación de circuitos. Tabla B.52.18 de la norma UNE-HD 60364-5-52:2011

#### 4.5.2. Cálculo por caída de tensión

Para el cálculo de la caída de tensión entre fases se aplica la expresión:

Parámetros	Circuitos Monofásicos	Circuitos Trifásicos
$\Delta V$	$\Delta V = I \cdot L \cdot (R \cdot \cos\varphi + X \cdot \sin\varphi)$	$\Delta V = \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot (R \cdot \cos\varphi + X \cdot \sin\varphi)$

Tabla 5. Fórmulas para cálculo de caída de tensión

Donde:

- $\Delta V$  es la caída de tensión (V)

- $I$  es la intensidad circulante (A)
- $L$  es la longitud del conductor (m)
- $R$  es la resistencia por metro de conductor ( $\Omega/m$ )
- $X$  es la reactancia por metro de conductor ( $\Omega/m$ )
- $\cos\varphi$  es el factor de potencia

#### 4.6. Sistema de protecciones

Se debe disponer de un sistema de protecciones bien diseñado y adecuadamente coordinado para asegurar que el sistema eléctrico de potencia opere dentro de los requerimientos y parámetros previstos.

##### 4.6.1. Protección contra sobrecorrientes

La protección contra sobrecorrientes se realizará mediante fusibles y deberá cumplir los establecido en la ITC-BT-22 del REBT y en la norma UNE-EN 60269-6.

Las condiciones que deben cumplir los fusibles son las siguientes:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

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

Siendo:

- $I_b$ : Corriente de diseño ( $I_b = 1,25 \cdot I_{sc}$ ) [A]
- $I_n$ : Corriente nominal del fusible [A]
- $I_z$ : Corriente admisible por el conductor [A]
- $I_{sc}$ : Corriente de cortocircuito [A]

Cada circuito de string estará protegido mediante un fusible de intensidad asignada 20 A, curva gPV de 1500 V y 16 kA de poder de corte, que como se puede comprobar, cumple las condiciones anteriormente dispuestas:

$$1,25 \cdot 14,37 \leq 20 \leq I_z [A]$$

$$1,45 \cdot 20 \leq 1,45 \cdot I_z [A]$$

Además de las protecciones indicadas, el inversor lleva incluidas sus propias protecciones mediante fusibles y seccionadores en la entrada de CC, e interruptor automático en el lado de CA, como indica el fabricante en la hoja de datos.

#### 4.6.2. Protección Contra sobretensiones

Además de la protección contra sobrecorrientes, los circuitos estarán protegidos contra sobretensiones mediante descargadores de sobretensión que deben cumplir con los requisitos establecidos en la UNE-EN 61643-11.

Los descargadores de sobretensión serán de tipo I+II, con  $U_n=1.500$  V y estarán instalados en las cajas de agrupación de strings.

Además, el inversor está equipado con un descargador de sobretensiones tanto en el lado de CC como en el lado de CA.

#### 4.7. Corriente de cortocircuito

La norma IEC-60685 introduce la siguiente expresión para el cálculo de la sección de cable de acuerdo a la corriente de cortocircuito:

$$I_{cc}^2 \cdot t_{cc} = k^2 \cdot S^2 \cdot \ln \left( \frac{\theta_f + \beta}{\theta_i + \beta} \right)$$

Donde:

- $I_{cc}$  es la corriente de cortocircuito (A)
- $t_{cc}$  es la duración del cortocircuito (s)
- $S$  es la sección del conductor ( $\text{mm}^2$ )
- $\beta$  es la inversa del coeficiente de variación de la resistencia con la temperatura
- $\theta_f$  es la temperatura final del cortocircuito ( $^{\circ}\text{C}$ )
- $\theta_i$  es la temperatura inicial del cortocircuito ( $^{\circ}\text{C}$ )
- $k$  es una constante dependiente del material conductor

Las constantes de la formulación anterior son:

Material	k	$\beta$
Cobre	226	234,5
Aluminio	148	228

Tabla 7. Constantes dependientes del material

Aislamiento	$\theta_i$	$\theta_f$
PVC	70	160
XLPE/EPR	90	250

Tabla 8. Constantes dependientes del aislamiento

Teniendo en cuenta estos valores, la expresión se puede simplificar a:

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

Siendo  $K$ :

Material y Aislamiento	$K$
Cobre y PVC	115
Aluminio y PVC	74
Cobre y XLPE/EPR	143
Aluminio y XLPE/EPR	92

Tabla 9. Valor de la constante  $K$

#### 4.8. Pérdida de potencia

Las pérdidas de potencia por efecto Joule vienen dadas por la expresión:

$$P_p = \frac{P^2 \cdot L \cdot R_{90}}{U^2 \cdot N \cdot (\cos\phi)^2}$$

Donde:

- $P$  [W]: Potencia activa máxima a transportar
- $L$  [m]: Longitud del circuito
- $U$  [V]: Tensión de la línea
- $R_{90}$  [ $\Omega$ /m]: Resistencia del conductor a 90 °C
- $\cos\phi$  = Factor de potencia
- $N$ : Número de cables por fase

Así, en porcentaje, se tiene:

$$P_{p\ TOTAL}(\%) = \frac{P_p}{P} = \frac{W}{W} = \%$$

#### 4.9. Resultados de cálculo

En el *Anexo I. Cálculo de circuitos de Baja Tensión* se reflejan tabulados los resultados del cálculo de los cables de baja tensión en corriente continua y alterna.

## **5. Cálculo de línea subterránea de media tensión en 15 kV**

### **5.1. Objeto**

En este apartado se definen los criterios de diseño para el dimensionamiento del cableado y protecciones de la línea de interconexión en 15 kV de la Planta Solar Fotovoltaica.

El cableado de media tensión engloba el circuito de media tensión que conecta la Estación de Potencia 1 con la Estación de potencia 2.

### **5.2. Criterios base para el cálculo**

Los criterios que se seguirán para el cálculo son:

- No se excederá la capacidad de carga de corriente continua máxima, después de aplicar factores de reducción de potencia según la instrucción técnica complementaria ITC-LAT 06.
- La caída máxima de tensión considerada para los circuitos de media tensión será del 2,5 %. La pérdida de potencia máxima será igualmente de 2,5 %.
- La temperatura del cable en condiciones normales debe ser inferior a la temperatura máxima permitida para el cable con la corriente nominal.
- La capacidad de rotura mecánica de cualquier cable no se superará en condiciones de fallo por cortocircuito.
- La temperatura máxima de cortocircuito del conductor no se excederá en condiciones de fallo.
- El tiempo máximo de despeje de fallo trifásico de cortocircuito será de 0,5 segundos.
- El tiempo máximo de despeje de fallo de cortocircuito a tierra es de 1 segundo.
- La temperatura inicial del conductor se tomará como igual a la temperatura máxima nominal continua del aislamiento.
- No se considera efecto de la radiación solar sobre el cable ya que los cables discurrirán enterrados.
- Se considera que la profundidad de instalación es de 1,00 m (medido hasta la parte superior del cable).
- Se considera que para el suelo la temperatura será de 25°C.
- Se considera que el factor de potencia es igual a 0,95.



### 5.3. Normativa Aplicable

Los cálculos son conformes a las normativas indicadas a continuación:

- Real Decreto 223/2008 de 15 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en las líneas eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-LAT 01 a 09.
- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.
- UNE-EN 60865-1: Corrientes de cortocircuito. Cálculo de efectos. Parte 1: Definiciones y métodos de cálculo.
- IEC 60502-2: Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV ( $U_m=1,2$  kV) up to 30 kV ( $U_m=36$  kV).
- IEC 60228: Conductors of insulated cables.

### 5.4. Características del conductor

El conductor a utilizar será del tipo RHZ1 Al/0L/20L 12/20 kV, con las siguientes características.

- Tipo constructivo: Unipolar
- Conductor: Aluminio, clase 2 según UNE-EN 60228
- Aislamiento: XLPE
- Nivel aislamiento: 12/20 kV
- Pantalla metálica: Corona de hilos de cobre
- Temperatura máxima admisible en el conductor en servicio permanente: 90 °C
- Temperatura máxima admisible en el conductor en régimen de cortocircuito: 250 °C
- Temperatura mínima de servicio: -15 °C

### 5.5. Condiciones de la Instalación

El Proyecto presenta las siguientes condiciones para la instalación de media tensión:

- Temperatura del terreno: 20 °C
- Temperatura del ambiente: 40 °C
- Resistividad media del terreno: 1,50 Km/W
- Profundidad de enterramiento: 1,00 m.
- Agrupación de circuitos: 1 circuito de cable aluminio unipolar enterrado bajo tubo.

Notas:

- Dado que no se ha llevado a cabo un estudio geotécnico para analizar las características del suelo, se considera una resistividad térmica del suelo de 1,50 K·m/W según la UNE 21144-3-1.

## 5.6. Metodología de Cálculo

El cálculo de las secciones y tipo de conductores se realizará mediante la aplicación de tres criterios diferentes:

- Máxima intensidad nominal.
- Caída de tensión.
- Intensidad máxima de cortocircuito

Para la comprobación de cada uno de estos criterios será necesario calcular previamente en cada línea:

- Intensidad nominal para la que debe ser diseñada.
- Longitud de la línea.
- Intensidad de cortocircuito que puede aparecer en la línea.
- Caída de tensión máxima admisible.
- Intensidad máxima admisible para cada conductor.
- Nivel de aislamiento requerido al conductor.

### 5.6.1. Máxima intensidad nominal

La máxima intensidad nominal vendrá dada por la expresión:

$$I_n = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_n}$$

Siendo:

- S [kVA] potencia máxima de generación
- Un [kV] Tensión nominal

Línea MT	Desde	Hasta	Potencia máxima (kVA)	Tensión nominal (kV)	Máxima Intensidad (A)
1	EP1	EP2	2.800	15	107,77

Tabla 11. Configuración instalación media tensión

El dimensionamiento del cableado se establece teniendo en cuenta que la capacidad amperimétrica del cable deberá corregirse las condiciones de instalación establecidas en la instrucción técnica complementaria ITC-06 “Líneas subterráneas con cables aislados”.

Los factores de corrección aplicados en el cálculo de Líneas subterráneas son los siguientes:

- Temperatura del terreno: según la tabla 7 de la ITC-LAT 06 se tiene que el factor de corrección en nuestro caso será igual a 1,00 ( $f_1 = 1,00$ ).

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

Tabla 12. Factor de corrección para temperatura del terreno distinta de 25°C

- Profundidad de instalación: según la tabla 11 de la ITC-LAT 06 se tiene que, para una profundidad de instalación de 1,00 metros, el factor de corrección es 1,00 ( $f_2 = (1,00)$ ).

Profundidad (m)	Cables enterrados de sección		Cables bajo tubo de sección	
	$\leq 185 \text{ mm}^2$	$> 185 \text{ mm}^2$	$\leq 185 \text{ mm}^2$	$> 185 \text{ mm}^2$
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

Tabla 13. Factor de corrección para profundidad de la instalación distintas de 1 m

- Resistividad térmica del terreno: dado que se desconoce el valor de resistividad térmica del terreno, se supone una resistividad térmica del terreno, de 1,50 Km/W ( $f_3=1,00$ ).

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	1,21	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
	300	1,15	1,13	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	

Tabla 14. Factor de corrección para resistividad térmica del terreno distinta de 1,5 k\*m/W

- **Distancia entre ternos:** según la tabla 10 de la ITC-LAT 06, se tiene que, para una configuración de un circuito junto a un tubo de reserva a 20 cm, el factor de corrección es de 0,83 ( $f_4 = 0,83$ ).

Tipo de instalación	Separación de los ternos	Factor de corrección								
		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	0,66	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	-	-	-	-

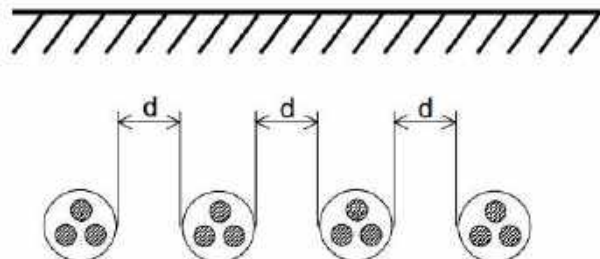


Tabla 15. Factor de corrección por distancia entre ternos o cables tripolares

### 5.6.2. Cálculo por Caída de Tensión

Para el cálculo de la caída de tensión entre fases se aplica la expresión:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \cdot I \cdot L}{N} \cdot (R \cdot \cos\varphi + X \cdot \sen\varphi)$$

Donde:

- $\Delta V$  es la caída de tensión (V)
- $I$  es la intensidad circulante (A)
- $L$  es la longitud del conductor (m)
- $N$  número de cables por fase
- $R$  es la resistencia por metro de conductor ( $\Omega/m$ )
- $X$  es la reactancia por metro de conductor ( $\Omega/m$ )
- $\cos\varphi$  es el factor de potencia

En los criterios de diseño se establece como base para el cálculo que la temperatura inicial del conductor se tomará como igual a la temperatura máxima nominal continua del aislamiento. Así, la resistencia a 90°C (temperatura máxima del aislamiento) a partir del dato de la resistencia a 20°C del cable y de los datos de la norma UNE 21096 se calcula por la expresión:

$$R_{90^{\circ}C} = R_{20^{\circ}C} [1 + \alpha(T - 20)]$$

También se establece en los criterios de cálculo que el factor de potencia será igual a 0,95 ( $\cos\phi = 0,95$ ).

### 5.6.3. Cálculo por Intensidad de Cortocircuito

La norma IEC-60685 introduce la siguiente expresión para el cálculo de la sección de cable de acuerdo a la corriente de cortocircuito:

$$I_{cc}^2 \cdot t_{cc} = k^2 \cdot S^2 \cdot \ln\left(\frac{\theta_f + \beta}{\theta_i + \beta}\right)$$

Donde:

- $I_{cc}$  es la corriente de cortocircuito (A)
- $t_{cc}$  es la duración del cortocircuito (s)
- $S$  es la sección del conductor ( $mm^2$ )
- $\beta$  es la inversa del coeficiente de variación de la resistencia con la temperatura

- $\theta_f$  es la temperatura final del cortocircuito (°C)
- $\theta_i$  es la temperatura inicial del cortocircuito (°C)
- $k$  es una constante dependiente del material conductor

Las constantes de la formulación anterior son:

Material	k	$\beta$
Cobre	226	234,5
Aluminio	148	228

Tabla 16. Constantes dependientes del material

Aislamiento	$\theta_i$	$\theta_f$
PVC	70	160
XLPE/EPR	90	250

Tabla 17. Constantes dependientes del aislamiento

Teniendo en cuenta estos valores, la expresión se puede simplificar a:

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

Siendo  $K$ :

Material y Aislamiento	$K$
Cobre y PVC	115
Aluminio y PVC	74
Cobre y XLPE/EPR	143
Aluminio y XLPE/EPR	92

Tabla 18. Valor de la constante  $K$

#### 5.6.4. Pérdida de potencia

La pérdida de potencia por efecto Joule que se produce para la máxima potencia de la línea viene dada por la fórmula:

$$P_{P,máx.} = 3 * r * L * (I_{máx.})^2$$

Siendo:

- $P_{P,máx.}$ : Pérdida de potencia máxima por efecto Joule (kW)
- $r$ : Resistencia de la línea ( $\Omega/\text{km}$ )
- $L$ : longitud de la línea (km)

Así, en porcentaje, se tiene:

$$P_{p\ TOTAL}(\%) = \frac{P_p}{P} = \frac{W}{W} = \%$$

## 5.7. Sistema de Protecciones

Los cables deberán estar 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.

Las salidas de línea deberán estar protegidas mediante interruptores automáticos, colocados en el inicio de las instalaciones que alimenten cables subterráneos. 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.

En cuanto a la ubicación y agrupación de los elementos de protección de las líneas, se aplicará 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.

Los dispositivos de protección utilizados no deberán producir durante su actuación proyecciones peligrosas de materiales ni explosiones que puedan ocasionar daños a personas o cosas.

Entre los diferentes dispositivos de protección contra las sobreintensidades pertenecientes a la misma instalación, o en relación con otros exteriores a ésta, se establecerá una adecuada coordinación de actuación para que la parte desconectada en caso de cortocircuito o sobrecarga sea la menor posible.

Debido a la existencia de fenómenos de ferorresonancias por combinación de las intensidades capacitivas con las magnetizantes de transformadores durante el seccionamiento unipolar de líneas sin carga, se utilizará el seccionamiento tripolar.

### 5.7.1. Protección contra cortocircuitos

La protección contra cortocircuito por medio de fusibles o 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 exceda de la máxima admisible asignada en cortocircuito.

Las intensidades máximas admisibles de cortocircuito en los conductores y pantallas, correspondientes a tiempos de desconexión comprendidos entre 0,1 y 3 segundos, serán 298 A y 54 A respectivamente, tal y como se indica en el capítulo 6 de la ITC-LAT 06 para cables de aislamiento XLPE.

Podrán admitirse intensidades de cortocircuito mayores a las indicadas, y a estos efectos el fabricante del cable deberá aportar la documentación justificativa correspondiente.

### 5.7.2. Protección contra sobrecargas

En general, no será obligatorio establecer protecciones contra sobrecargas, si bien es necesario, controlar la carga en el origen de la línea o del cable mediante el empleo de aparatos de medida, mediciones periódicas o bien por estimaciones estadísticas a partir de las cargas conectadas al mismo, con objeto de asegurar que la temperatura del cable no supere la máxima admisible en servicio permanente.

### 5.7.3. Protección contra sobretensiones

Los cables deberán protegerse contra las sobretensiones peligrosas, tanto de origen interno como de origen atmosférico, cuando la importancia de la instalación, el valor de las sobretensiones y su frecuencia de ocurrencia así lo aconsejen.

Para ello se utilizarán pararrayos de resistencia variable o pararrayos de óxidos metálicos, cuyas características estarán en función de las probables intensidades de corriente a tierra que puedan preverse en caso de sobretensión o se observará el cumplimiento de las reglas de coordinación de aislamiento correspondientes. Deberá cumplirse también, en lo referente a coordinación de aislamiento y puesta a tierra de los pararrayos, lo indicado en las instrucciones MIERAT 12 y MIE-RAT 13, respectivamente, Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación, aprobado por Real Decreto 3275/1982, de 12 de noviembre.

En lo referente a protecciones contra sobretensiones serán de consideración igualmente las especificaciones establecidas por las Normas UNE-EN 60071-1, UNE-EN 60071-2 y UNE-EN 60099-5.



## 5.8. Resultados de Cálculo

En el *Anexo II. Cálculo eléctrico LSMT 15 kV* se reflejan tabulados los resultados de los cables de media tensión.

## 6. Estudio de puesta a tierra

### 6.1. Objetivo y Alcance

El propósito de esta sección es calcular el sistema de puesta a tierra de la Planta Solar Fotovoltaica, que estará compuesto por la malla de tierra del Parque Fotovoltaico y el sistema de tierra de la estación de potencia del interior de cada isla

Para ello, se verifica que las tensiones de paso y contacto que se pudieran alcanzar no superen los respectivos valores máximos admisibles.

### 6.2. Normativa Aplicable

Los cálculos son conformes a las normativas indicadas a continuación:

- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión, y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC). ITC-BT-18.
- 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. ITC-RAT-13.
- IEEE-80: Guía de seguridad en la puesta a tierra de CA de subestaciones.
- IEC 60909-3 ed3.0: Short-circuit currents in three-phase AC systems – Part 3: Currents during two separate simultaneous line-to-earth short circuits and partial short-circuit currents flowing through earth.

### 6.3. Datos de Partida

#### 6.3.1. Corriente de Cortocircuito

La corriente de cortocircuito que se ha considerado para el dimensionamiento de la red de puesta a tierra es la máxima corriente de cortocircuito fase-tierra alcanzada, que se produce en barras de 15 kV de las estaciones de potencia.

$$I_{1cc} = 1,324 \text{ kA}$$

$$I_{2cc} = 1,324 \text{ kA}$$

Además, se asume la hipótesis que las faltas a tierra serán despejadas en un tiempo máximo de 0,5 segundos.

### 6.3.2. Resistividad del Terreno

Considerando la naturaleza del terreno como margas y arcillas compactas, se considera una resistividad del terreno de 200  $\Omega \cdot m$ , acorde a la tabla 3 del ITC-BT 18.

## 6.4. Red de Tierra de Protección

Las redes de tierra de protección estarán compuestas por la red de tierra general y la red de tierra de las estaciones de potencia, interconectadas entre ellas. Además, los marcos de los módulos, la estructura de los seguidores, cajas de conexión e inversores también deberán estar conectados a la red de tierra de protección.

La red de tierra general de cada una de las parcelas estarán compuestas con un conductor de cobre desnudo de 35 mm<sup>2</sup> que discurrirá por las canalizaciones de BT y MT enterrado a una profundidad mínima de 0,6 m.

La red de tierra de la estación de potencia estará compuesta por un anillo a lo largo del perímetro de la base de la estación de potencia de un conductor de cobre desnudo de 35 mm<sup>2</sup> enterrado a una profundidad mínima de 0,6 m, y estará unida a la red de tierra general.

### 6.4.1. Cálculo de la Sección de los Conductores de Puesta a Tierra

La sección mínima del conductor de la malla de tierra se calcula de la siguiente manera de acuerdo con la ITC-BT-18:

$$S = \frac{\sqrt{I^2 t}}{k} = 3,87 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{\sqrt{I^2 t}}{k} = 3,87 \text{ mm}^2$$

Donde  $S$  se refiere a la sección mínima del conductor de tierra en mm<sup>2</sup>,  $I$  a la intensidad de cortocircuito considerada en amperios,  $t$  al tiempo máximo de despeje de falta, y  $k$  es una constante que, para un conductor de cobre,  $k = 242$ .

Según la IEEE-80, la sección mínima del conductor de tierra enterrado se calcula conforme a la siguiente ecuación:

$$A_1 = \frac{I_{f1} \cdot \sqrt{t_c \cdot \alpha_r \cdot \rho_r \cdot 10^4}}{\sqrt{TCAP} \cdot \ln\left(\frac{k_0 + T_m}{k_0 + T_a}\right)} = 2,69 \text{ mm}^2$$

$$A_2 = \frac{I_{f2} \cdot \sqrt{t_c \cdot \alpha_r \cdot \rho_r \cdot 10^4}}{\sqrt{TCAP} \cdot \ln\left(\frac{k_0 + T_m}{k_0 + T_a}\right)} = 2,69 \text{ mm}^2$$

Donde:

- $A_1$  es la sección mínima del conductor de cobre (mm<sup>2</sup>) de la isla 1
- $A_2$  es la sección mínima del conductor de cobre (mm<sup>2</sup>) de la isla 2
- $I_{f_1}$  es la intensidad de la falta a tierra (21,24 kA) de la isla 1
- $I_{f_2}$  es la intensidad de la falta a tierra (32,65 kA) de la isla 2
- $T_m$  es la máxima temperatura admisible (1.084 °C)
- $T_a$  es la temperatura ambiente (40 °C)
- $TCAP$  es la capacidad térmica por unidad de volumen (3,42 J/cm<sup>3</sup>·°C)
- $\alpha_r$  es el coeficiente térmico de resistividad a 20°C (0,00381 °C<sup>-1</sup>)
- $t_c$  es el tiempo máximo de despeje de la falla (0,5 s)
- $k_0 = 1/\alpha_0$  (242 °C)
- $\rho_r$  es la resistividad del conductor de puesta a tierra (1,78 Ω·m)

Se consideran los siguientes valores para el cálculo, conforme al estándar IEEE-80.

Material	$\alpha_r$ a 20°C (°C <sup>-1</sup> )	$K_0$ a 0°C (°C)	$T_m$ (°C)	$T_a$ (°C)	$\rho_r$ a 20°C (μΩ·m)	TCAP (J/cm <sup>3</sup> ·°C)
Cu	0,00381	242	1084	40	1,78	3,42

Tabla 10. Características conductor tierra

Se tomará como sección normalizada mínima para el conductor de la red de tierra enterrada Conductor de Cobre de 35 mm<sup>2</sup>.

#### 6.4.2. Tensión de Paso y Contacto Máximas Admisibles

Las tensiones de paso y contacto máximas admisibles se calculan de acuerdo con la ITC-RAT-13 para ambas Sistemas de Protección de Tierra.

$$U_p = 10U_{ca} \left( 1 + \frac{2R_{a1} + 2R_{a2}}{2Z_B} \right) = 7.344,00 \text{ V}$$

$$U_c = U_{ca} \left( 1 + \frac{R_{a1} + R_{a2}}{2 \cdot Z_B} \right) = 469,20 \text{ V}$$

Donde:

- $U_p$  es la tensión de paso admisible (V)
- $U_c$  es la tensión de contacto admisible (V)

- $U_{ca}$  es la tensión de contacto máxima admisible para un tiempo de despeje de falta de 0,5 segundos (204 V)
- $R_{a1}$  es resistencia equivalente del calzado (2000  $\Omega$ )
- $R_{a2} = 3 \cdot C_s \cdot \rho_s$  ; donde  $C_s$  es el coeficiente reductor de superficie (1) y  $\rho_s$  es la resistividad de la superficie del terreno (200  $\Omega \cdot m$ )
- $Z_B$  es impedancia del cuerpo humano (1000  $\Omega$ )

#### 6.4.3. Tensiones de Paso y Contacto Estimadas

Las tensiones de paso y contacto se pueden estimar para una red mallada con las siguientes ecuaciones conforme al estándar IEEE-80:

$$E_{p1} = K_s \cdot K_i \cdot \rho \cdot \frac{I_{g1}}{L_{s1}} = 35,97 V$$

$$E_{p2} = K_s \cdot K_i \cdot \rho \cdot \frac{I_{g2}}{L_{s2}} = 47,81 V$$

$$E_{c1} = K_m \cdot K_i \cdot \rho \cdot \frac{I_{g1}}{L_{m1}} = 113,04 V$$

$$E_{c2} = K_m \cdot K_i \cdot \rho \cdot \frac{I_{g2}}{L_{m2}} = 150,27 V$$

Donde:

- $E_p$  es la tensión de paso estimada (V)
- $E_c$  es la tensión de contacto estimada (V)
- $K_s$  es el factor de diferencia de potencial a 1m (0,21)
- $K_i$  es el factor de corrección de densidad de corriente (1,27)
- $\rho$  es la resistividad del terreno (200  $\Omega \cdot m$ )
- $I_{g1}$  es la intensidad de defecto a tierra (1,324 kA) de la isla 1
- $I_{g2}$  es la intensidad de defecto a tierra (1,324 kA) de la isla 2
- $L_{s1}$  es la longitud efectiva de conductor enterrado (1.963,53 m) de la isla 1
- $L_{s2}$  es la longitud efectiva de conductor enterrado (1.477,04 m) de la isla 2
- $K_m$  es el factor de espacio de conductores (0,66)
- $L_{m1}$  es la longitud efectiva de conductor enterrado (1.963,53 m) de la isla 1

- $L_{m_2}$  es la longitud efectiva de conductor enterrado (1.477,04 m) de la isla 2

Se debe tener en cuenta que estos son valores orientativos de las tensiones de paso y contacto esperadas en la Planta Fotovoltaica.

#### 6.4.4. Resistencia de Puesta a Tierra

La resistencia de puesta a tierra se puede estimar mediante la siguiente fórmula según la ITC-RAT-13:

$$R_{g_1} = \frac{\rho}{4r} + \frac{\rho}{L} = 0,355 \Omega$$

$$R_{g_2} = \frac{\rho}{4r} + \frac{\rho}{L} = 0,475 \Omega$$

Donde:

- $R_g$  es la resistencia de puesta a tierra ( $\Omega$ )
- $\rho$  es la resistividad del terreno (200  $\Omega \cdot m$ )
- $L$  es la longitud total de conductor enterrado (1.963,53 m) de la isla 1
- $L$  es la longitud total de conductor enterrado (1.477,04 m) de la isla 2
- $r$  es el radio equivalente de área de malla (197,46 m) de la isla 1
- $r$  es el radio equivalente de área de malla (147,38 m) de la isla 2

La resistencia de puesta a tierra de la puede estimarse mediante la siguiente ecuación según el estándar IEEE-80:

$$R_{g_1} = \rho \cdot \left[ \frac{1}{L_T} + \frac{1}{\sqrt{20 \cdot A}} \cdot \left( 1 + \frac{1}{1 + h \cdot \sqrt{20 \cdot A}} \right) \right] = 0,230 \Omega$$

$$R_{g_2} = \rho \cdot \left[ \frac{1}{L_T} + \frac{1}{\sqrt{20 \cdot A}} \cdot \left( 1 + \frac{1}{1 + h \cdot \sqrt{20 \cdot A}} \right) \right] = 0,307 \Omega$$

Donde:

- $R_{g_1}$  es la resistencia de puesta a tierra ( $\Omega$ ) de la isla 1
- $R_{g_2}$  es la resistencia de puesta a tierra ( $\Omega$ ) de la isla 2
- $\rho$  es la resistividad del terreno (200  $\Omega \cdot m$ )
- $L_T$  es la longitud total de conductor enterrado (1.963,53 m) de la isla 1
- $L_T$  es la longitud total de conductor enterrado (1.477,04 m) de la isla 2
- $A$  es el área que ocupa la malla (197,46 m) de la isla 1

- $A$  es el área que ocupa la malla (147,38 m) de la isla 2
- $h$  es la profundidad de la malla (1 m)

#### 6.4.5. Resultados

Los resultados obtenidos son los siguientes:

ISLA 1						
Rg (ohm)			Tensión de Contacto (V)		Tensión de Paso (V)	
Máximo Valor de Diseño	Estimada (ITC-RAT-13)	Estimada (IEEE-80)	Admisible	Estimado	Admisible	Estimado
1	0,355	0,230	469,20	113,04	7.344,00	35,97

ISLA 2						
Rg (ohm)			Tensión de Contacto (V)		Tensión de Paso (V)	
Máximo Valor de Diseño	Estimada (ITC-RAT-13)	Estimada (IEEE-80)	Admisible	Estimado	Admisible	Estimado
1	0,475	0,307	469,20	150,27	7.344,00	47,81

Tabla 11. Resultados y comprobación de la Puesta a Tierra

Como se puede comprobar en la tabla anterior, la red de puesta a tierra del Parque Fotovoltaico cumple con los criterios de diseño.

Córdoba, Marzo de 2024

El Ingeniero Técnico Superior

El Ingeniero Industrial

## Anexo I: Cálculo de circuitos BT

### 1. Circuitos string – inversor

Circuito string - inversor (BT-CC)																			
String X-Y-Z X: inversor Y: caja conexión Z: string	Longitud (m)	Cable	Nº conductores polo	Imp (A)	Isc (A)	Ib (A)	V (V)	P (W)	k1	k2	k3	S (mm2)	Io (A)	Iz (A)	Ib/Iz (%)	ΔV (V)	ΔV (%)	Criterio térmico	Criterio ΔV
String 1-1-1	43,70	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	3,33	0,31	OK	OK
String 1-1-2	43,70	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	3,33	0,31	OK	OK
String 1-1-3	73,16	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	5,57	0,52	OK	OK
String 1-1-4	102,39	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	7,79	0,73	OK	OK
String 1-1-5	73,16	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	5,57	0,52	OK	OK
String 1-1-6	102,39	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	7,79	0,73	OK	OK
String 1-1-7	91,70	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	6,98	0,65	OK	OK
String 1-1-8	120,78	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	9,19	0,86	OK	OK
String 1-1-9	91,70	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	6,98	0,65	OK	OK
String 1-1-10	120,78	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	9,19	0,86	OK	OK
String 1-1-11	33,40	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	2,54	0,24	OK	OK
String 1-1-12	62,63	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	4,77	0,45	OK	OK
String 1-1-13	33,40	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	2,54	0,24	OK	OK
String 1-1-14	62,63	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	4,77	0,45	OK	OK
String 1-1-15	3,94	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	0,30	0,03	OK	OK
String 1-1-16	3,94	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	0,30	0,03	OK	OK
String 1-1-17	143,06	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	10,89	1,02	OK	OK
String 1-1-18	143,06	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	10,89	1,02	OK	OK
String 1-2-1	97,25	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	7,40	0,69	OK	OK
String 1-2-2	97,25	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	7,40	0,69	OK	OK
String 1-2-3	126,33	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	9,61	0,90	OK	OK
String 1-2-4	126,33	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	9,61	0,90	OK	OK
String 1-2-5	38,56	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	2,93	0,27	OK	OK
String 1-2-6	38,56	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	2,93	0,27	OK	OK
String 1-2-7	68,02	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	5,18	0,48	OK	OK
String 1-2-8	68,02	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	5,18	0,48	OK	OK
String 1-2-9	33,10	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	2,52	0,24	OK	OK
String 1-2-10	33,10	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	2,52	0,24	OK	OK
String 1-2-11	62,11	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	4,73	0,44	OK	OK
String 1-2-12	91,34	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	6,95	0,65	OK	OK
String 1-2-13	62,11	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	4,73	0,44	OK	OK
String 1-2-14	91,34	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	6,95	0,65	OK	OK
String 1-2-15	120,42	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	9,16	0,86	OK	OK
String 1-2-16	149,47	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	11,38	1,07	OK	OK
String 1-2-17	120,42	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	9,16	0,86	OK	OK



String 1-2-18	149,47	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	11,38	1,07	OK	OK
String 1-3-1	23,95	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	1,82	0,17	OK	OK
String 1-3-2	23,95	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	1,82	0,17	OK	OK
String 1-3-3	3,94	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	0,30	0,03	OK	OK
String 1-3-4	3,94	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	0,30	0,03	OK	OK
String 1-3-5	33,13	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	2,52	0,24	OK	OK
String 1-3-6	33,13	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	2,52	0,24	OK	OK
String 1-3-7	62,17	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	4,73	0,44	OK	OK
String 1-3-8	91,40	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	6,96	0,65	OK	OK
String 1-3-9	62,17	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	4,73	0,44	OK	OK
String 1-3-10	91,40	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	6,96	0,65	OK	OK
String 1-3-11	214,08	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	6	67	34,64	50,30	10,86	1,02	OK	OK
String 1-3-12	214,08	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	6	67	34,64	50,30	10,86	1,02	OK	OK
String 1-3-13	184,93	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	14,07	1,32	OK	OK
String 1-3-14	184,93	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	14,07	1,32	OK	OK
String 1-3-15	126,64	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	9,64	0,90	OK	OK
String 1-3-16	155,86	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	11,86	1,11	OK	OK
String 1-3-17	126,64	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	9,64	0,90	OK	OK
String 1-3-18	155,86	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	11,86	1,11	OK	OK
String 1-4-1	23,08	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	1,76	0,16	OK	OK
String 1-4-2	23,08	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	1,76	0,16	OK	OK
String 1-4-3	52,47	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	3,99	0,37	OK	OK
String 1-4-4	81,67	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	6,22	0,58	OK	OK
String 1-4-5	52,47	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	3,99	0,37	OK	OK
String 1-4-6	81,67	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	6,22	0,58	OK	OK
String 1-4-7	120,87	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	9,20	0,86	OK	OK
String 1-4-8	120,87	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	9,20	0,86	OK	OK
String 1-4-9	149,90	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	11,41	1,07	OK	OK
String 1-4-10	179,10	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	13,63	1,28	OK	OK
String 1-4-11	149,90	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	11,41	1,07	OK	OK
String 1-4-12	179,10	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	13,63	1,28	OK	OK
String 1-4-13	91,69	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	6,98	0,65	OK	OK
String 1-4-14	91,69	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	6,98	0,65	OK	OK
String 1-4-15	33,41	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	2,54	0,24	OK	OK
String 1-4-16	62,62	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	4,77	0,45	OK	OK
String 1-4-17	33,41	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	2,54	0,24	OK	OK
String 1-4-18	62,62	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	4,77	0,45	OK	OK
String 1-5-1	21,95	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	1,67	0,16	OK	OK
String 1-5-2	21,95	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	1,67	0,16	OK	OK
String 1-5-3	3,94	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	0,30	0,03	OK	OK
String 1-5-4	3,94	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	0,30	0,03	OK	OK
String 1-5-5	33,46	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	2,55	0,24	OK	OK
String 1-5-6	62,68	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	4,77	0,45	OK	OK
String 1-5-7	33,46	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	2,55	0,24	OK	OK

String 1-5-8	62,68	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	4,77	0,45	OK	OK
String 1-5-9	91,74	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	6,98	0,65	OK	OK
String 1-5-10	120,85	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	9,20	0,86	OK	OK
String 1-5-11	91,74	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	6,98	0,65	OK	OK
String 1-5-12	120,85	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	9,20	0,86	OK	OK
String 1-5-13	149,82	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	11,40	1,07	OK	OK
String 1-5-14	179,05	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	13,63	1,28	OK	OK
String 1-5-15	149,82	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	11,40	1,07	OK	OK
String 1-5-16	179,05	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	13,63	1,28	OK	OK
String 1-5-17	196,60	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	14,96	1,40	OK	OK
String 1-5-18	196,60	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	14,96	1,40	OK	OK
String 1-6-1	196,51	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	14,96	1,40	OK	OK
String 1-6-2	196,51	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	14,96	1,40	OK	OK
String 1-6-3	50,66	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	3,86	0,36	OK	OK
String 1-6-4	50,66	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	3,86	0,36	OK	OK
String 1-6-5	80,18	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	6,10	0,57	OK	OK
String 1-6-6	109,40	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	8,33	0,78	OK	OK
String 1-6-7	80,18	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	6,10	0,57	OK	OK
String 1-6-8	109,40	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	8,33	0,78	OK	OK
String 1-6-9	138,46	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	10,54	0,99	OK	OK
String 1-6-10	167,56	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	12,75	1,19	OK	OK
String 1-6-11	138,46	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	10,54	0,99	OK	OK
String 1-6-12	167,56	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	12,75	1,19	OK	OK
String 1-6-13	33,16	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	2,52	0,24	OK	OK
String 1-6-14	33,16	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	2,52	0,24	OK	OK
String 1-6-15	62,22	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	4,73	0,44	OK	OK
String 1-6-16	91,36	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	6,95	0,65	OK	OK
String 1-6-17	62,22	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	4,73	0,44	OK	OK
String 1-6-18	91,36	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	6,95	0,65	OK	OK
String 1-7-1	91,21	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	6,94	0,65	OK	OK
String 1-7-2	91,21	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	6,94	0,65	OK	OK
String 1-7-3	49,08	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	3,74	0,35	OK	OK
String 1-7-4	49,08	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	3,74	0,35	OK	OK
String 1-7-5	78,55	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	5,98	0,56	OK	OK
String 1-7-6	78,55	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	5,98	0,56	OK	OK
String 1-7-7	107,74	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	8,20	0,77	OK	OK
String 1-7-8	107,74	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	8,20	0,77	OK	OK
String 1-7-9	136,79	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	10,41	0,97	OK	OK
String 1-7-10	136,79	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	10,41	0,97	OK	OK
String 1-7-11	3,94	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	0,30	0,03	OK	OK
String 1-7-12	3,94	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	0,30	0,03	OK	OK
String 1-7-13	33,15	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	2,52	0,24	OK	OK
String 1-7-14	33,15	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	2,52	0,24	OK	OK
String 1-7-15	87,64	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	6,67	0,62	OK	OK

String 1-7-16	87,64	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	6,67	0,62	OK	OK
String 1-7-17	48,99	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	3,73	0,35	OK	OK
String 1-7-18	48,99	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	3,73	0,35	OK	OK
String 1-8-1	33,18	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	2,52	0,24	OK	OK
String 1-8-2	33,18	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	2,52	0,24	OK	OK
String 1-8-3	53,07	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	4,04	0,38	OK	OK
String 1-8-4	23,85	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	1,82	0,17	OK	OK
String 1-8-5	53,07	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	4,04	0,38	OK	OK
String 1-8-6	23,85	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	1,82	0,17	OK	OK
String 1-8-7	44,81	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	3,41	0,32	OK	OK
String 1-8-8	44,81	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	3,41	0,32	OK	OK
String 1-8-9	3,95	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	0,30	0,03	OK	OK
String 1-8-10	3,95	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	0,30	0,03	OK	OK
String 1-8-11	112,62	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	8,57	0,80	OK	OK
String 1-8-12	112,62	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	8,57	0,80	OK	OK
String 1-8-13	83,45	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	6,35	0,59	OK	OK
String 1-8-14	83,45	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	6,35	0,59	OK	OK
String 1-8-15	54,37	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	4,14	0,39	OK	OK
String 1-8-16	25,13	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	1,91	0,18	OK	OK
String 1-8-17	54,37	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	4,14	0,39	OK	OK
String 1-8-18	25,13	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	1,91	0,18	OK	OK
String 1-9-1	112,15	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	8,53	0,80	OK	OK
String 1-9-2	83,02	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	6,32	0,59	OK	OK
String 1-9-3	112,15	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	8,53	0,80	OK	OK
String 1-9-4	83,02	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	6,32	0,59	OK	OK
String 1-9-5	53,94	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	4,11	0,38	OK	OK
String 1-9-6	24,71	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	1,88	0,18	OK	OK
String 1-9-7	53,94	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	4,11	0,38	OK	OK
String 1-9-8	24,71	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	1,88	0,18	OK	OK
String 1-9-9	120,30	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	9,15	0,86	OK	OK
String 1-9-10	120,30	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	9,15	0,86	OK	OK
String 1-9-11	91,32	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	6,95	0,65	OK	OK
String 1-9-12	62,20	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	4,73	0,44	OK	OK
String 1-9-13	91,32	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	6,95	0,65	OK	OK
String 1-9-14	62,20	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	4,73	0,44	OK	OK
String 1-9-15	33,15	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	2,52	0,24	OK	OK
String 1-9-16	33,15	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	2,52	0,24	OK	OK
String 1-9-17	3,94	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	0,30	0,03	OK	OK
String 1-9-18	3,94	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	0,30	0,03	OK	OK
String 1-10-1	91,24	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	6,94	0,65	OK	OK
String 1-10-2	62,07	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	4,72	0,44	OK	OK
String 1-10-3	91,24	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	6,94	0,65	OK	OK
String 1-10-4	62,07	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	4,72	0,44	OK	OK
String 1-10-5	3,94	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	0,30	0,03	OK	OK

String 1-10-6	33,08	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	2,52	0,24	OK	OK
String 1-10-7	33,08	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	2,52	0,24	OK	OK
String 1-10-8	3,94	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	0,30	0,03	OK	OK
String 1-10-9	111,22	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	8,46	0,79	OK	OK
String 1-10-10	82,12	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	6,25	0,59	OK	OK
String 1-10-11	111,22	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	8,46	0,79	OK	OK
String 1-10-12	82,12	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	6,25	0,59	OK	OK
String 1-10-13	53,12	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	4,04	0,38	OK	OK
String 1-10-14	23,97	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	1,82	0,17	OK	OK
String 1-10-15	53,12	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	4,04	0,38	OK	OK
String 1-10-16	23,97	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	1,82	0,17	OK	OK
String 1-10-17	109,75	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	8,35	0,78	OK	OK
String 1-10-18	109,75	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	8,35	0,78	OK	OK
String 1-11-1	62,15	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	4,73	0,44	OK	OK
String 1-11-2	62,15	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	4,73	0,44	OK	OK
String 1-11-3	33,12	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	2,52	0,24	OK	OK
String 1-11-4	3,94	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	0,30	0,03	OK	OK
String 1-11-5	33,12	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	2,52	0,24	OK	OK
String 1-11-6	3,94	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	0,30	0,03	OK	OK
String 1-11-7	82,18	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	6,25	0,59	OK	OK
String 1-11-8	82,18	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	6,25	0,59	OK	OK
String 1-11-9	53,17	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	4,05	0,38	OK	OK
String 1-11-10	24,02	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	1,83	0,17	OK	OK
String 1-11-11	53,17	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	4,05	0,38	OK	OK
String 1-11-12	24,02	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	1,83	0,17	OK	OK
String 1-11-13	91,37	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	6,95	0,65	OK	OK
String 1-11-14	91,37	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	6,95	0,65	OK	OK
String 1-11-15	166,42	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	12,67	1,19	OK	OK
String 1-11-16	137,19	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	10,44	0,98	OK	OK
String 1-11-17	166,42	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	12,67	1,19	OK	OK
String 1-11-18	137,19	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	10,44	0,98	OK	OK
String 1-12-1	91,49	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	6,96	0,65	OK	OK
String 1-12-2	62,26	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	4,74	0,44	OK	OK
String 1-12-3	91,49	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	6,96	0,65	OK	OK
String 1-12-4	62,26	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	4,74	0,44	OK	OK
String 1-12-5	33,18	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	2,52	0,24	OK	OK
String 1-12-6	3,95	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	0,30	0,03	OK	OK
String 1-12-7	33,18	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	2,52	0,24	OK	OK
String 1-12-8	3,95	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	0,30	0,03	OK	OK
String 1-12-9	108,31	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	8,24	0,77	OK	OK
String 1-12-10	79,08	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	6,02	0,56	OK	OK
String 1-12-11	108,31	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	8,24	0,77	OK	OK
String 1-12-12	79,08	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	6,02	0,56	OK	OK
String 1-12-13	50,02	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	3,81	0,36	OK	OK

String 1-12-14	20,81	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	1,58	0,15	OK	OK
String 1-12-15	50,02	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	3,81	0,36	OK	OK
String 1-12-16	20,81	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	1,58	0,15	OK	OK
String 1-12-17	146,01	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	11,11	1,04	OK	OK
String 1-12-18	146,01	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	11,11	1,04	OK	OK
String 1-13-1	137,69	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	10,48	0,98	OK	OK
String 1-13-2	137,69	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	10,48	0,98	OK	OK
String 1-13-3	108,61	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	8,27	0,77	OK	OK
String 1-13-4	79,38	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	6,04	0,57	OK	OK
String 1-13-5	108,61	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	8,27	0,77	OK	OK
String 1-13-6	79,38	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	6,04	0,57	OK	OK
String 1-13-7	50,29	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	3,83	0,36	OK	OK
String 1-13-8	21,06	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	1,60	0,15	OK	OK
String 1-13-9	50,29	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	3,83	0,36	OK	OK
String 1-13-10	21,06	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	1,60	0,15	OK	OK
String 1-13-11	175,23	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	13,34	1,25	OK	OK
String 1-13-12	175,23	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	13,34	1,25	OK	OK
String 1-13-13	146,00	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	11,11	1,04	OK	OK
String 1-13-14	146,00	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	11,11	1,04	OK	OK
String 1-13-15	91,49	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	6,96	0,65	OK	OK
String 1-13-16	91,49	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	6,96	0,65	OK	OK
String 1-13-17	62,27	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	4,74	0,44	OK	OK
String 1-14-1	84,68	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	6,44	0,60	OK	OK
String 1-14-2	149,78	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	11,40	1,07	OK	OK
String 1-14-3	120,55	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	9,17	0,86	OK	OK
String 1-14-4	149,78	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	11,40	1,07	OK	OK
String 1-14-5	120,55	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	9,17	0,86	OK	OK
String 1-14-6	91,48	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	6,96	0,65	OK	OK
String 1-14-7	62,27	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	4,74	0,44	OK	OK
String 1-14-8	91,48	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	6,96	0,65	OK	OK
String 1-14-9	62,27	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	4,74	0,44	OK	OK
String 1-14-10	33,18	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	2,53	0,24	OK	OK
String 1-14-11	3,95	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	0,30	0,03	OK	OK
String 1-14-12	33,18	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	2,53	0,24	OK	OK
String 1-14-13	3,95	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	0,30	0,03	OK	OK
String 1-14-14	26,36	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	2,01	0,19	OK	OK
String 1-14-15	55,60	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	4,23	0,40	OK	OK
String 1-14-16	26,36	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	2,01	0,19	OK	OK
String 1-14-17	55,60	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	4,23	0,40	OK	OK
String 2-1-1	16,57	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	1,26	0,12	OK	OK
String 2-1-2	16,57	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	1,26	0,12	OK	OK
String 2-1-3	46,13	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	3,51	0,33	OK	OK
String 2-1-4	75,31	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	5,73	0,54	OK	OK
String 2-1-5	46,13	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	3,51	0,33	OK	OK

String 2-1-6	75,31	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	5,73	0,54	OK	OK
String 2-1-7	3,95	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	0,30	0,03	OK	OK
String 2-1-8	3,95	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	0,30	0,03	OK	OK
String 2-1-9	33,51	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	2,55	0,24	OK	OK
String 2-1-10	62,70	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	4,77	0,45	OK	OK
String 2-1-11	33,51	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	2,55	0,24	OK	OK
String 2-1-12	62,70	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	4,77	0,45	OK	OK
String 2-1-13	18,60	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	1,42	0,13	OK	OK
String 2-1-14	18,60	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	1,42	0,13	OK	OK
String 2-1-15	48,16	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	3,67	0,34	OK	OK
String 2-1-16	77,37	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	5,89	0,55	OK	OK
String 2-1-17	48,16	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	3,67	0,34	OK	OK
String 2-1-18	77,37	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	5,89	0,55	OK	OK
String 2-2-1	23,63	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	1,80	0,17	OK	OK
String 2-2-2	23,63	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	1,80	0,17	OK	OK
String 2-2-3	53,19	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	4,05	0,38	OK	OK
String 2-2-4	82,41	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	6,27	0,59	OK	OK
String 2-2-5	53,19	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	4,05	0,38	OK	OK
String 2-2-6	82,41	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	6,27	0,59	OK	OK
String 2-2-7	3,95	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	0,30	0,03	OK	OK
String 2-2-8	3,95	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	0,30	0,03	OK	OK
String 2-2-9	33,49	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	2,55	0,24	OK	OK
String 2-2-10	62,72	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	4,77	0,45	OK	OK
String 2-2-11	33,49	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	2,55	0,24	OK	OK
String 2-2-12	62,72	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	4,77	0,45	OK	OK
String 2-2-13	169,75	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	12,92	1,21	OK	OK
String 2-2-14	169,75	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	12,92	1,21	OK	OK
String 2-2-15	198,83	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	15,13	1,42	OK	OK
String 2-2-16	198,83	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	15,13	1,42	OK	OK
String 2-2-17	140,68	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	10,71	1,00	OK	OK
String 2-2-18	140,68	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	10,71	1,00	OK	OK
String 2-3-1	21,04	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	1,60	0,15	OK	OK
String 2-3-2	21,04	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	1,60	0,15	OK	OK
String 2-3-3	50,28	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	3,83	0,36	OK	OK
String 2-3-4	50,28	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	3,83	0,36	OK	OK
String 2-3-5	79,36	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	6,04	0,57	OK	OK
String 2-3-6	79,36	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	6,04	0,57	OK	OK
String 2-3-7	3,95	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	0,30	0,03	OK	OK
String 2-3-8	33,17	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	2,52	0,24	OK	OK
String 2-3-9	3,95	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	0,30	0,03	OK	OK
String 2-3-10	33,17	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	2,52	0,24	OK	OK
String 2-3-11	62,25	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	4,74	0,44	OK	OK
String 2-3-12	91,48	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	6,96	0,65	OK	OK
String 2-3-13	62,25	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	4,74	0,44	OK	OK

String 2-3-14	91,48	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	6,96	0,65	OK	OK
String 2-3-15	120,56	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	9,18	0,86	OK	OK
String 2-3-16	120,56	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	9,18	0,86	OK	OK
String 2-3-17	149,67	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	11,39	1,07	OK	OK
String 2-3-18	149,67	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	11,39	1,07	OK	OK
String 2-4-1	16,97	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	1,29	0,12	OK	OK
String 2-4-2	16,97	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	1,29	0,12	OK	OK
String 2-4-3	46,35	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	3,53	0,33	OK	OK
String 2-4-4	75,57	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	5,75	0,54	OK	OK
String 2-4-5	46,35	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	3,53	0,33	OK	OK
String 2-4-6	75,57	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	5,75	0,54	OK	OK
String 2-4-7	104,64	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	7,96	0,75	OK	OK
String 2-4-8	133,88	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	10,19	0,95	OK	OK
String 2-4-9	104,64	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	7,96	0,75	OK	OK
String 2-4-10	133,88	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	10,19	0,95	OK	OK
String 2-4-11	162,96	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	12,40	1,16	OK	OK
String 2-4-12	192,10	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	14,62	1,37	OK	OK
String 2-4-13	162,96	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	12,40	1,16	OK	OK
String 2-4-14	192,10	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	14,62	1,37	OK	OK
String 2-4-15	149,93	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	11,41	1,07	OK	OK
String 2-4-16	179,09	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	13,63	1,28	OK	OK
String 2-4-17	149,93	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	11,41	1,07	OK	OK
String 2-4-18	179,09	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	13,63	1,28	OK	OK
String 2-5-1	19,36	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	1,47	0,14	OK	OK
String 2-5-2	19,36	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	1,47	0,14	OK	OK
String 2-5-3	48,74	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	3,71	0,35	OK	OK
String 2-5-4	77,96	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	5,93	0,56	OK	OK
String 2-5-5	48,74	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	3,71	0,35	OK	OK
String 2-5-6	77,96	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	5,93	0,56	OK	OK
String 2-5-7	107,04	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	8,15	0,76	OK	OK
String 2-5-8	136,27	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	10,37	0,97	OK	OK
String 2-5-9	107,04	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	8,15	0,76	OK	OK
String 2-5-10	136,27	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	10,37	0,97	OK	OK
String 2-5-11	91,62	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	6,97	0,65	OK	OK
String 2-5-12	120,85	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	9,20	0,86	OK	OK
String 2-5-13	91,62	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	6,97	0,65	OK	OK
String 2-5-14	120,85	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	9,20	0,86	OK	OK
String 2-5-15	149,93	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	11,41	1,07	OK	OK
String 2-5-16	179,09	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	13,63	1,28	OK	OK
String 2-5-17	149,93	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	11,41	1,07	OK	OK
String 2-5-18	179,09	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	13,63	1,28	OK	OK
String 2-6-1	21,53	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	1,64	0,15	OK	OK
String 2-6-2	21,53	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	1,64	0,15	OK	OK
String 2-6-3	50,89	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	3,87	0,36	OK	OK

String 2-6-4	80,12	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	6,10	0,57	OK	OK
String 2-6-5	50,89	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	3,87	0,36	OK	OK
String 2-6-6	80,12	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	6,10	0,57	OK	OK
String 2-6-7	33,24	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	2,53	0,24	OK	OK
String 2-6-8	62,47	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	4,75	0,45	OK	OK
String 2-6-9	33,24	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	2,53	0,24	OK	OK
String 2-6-10	62,47	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	4,75	0,45	OK	OK
String 2-6-11	91,56	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	6,97	0,65	OK	OK
String 2-6-12	120,78	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	9,19	0,86	OK	OK
String 2-6-13	91,56	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	6,97	0,65	OK	OK
String 2-6-14	120,78	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	9,19	0,86	OK	OK
String 2-6-15	149,85	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	11,40	1,07	OK	OK
String 2-6-16	179,03	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	13,62	1,28	OK	OK
String 2-6-17	149,85	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	11,40	1,07	OK	OK
String 2-6-18	179,03	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	13,62	1,28	OK	OK
String 2-7-1	52,96	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,425	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	4,03	0,38	OK	OK
String 2-7-2	52,96	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,425	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	4,03	0,38	OK	OK
String 2-7-3	3,95	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,425	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	0,30	0,03	OK	OK
String 2-7-4	33,18	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,425	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	2,53	0,24	OK	OK
String 2-7-5	3,95	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,425	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	0,30	0,03	OK	OK
String 2-7-6	33,18	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,425	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	2,53	0,24	OK	OK
String 2-7-7	62,27	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,425	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	4,74	0,44	OK	OK
String 2-7-8	91,48	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,425	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	6,96	0,65	OK	OK
String 2-7-9	62,27	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,425	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	4,74	0,44	OK	OK
String 2-7-10	91,48	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,425	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	6,96	0,65	OK	OK
String 2-7-11	120,54	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,425	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	9,17	0,86	OK	OK
String 2-7-12	149,73	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,425	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	11,39	1,07	OK	OK
String 2-7-13	120,54	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,425	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	9,17	0,86	OK	OK
String 2-7-14	149,73	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,425	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	11,39	1,07	OK	OK
String 2-7-15	135,59	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,425	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	10,32	0,97	OK	OK
String 2-7-16	164,81	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,425	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	12,54	1,17	OK	OK
String 2-7-17	135,59	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,425	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	10,32	0,97	OK	OK
String 2-7-18	164,81	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,425	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	12,54	1,17	OK	OK
String 2-8-1	22,58	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	1,72	0,16	OK	OK
String 2-8-2	51,82	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	3,94	0,37	OK	OK
String 2-8-3	22,58	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	1,72	0,16	OK	OK
String 2-8-4	51,82	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	3,94	0,37	OK	OK
String 2-8-5	80,90	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	6,16	0,58	OK	OK
String 2-8-6	110,09	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	8,38	0,78	OK	OK
String 2-8-7	80,90	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	6,16	0,58	OK	OK
String 2-8-8	110,09	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	8,38	0,78	OK	OK
String 2-8-9	62,26	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	4,74	0,44	OK	OK
String 2-8-10	91,44	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	6,96	0,65	OK	OK
String 2-8-11	62,26	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	4,74	0,44	OK	OK



String 2-8-12	91,44	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	6,96	0,65	OK	OK
String 2-8-13	120,47	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	9,17	0,86	OK	OK
String 2-8-14	149,70	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	11,39	1,07	OK	OK
String 2-8-15	120,47	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	9,17	0,86	OK	OK
String 2-8-16	149,70	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	11,39	1,07	OK	OK
String 2-8-17	33,18	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,43	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	2,53	0,24	OK	OK
String 2-9-1	31,65	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,425	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,816	2,408674	0,2256	OK	OK
String 2-9-2	31,65	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,425	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,816	2,408674	0,2256	OK	OK
String 2-9-3	60,885	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,425	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,816	4,633559	0,4339	OK	OK
String 2-9-4	3,944	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,425	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,816	0,300152	0,0281	OK	OK
String 2-9-5	33,136	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,425	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,816	2,521764	0,2362	OK	OK
String 2-9-6	3,944	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,425	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,816	0,300152	0,0281	OK	OK
String 2-9-7	33,136	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,425	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,816	2,521764	0,2362	OK	OK
String 2-9-8	62,168	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,425	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,816	4,731199	0,4431	OK	OK
String 2-9-9	91,163	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,425	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,816	6,937819	0,6497	OK	OK
String 2-9-10	62,168	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,425	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,816	4,731199	0,4431	OK	OK
String 2-9-11	91,163	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,425	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,816	6,937819	0,6497	OK	OK
String 2-9-12	120,025	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,425	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,816	9,134317	0,8554	OK	OK
String 2-9-13	149,256	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,425	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,816	11,3589	1,0637	OK	OK
String 2-9-14	120,025	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,425	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,816	9,134317	0,8554	OK	OK
String 2-9-15	149,256	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,425	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,816	11,3589	1,0637	OK	OK
String 2-9-16	177,404	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,425	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,816	13,50106	1,2644	OK	OK
String 2-9-17	177,404	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,425	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,816	13,50106	1,2644	OK	OK
String 2-10-1	22,157	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,425	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,816	1,686224	0,1579	OK	OK
String 2-10-2	51,249	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,425	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,816	3,900226	0,3653	OK	OK
String 2-10-3	22,157	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,425	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,816	1,686224	0,1579	OK	OK
String 2-10-4	51,249	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,425	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,816	3,900226	0,3653	OK	OK
String 2-10-5	80,192	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,425	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,816	6,102888	0,5715	OK	OK
String 2-10-6	109,27	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,425	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,816	8,315824	0,7788	OK	OK
String 2-10-7	80,192	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,425	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,816	6,102888	0,5715	OK	OK
String 2-10-8	109,27	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,425	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,816	8,315824	0,7788	OK	OK
String 2-10-9	138,211	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,425	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,816	10,51833	0,985	OK	OK
String 2-10-10	138,211	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,425	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,816	10,51833	0,985	OK	OK
String 2-10-11	62,534	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,425	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,816	4,759053	0,4457	OK	OK
String 2-10-12	33,3	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,425	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,816	2,534245	0,2373	OK	OK
String 2-10-13	62,534	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,425	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,816	4,759053	0,4457	OK	OK
String 2-10-14	91,614	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,425	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,816	6,972141	0,6529	OK	OK
String 2-10-15	120,78	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,425	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,816	9,191775	0,8608	OK	OK
String 2-10-16	91,614	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,425	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,816	6,972141	0,6529	OK	OK
String 2-10-17	120,78	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,425	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,816	9,191775	0,8608	OK	OK
String 2-11-1	54,11	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,425	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	4,12	0,39	OK	OK
String 2-11-2	54,11	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,425	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	4,12	0,39	OK	OK
String 2-11-3	83,47	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,425	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	6,35	0,59	OK	OK
String 2-11-4	19,06	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,425	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	1,45	0,14	OK	OK

String 2-11-5	19,06	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,425	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	1,45	0,14	OK	OK
String 2-11-6	48,59	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,425	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	3,70	0,35	OK	OK
String 2-11-7	77,77	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,425	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	5,92	0,55	OK	OK
String 2-11-8	48,59	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,425	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	3,70	0,35	OK	OK
String 2-11-9	77,77	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,425	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	5,92	0,55	OK	OK
String 2-11-10	3,95	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,425	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	0,30	0,03	OK	OK
String 2-11-11	33,18	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,425	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	2,53	0,24	OK	OK
String 2-11-12	3,95	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,425	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	0,30	0,03	OK	OK
String 2-11-13	33,18	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,425	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	2,53	0,24	OK	OK
String 2-11-14	26,87	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,425	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	2,04	0,19	OK	OK
String 2-11-15	26,87	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,425	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	2,04	0,19	OK	OK
String 2-11-16	54,21	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,425	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	4,13	0,39	OK	OK
String 2-11-17	54,21	Cu/LSZH	1	13,27	13,94	17,425	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,88	64,82	4,13	0,39	OK	OK

## 2. Circuito Inversor – Estación de potencia

Circuito inversor - Estación de potencia																							
INV-X-Y X: Estación de potencia Y: Inversor	Longitud (m)	Cable	Nº strings	Nº conductores por fase	Imp (A)	Isc (A)	Ib (A)	V (V)	Pcc (W)	k1	k2	k3	S (mm2)	Io (A)	Iz (A)	Ib/Iz (%)	ΔV (V)	ΔV (%)	Icc (kA)	Smin Icc (mm2)	Criterio térmico	Criterio ΔV	Criterio cortocircuito
Inverter 1-1	489,736	AI/XLPE	18	3	144,4	155,2	194,00	800	255060	1	1,28	0,56	240	343	245,86	78,91	8,50	1,06	16,00	173,91	OK	OK	OK
Inverter 1-2	437,232	AI/XLPE	18	2	144,4	155,2	194,00	800	255060	1	1,28	0,56	240	343	245,86	78,91	11,39	1,42	16,00	173,91	OK	OK	OK
Inverter 1-3	418,691	AI/XLPE	18	2	144,4	155,2	194,00	800	255060	1	1,28	0,56	240	343	245,86	78,91	10,90	1,36	16,00	173,91	OK	OK	OK
Inverter 1-4	368,263	AI/XLPE	18	2	144,4	155,2	194,00	800	255060	1	1,28	0,56	240	343	245,86	78,91	9,59	1,20	16,00	173,91	OK	OK	OK
Inverter 1-5	350,979	AI/XLPE	18	2	144,4	155,2	194,00	800	255060	1	1,28	0,56	240	343	245,86	78,91	9,14	1,14	16,00	173,91	OK	OK	OK
Inverter 1-6	290,740	AI/XLPE	18	2	144,4	155,2	194,00	800	255060	1	1,28	0,56	240	343	245,86	78,91	7,57	0,95	16,00	173,91	OK	OK	OK
Inverter 1-7	204,756	AI/XLPE	18	1	144,4	155,2	194,00	800	255060	1	1,28	0,56	240	343	245,86	78,91	10,66	1,33	16,00	173,91	OK	OK	OK
Inverter 1-8	295,029	AI/XLPE	18	2	144,4	155,2	194,00	800	255060	1	1,28	0,56	240	343	245,86	78,91	7,68	0,96	16,00	173,91	OK	OK	OK
Inverter 1-9	240,522	AI/XLPE	18	2	144,4	155,2	194,00	800	255060	1	1,28	0,56	240	343	245,86	78,91	6,26	0,78	16,00	173,91	OK	OK	OK
Inverter 1-10	204,808	AI/XLPE	18	1	144,4	155,2	194,00	800	255060	1	1,28	0,56	240	343	245,86	78,91	10,67	1,33	16,00	173,91	OK	OK	OK
Inverter 1-11	171,765	AI/XLPE	18	1	144,4	155,2	194,00	800	255060	1	1,28	0,56	240	343	245,86	78,91	8,95	1,12	16,00	173,91	OK	OK	OK
Inverter 1-12	143,550	AI/XLPE	18	1	144,4	155,2	194,00	800	255060	1	1,28	0,56	240	343	245,86	78,91	7,48	0,93	16,00	173,91	OK	OK	OK
Inverter 1-13	114,277	AI/XLPE	17	1	144,4	155,2	194,00	800	240890	1	1,28	0,56	240	343	245,86	78,91	5,95	0,74	16,00	173,91	OK	OK	OK
Inverter 1-14	99,811	AI/XLPE	17	1	144,4	155,2	194,00	800	240890	1	1,28	0,56	240	343	245,86	78,91	5,20	0,65	16,00	173,91	OK	OK	OK
Inverter 2-1	406,935	AI/XLPE	18	2	144,4	155,2	194,00	800	255060	1	1,28	0,56	240	343	245,86	78,91	10,60	1,32	16,00	173,91	OK	OK	OK
Inverter 2-2	377,421	AI/XLPE	18	2	144,4	155,2	194,00	800	255060	1	1,28	0,56	240	343	245,86	78,91	9,83	1,23	16,00	173,91	OK	OK	OK
Inverter 2-3	322,937	AI/XLPE	18	2	144,4	155,2	194,00	800	255060	1	1,28	0,56	240	343	245,86	78,91	8,41	1,05	16,00	173,91	OK	OK	OK
Inverter 2-4	274,405	AI/XLPE	18	2	144,4	155,2	194,00	800	255060	1	1,28	0,56	240	343	245,86	78,91	7,15	0,89	16,00	173,91	OK	OK	OK
Inverter 2-5	264,462	AI/XLPE	18	2	144,4	155,2	194,00	800	255060	1	1,28	0,56	240	343	245,86	78,91	6,89	0,86	16,00	173,91	OK	OK	OK
Inverter 2-6	254,568	AI/XLPE	18	2	144,4	155,2	194,00	800	255060	1	1,28	0,56	240	343	245,86	78,91	6,63	0,83	16,00	173,91	OK	OK	OK
Inverter 2-7	208,811	AI/XLPE	18	1	144,4	155,2	194,00	800	255060	1	1,28	0,56	240	343	245,86	78,91	10,88	1,36	16,00	173,91	OK	OK	OK
Inverter 2-8	189,952	AI/XLPE	17	1	144,4	155,2	194,00	800	240890	1	1,28	0,56	240	343	245,86	78,91	9,89	1,24	16,00	173,91	OK	OK	OK
Inverter 2-9	165,723	AI/XLPE	17	1	144,4	155,2	194,00	800	240890	1	1,28	0,56	240	343	245,86	78,91	8,63	1,08	16,00	173,91	OK	OK	OK
Inverter 2-10	124,992	AI/XLPE	17	1	144,4	155,2	194,00	800	240890	1	1,28	0,56	240	343	245,86	78,91	6,51	0,81	16,00	173,91	OK	OK	OK
Inverter 2-11	79,181	AI/XLPE	17	1	144,4	155,2	194,00	800	240890	1	1,28	0,56	240	343	245,86	78,91	4,12	0,52	16,00	173,91	OK	OK	OK

# Anexo II: Cálculo eléctrico LSMT 15 kV

Línea MT	Desde	Hasta	S (mm2)	Nº conductores por fase	Material	Longitud (m)	Nº inv	Nº circuitos/zanja	S (kVA)	V (V)	I (A)	k1	k2	k3	k4	Io (A)	Iz (A)	I/Iz (%)	ΔV (V)	ΔV (%)	ΔV Acumulada (%)	Pérdidas P (W)	Pérdidas P (%)	Icc (kA)	Smin para Icc (mm2)	Criterio térmico	Criterio ΔV	Criterio cortocircuito
1	EP1	EP2	240	1	AL/XLPE	1.774,90	1	1	2.800	15.000	107,77	1	1	1	0,83	345	286,35	37,64	62,38	0,42	0,42	9.895,26	0,35	16	173,91	OK	OK	OK

# Apéndice 1: Cálculos eléctricos (CC y CA) equipos alternativos

## 1. Objeto

A continuación se incluyen los cálculos eléctricos de CC y CA con los equipos contemplados como alternativa, según Anejo 11

## 2. Cálculo del generador fotovoltaico

En el presente apartado se calcula el número máximo y mínimo de módulos por string para el diseño del Proyecto, así como las ramas en paralelo que se conectan a cada inversor.

### 2.1. Número de módulos por string

El número máximo de módulos en serie que conforman un string se calcula verificando que la tensión más elevada que pueda alcanzar el string (tensión de circuito abierto  $V_{oc}$ ) no supere nunca a la tensión máxima del sistema (1.500 V).

$$N^{\circ} \text{ de módulos en serie} \cdot V_{oc} < \text{Tensión del sistema}$$

Por tanto, se ha de comprobar que, incluso en las condiciones más desfavorables, la tensión del circuito abierto de una asociación en serie de módulos no supere los 1.500 V.

La tensión de circuito abierto del módulo en función de la temperatura mínima viene dada por la siguiente expresión:

$$V_{oc_{invierno}} = V_{oc_{25^{\circ}C}} \cdot [1 + (T - 25^{\circ}C) \cdot \beta]$$

Donde:

- $V_{oc_{invierno}}$  es la tensión de circuito abierto del módulo para una determinada temperatura de trabajo (en V).
- $V_{oc_{25^{\circ}C}}$  es la tensión de circuito abierto del módulo a 25°C para una determinada irradiancia incidente en el mismo. Este valor lo proporciona el fabricante en el archivo \*.pan del módulo (en V).
- $\beta$  es el coeficiente que indica la variación de tensión del módulo en función de la temperatura. Este dato es proporcionado por el fabricante en la hoja técnica de datos del módulo (en %/°C).
- T es la temperatura ambiente en invierno (- 10 °C)

Aplicando los valores en la fórmula se obtiene:

$$V_{oc_{T^{a_{mod}}}} = 49,65 \cdot \left[ 1 + (-10 - 25^{\circ}C) \cdot \frac{-0,28}{100} \right] = 54,51 \text{ V}$$

$$n^{\circ} \text{ de módulos en serie} < \frac{\text{Tensión del sistema}}{V_{oc} \text{ máxima}}; n^{\circ} \text{ de módulos en serie} < \frac{1500}{54} = 27,51$$

Según el cálculo, el número máximo de módulos en serie a instalar es de 27.

Una vez determinado el número máximo de módulos por string en la temperatura más desfavorable hay que verificar que el número de strings en serie trabajan en el rango de tensión del MPPT del inversor (según ficha técnica 500 V – 1500 V). Esta comprobación se realiza calculando el voltaje de trabajo del string de diseño en la mínima y máxima temperatura del emplazamiento, quedando este en el rango admitido por el inversor.

En primer lugar, se calculará la tensión de trabajo en invierno (con la temperatura mínima del emplazamiento):

$$V_{mpp_{invierno}} = V_{mpp_{25^{\circ}C}} \cdot [1 + (T_{min} - 25^{\circ}C) \cdot \beta] \cdot N_S$$

Donde:

- $V_{mpp_{invierno}}$  es la tensión de trabajo del módulo para una determinada temperatura de trabajo (en V).
- $V_{oc_{25^{\circ}C}}$  es la tensión de circuito abierto del módulo a 25°C para una determinada irradiancia incidente en el mismo. Este valor lo proporciona el fabricante en el archivo \*.pan del módulo (en V).
- $\beta$  es el coeficiente que indica la variación de tensión del módulo en función de la temperatura. Este dato es proporcionado por el fabricante en la hoja técnica de datos del módulo (en %/°C).
- $T_{min}$  es la temperatura ambiente en invierno (-5 °C)
- $N_S$  número de módulos en serie.

$$V_{mpp_{invierno}} = 41,80 \cdot \left[ 1 + (-10^{\circ}C - 25^{\circ}C) \cdot \frac{-0,28}{100} \right] \cdot 26 = 1.193,31 V$$

$$V_{mpp_{invierno}} < V_{mpp_{inversor}} \rightarrow 1.193,31 V < 1.500 V$$

Según el cálculo, el voltaje de trabajo del string de diseño en invierno está por debajo del voltaje de trabajo máximo del inversor por lo que el número de módulos en serie establecido es correcto.

En segundo lugar, se calculará la tensión de trabajo en verano (con la temperatura máxima del emplazamiento):

$$V_{mpp_{verano}} = V_{mpp_{25^{\circ}C}} \cdot [1 + (T_{max} - 25^{\circ}C) \cdot \beta] \cdot N_S$$

Donde:



- $V_{mpp_{verano}}$  es la tensión de trabajo del módulo para una determinada temperatura de trabajo (en V).
- $V_{oc_{25^{\circ}C}}$  es la tensión de circuito abierto del módulo a 25°C para una determinada irradiancia incidente en el mismo. Este valor lo proporciona el fabricante en el archivo \*.pan del módulo (en V).
- $\beta$  es el coeficiente que indica la variación de tensión del módulo en función de la temperatura. Este dato es proporcionado por el fabricante en la hoja técnica de datos del módulo (en %/°C).
- $T_{max}$  es la temperatura máxima (70 °C)
- $N_s$  número de módulos en serie.

$$V_{mpp_{verano}} = 41,80 \cdot \left[ 1 + (60 - 25^{\circ}C) \cdot \frac{-0,28}{100} \right] \cdot 26 = 1.010,72 V$$

$$V_{mpp_{verano}} > V_{mpp_{inversor}} \rightarrow 1.010,72 V > 500,00 V$$

Según el cálculo, el voltaje de trabajo del string de diseño en verano está por encima del voltaje de trabajo mínimo del inversor por lo que el número de módulos en serie establecido es correcto.

## 2.2. Número máximo de strings en paralelo por inversor

La intensidad máxima admisible por cada MPPT del inversor es de 65 A, según ficha técnica. Teniendo en cuenta ese dato, se deben cumplir las siguientes condiciones:

Intensidad máxima entrada inversor	
$I_{mppt}$ (A) en STC	13,04
$I_{sc}$ (A) en STC	13,92
Intensidad entrada máxima inversor (A)	30
Número máximo strings	2,15

Tabla 19. Número máximo de ramas en paralelo

Por lo tanto, el número máximo de strings que se pueden conectar por MPPT en el inversor para no superar la intensidad máxima de entrada del mismo es de 2 strings.

## 3. Cálculo de la instalación eléctrica de baja tensión

### 3.1. Objeto

En este apartado se definen los criterios de diseño para el dimensionamiento del cableado y protecciones de baja tensión de la Planta fotovoltaica.

### 3.2. Criterios de diseño

A continuación, se exponen los distintos criterios de diseño considerados para el diseño eléctrico de la planta fotovoltaica.

- El factor de carga de los circuitos según las condiciones de instalación no será superior al 95%.
- La caída máxima de tensión considerada para los circuitos de baja tensión será del 1,5 % en corriente continua y 1,5% en corriente alterna. La pérdida de potencia máxima será igualmente de 1,5 %.
- La temperatura ambiente considerada para el diseño será de 40 °C.
- La temperatura del terreno considerada para el diseño será de 20 °C.
- La resistividad del terreno considerada para el diseño será de 1,00 k\*m/W, la cual se actualizará al realizar estudio geotécnico.
- La resistividad eléctrica del terreno se ha considerado en 200 Ω\*m para la capa superficial a una profundidad de 0,80 m.
- La cantidad de circuitos agrupados dependerá del tramo en cuestión.
- Para las canalizaciones enterradas entubadas de baja tensión se considera que la sección del tubo es al menos 4 veces la sección ocupada por los conductores.

### 3.3. Cableado de baja tensión

El cableado de baja tensión en corriente continua engloba:

- Circuitos en corriente continua desde los strings hasta el inversor (circuitos string).
- Circuitos en corriente alterna desde los inversores hasta el centro de transformación.

#### 3.3.1. Circuito strings – inversor

Los circuitos string agrupan módulos en serie cada uno. A continuación, se reflejan las características técnicas de los módulos y strings:

Características del Módulo Fotovoltaico	
Potencia (Wp)	545 W
Tensión en el Punto de Máxima Potencia (V <sub>MPP</sub> )	41,80
Intensidad en el Punto de máxima Potencia (I <sub>MPP</sub> )	13,04

Características del Módulo Fotovoltaico	
Tensión de Circuito Abierto ( $V_{oc}$ )	49,65
Intensidad de Cortocircuito ( $I_{sc}$ )	13,92
Eficiencia, $\eta$ (%)	21,1 %

Tabla 20. Datos técnicos de los módulos (STC)

String módulos	
Módulos por string	26
Potencia máxima (kWp)	14,69 kWp
Tensión a máxima potencia (V)	1.193,31 V
Intensidad a máxima potencia (A)	13,04 A
Tensión a circuito abierto (V)	1.417,41 V
Intensidad de cortocircuito (A)	13,92 A

Tabla 21. Datos eléctricos del string

### 3.3.2. Circuito inversor – centro de transformación

Los strings se conectan en los inversores, desde los cuales se traza un circuito que conecta con la estación de potencia.

Existen distintos tipos de agrupaciones en los inversores, cuyas características se muestran en la siguiente tabla:

Estación de potencia	Inversor nº	Nº strings	Nº módulos	Potencia pico (kWp)
EP1	1	18	468	255,06
	2	18	468	255,06
	3	18	468	255,06
	4	18	468	255,06
	5	18	468	255,06
	6	18	468	255,06
	7	18	468	255,06
	8	18	468	255,06
	9	18	468	255,06
	10	18	468	255,06
	11	18	468	255,06
	12	18	468	255,06
	13	17	442	240,89
	14	17	442	240,89
EP2	1	18	468	255,06
	2	18	468	255,06
	3	18	468	255,06
	4	18	468	255,06
	5	18	468	255,06
	6	18	468	255,06
	7	18	468	255,06
	8	17	442	240,89
	9	17	442	240,89
	10	17	442	240,89
	11	17	442	240,89
<b>Total</b>	<b>25,00</b>	<b>444,00</b>	<b>11.544,00</b>	<b>6.291,48</b>

Tabla 22. Configuración planta fotovoltaica

### 3.4. Condiciones de la instalación

Para el cálculo de la instalación eléctrica de baja tensión se han considerado las condiciones:

- Temperatura del terreno: 20°C
- Resistividad media del terreno: 1,50 K·m/W
- Profundidad de enterramiento: 0,5 m – 1,0 m
- Agrupación de circuitos:
  - Circuitos string – inversor (BT – CC): máximo 9 circuitos de cobre unipolares en contacto en un mismo tubo.

- Circuito inversor – estación de potencia: de 1 a 14 circuitos de aluminio unipolares directamente enterrados en 2 niveles, en configuración plana, con una separación de 0,2 m entre circuitos tanto vertical como horizontal.

Notas:

- Dado que no se ha llevado a cabo un estudio geotécnico para analizar las características del suelo, se considera una resistividad térmica del suelo de 1,50 K·m/W según la UNE 21144-3-1.
- Cuando el trazado de los cables cruce caminos, éstos irán siempre entubados.

### 3.5. Metodología de cálculo

El cálculo de las secciones y tipo de conductores se realizará mediante la aplicación de dos criterios diferentes:

- Densidad de corriente.
- Caída de tensión.

Para la comprobación de cada uno de estos criterios será necesario conocer previamente los siguientes datos para cada circuito:

- Intensidad nominal de diseño.
- Longitud de la línea.
- Intensidad de cortocircuito.
- Caída de tensión máxima admisible.
- Intensidad máxima admisible para cada conductor.
- Nivel de aislamiento requerido al conductor.

#### 3.5.1. Cálculo por densidad de corriente

Para el dimensionado del cableado conforme al criterio de densidad de corriente, en todo momento se debe cumplir que:

$$I_b < I_z$$

Donde:

- $I_z$  es la corriente admisible por el conductor en las condiciones de instalación
- $I_b$  es la corriente que transporta el conductor (intensidad nominal de diseño).

El factor de mayoración de intensidad no se encuentra regulado en ninguna normativa española. El REBT en el ITC-BT-40 establece el factor en un valor de 1,25

pero este no fue pensado para este tipo de instalaciones. De igual forma, se va a utilizar este valor para mayorar la intensidad en este criterio.

$$I_b = 1,25 \cdot I_{sc}$$

Por otro lado, la intensidad admisible por el conductor en las condiciones de instalación se obtiene a través de la siguiente expresión:

$$I_z = I_o \cdot K$$

Donde:

- $I_z$  es la corriente admisible por el conductor en las condiciones de instalación.
- $I_o$  es la corriente nominal admisible del conductor.
- $K$ : Factor de corrección en función de las condiciones de la instalación.

Nota: el factor de corrección será el resultado del producto de varios factores de corrección referentes a la temperatura, agrupación de circuitos, resistividad térmica del terreno, etc. Los factores de corrección para las distintas condiciones, así como la corriente nominal de los conductores están recogidos en la norma UNE-HD 60364-5-52:2011.

#### 3.5.1.1. Factores de corrección circuito strings – inversores

Para este caso, la instalación será enterrada. Según la Tabla B.52.1 de esta norma UNE-HD 60364-5-52:2011, la denominación del tipo de instalación es D1. Los factores correctores serán:

- Temperatura del terreno: según la Tabla B.52.15 de norma UNE-HD 60364-5-52:2011, se considera que la temperatura del terreno será de 20°.por tanto será igual a 1,00 ( $k_1 = 1,00$ ).

Temperatura del terreno °C	Aislamiento	
	PVC	XLPE y EPR
10	1,10	1,07
15	1,05	1,04
20	1,00	1,00
25	0,95	0,96
30	0,89	0,93
35	0,84	0,89
40	0,77	0,85
45	0,71	0,80
50	0,63	0,76
55	0,55	0,71
60	0,45	0,65
65	–	0,60
70	–	0,53
75	–	0,46
80	–	0,38

Tabla 23. Factor de corrección para temperatura de 20°C. Tabla B.52.15 de norma UNE-HD 60364-5-52:2011

- **Resistividad térmica del terreno:** dado que se desconoce el valor de resistividad térmica del terreno, se supone una resistividad térmica del terreno, de 1,50 Km/W ( $k_2=1,1$ ), según la tabla b.52.16 de la norma UNE-HD 60364-5-52:2011.

Resistividad térmica K·m/W	0,5	0,7	1	1,5	2	2,5	3
Factor de corrección para cables en conductos enterrados	1,28	1,20	1,18	1,1	1,05	1	0,96
Factor de corrección para cables enterrados directamente	1,88	1,62	1,5	1,28	1,12	1	0,90

NOTA 1 Los factores de corrección dados están promediados para los rangos de dimensiones de conductores y los tipos de instalación de las tablas B.52.2 a B.52.5. La precisión global de los factores de corrección es de  $\pm 5\%$ .

NOTA 2 Los factores de corrección se aplican a los cables en conductos enterrados; para cables tendidos directamente en el terreno los factores de corrección para resistividades térmicas inferiores a 2,5 K·m/W serán más elevados. Si se necesitan valores más precisos, pueden calcularse por medio de los métodos dados en la Norma IEC 60287.

NOTA 3 Los factores de corrección se aplican a los conductos enterrados hasta una profundidad de 0,8 m.


NOTA 4 Se asume que las propiedades del terreno son uniformes. No se ha contemplado la posibilidad de la migración de humedad que puede comportar la existencia de una región de alta resistividad térmica alrededor del cable. Si se prevé el secado parcial del terreno, la corriente admisible debería determinarse a partir de los métodos especificados en la Norma IEC 60287.

Tabla 24. Factor de corrección para resistividad térmica del terreno. Tabla B.52.16 norma UNE-HD 60364-5-52:2011


- **Agrupación de circuitos:** según la Tabla B.52.19-B de la norma UNE-HD 60364-5-52:2011, se tiene que, para una configuración de nueve (9) circuitos en contacto, el factor de corrección es de 0,47 ( $k_3 = 0,47$ ).

B) Cables unipolares en conductos individuales no magnéticos				
Número de circuitos unipolares de dos o tres cables	Distancia entre conductos <sup>b</sup>			
	Nula (conductos en contacto)	0,25 m	0,5 m	1,0 m
2	0,80	0,90	0,90	0,95
3	0,70	0,80	0,85	0,90
4	0,65	0,75	0,80	0,90
5	0,60	0,70	0,80	0,90
6	0,60	0,70	0,80	0,90
7	0,53	0,66	0,76	0,87
8	0,50	0,63	0,74	0,87
9	0,47	0,61	0,73	0,86
10	0,45	0,59	0,72	0,85
11	0,43	0,57	0,70	0,85
12	0,41	0,56	0,69	0,84
13	0,39	0,54	0,68	0,84
14	0,37	0,53	0,68	0,83
15	0,35	0,52	0,67	0,83
16	0,34	0,51	0,66	0,83
17	0,33	0,50	0,65	0,82
18	0,31	0,49	0,65	0,82
19	0,30	0,48	0,64	0,82
20	0,29	0,47	0,63	0,81

<sup>a</sup> Cables multipolares



<sup>b</sup> Cables unipolares



NOTA 1 Los valores indicados se aplican para una profundidad de instalación de 0,7 m y una resistividad térmica del terreno de 2,5 K·m/W. Estos valores están promediados para las dimensiones de los cables y los tipos de las tablas B.52.2 a B.52.5. Los valores medios, redondeados, pueden comportar un error de hasta el ±10% en ciertos casos. Si son necesarios valores más precisos, pueden calcularse por los métodos de la serie de Normas IEC 60287.

NOTA 2 En caso de una resistividad térmica menor que 2,5 K·m/W los factores de corrección en general se pueden incrementar y se pueden calcular con los métodos indicados en la Norma IEC 60287-2-1.

NOTA 3 Si un circuito consta de n conductores paralelos por fase, para determinar el factor de reducción, este circuito debería considerarse como n circuitos.

Tabla 25. Factor de corrección por agrupación de circuitos. Tabla b.52.19-B de la norma UNE-HD 60364-5-52:2011

### 3.5.1.2. Factores de corrección circuito inversor – estación de potencia

Para este caso, la instalación será enterrada. Según la Tabla B.52.1 de esta norma UNE-HD 60364-5-52:2011, la denominación del tipo de instalación es D2. Los factores correctores serán:



- **Temperatura del terreno:** según la Tabla B.52.15 de norma UNE-HD 60364-5-52:2011, se considera que la temperatura del terreno será de 20°. por tanto será igual a 1,00 ( $k_1 = 1,00$ ).

Temperatura del terreno °C	Aislamiento	
	PVC	XLPE y EPR
10	1,10	1,07
15	1,05	1,04
20	1,00	1,00
25	0,95	0,96
30	0,89	0,93
35	0,84	0,89
40	0,77	0,85
45	0,71	0,80
50	0,63	0,76
55	0,55	0,71
60	0,45	0,65
65	—	0,60
70	—	0,53
75	—	0,46
80	—	0,38

Tabla 26. Factor de corrección para temperatura de 20°C. Tabla B.52.15 de norma UNE-HD 60364-5-52:2011

- **Resistividad térmica del terreno:** dado que se desconoce el valor de resistividad térmica del terreno, se supone una resistividad térmica del terreno, de 1,50 Km/W ( $k_2=1,28$ ), según la tabla b.52.16 de la norma UNE-HD 60364-5-52:2011.


Resistividad térmica K·m/W	0,5	0,7	1	1,5	2	2,5	3
Factor de corrección para cables en conductos enterrados	1,28	1,20	1,18	1,1	1,05	1	0,96
Factor de corrección para cables enterrados directamente	1,88	1,62	1,5	1,28	1,12	1	0,90
<p>NOTA 1 Los factores de corrección dados están promediados para los rangos de dimensiones de conductores y los tipos de instalación de las tablas B 52.2 a B 52.5. La precisión global de los factores de corrección es de ±5%.</p> <p>NOTA 2 Los factores de corrección se aplican a los cables en conductos enterrados; para cables tendidos directamente en el terreno los factores de corrección para resistividades térmicas inferiores a 2,5 K·m/W serán más elevados. Si se necesitan valores más precisos, pueden calcularse por medio de los métodos dados en la Norma IEC 60287.</p> <p>NOTA 3 Los factores de corrección se aplican a los conductos enterrados hasta una profundidad de 0,8 m.</p> <p>NOTA 4 Se asume que las propiedades del terreno son uniformes. No se ha contemplado la posibilidad de la migración de humedad que puede comportar la existencia de una región de alta resistividad térmica alrededor del cable. Si se prevé el secado parcial del terreno, la corriente admisible debería determinarse a partir de los métodos especificados en la Norma IEC 60287.</p>							

Tabla 27. Factor de corrección para resistividad térmica del terreno. Tabla B.52.16 norma UNE-HD 60364-5-52:2011


- Agrupación de circuitos: según la Tabla B.52.18 de la norma UNE-HD 60364-5-52:2011, se tiene que, para una configuración de catorce (14) circuitos a una distancia de 0,25 m, el factor de corrección es de 0,56 ( $k_3 = 0,56$ ).

Número de circuitos	Distancia entre cables *				
	Nula (cables en contacto)	Un diámetro de cable	0,125 m	0,25 m	0,5 m
2	0,75	0,80	0,85	0,90	0,90
3	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85
4	0,60	0,60	0,70	0,75	0,80
5	0,55	0,55	0,65	0,70	0,80
6	0,50	0,55	0,60	0,70	0,80
7	0,45	0,51	0,59	0,67	0,76
8	0,43	0,48	0,57	0,65	0,75
9	0,41	0,46	0,55	0,63	0,74
12	0,36	0,42	0,51	0,59	0,71
16	0,32	0,38	0,47	0,56	0,68
20	0,29	0,35	0,44	0,53	0,66

\* Cables multipolares



\* Cables unipolares



NOTA 1 Los valores indicados se aplican para una profundidad de instalación de 0,7 m y una resistividad térmica del terreno de 2,5 K·m/W. Estos valores están promediados para las dimensiones de los cables y los tipos de las tablas B.52.2 a B.52.5. Los valores medios, redondeados, pueden comportar un error de hasta el ±10% en ciertos casos. (Si son necesarios valores más precisos, pueden calcularse por los métodos de la Norma IEC 60287-2-1).

NOTA 2 En caso de una resistividad térmica menor que 2,5 K·m/W los factores de corrección en general se pueden incrementar y se pueden calcular con los métodos indicados en la Norma IEC 60287-2-1.

NOTA 3 Si un circuito consta de  $m$  conductores paralelos por fase, para determinar el factor de reducción, este circuito debería considerarse como  $m$  circuitos.

Tabla 28. Factor de corrección por agrupación de circuitos. Tabla B.52.18 de la norma UNE-HD 60364-5-52:2011

### 3.5.2. Cálculo por caída de tensión

Para el cálculo de la caída de tensión entre fases se aplica la expresión:

Parámetros	Circuitos Monofásicos	Circuitos Trifásicos
$\Delta V$	$\Delta V = I \cdot L \cdot (R \cdot \cos\varphi + X \cdot \sin\varphi)$	$\Delta V = \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot (R \cdot \cos\varphi + X \cdot \sin\varphi)$

Tabla 5. Fórmulas para cálculo de caída de tensión

Donde:

- $\Delta V$  es la caída de tensión (V)

- $I$  es la intensidad circulante (A)
- $L$  es la longitud del conductor (m)
- $R$  es la resistencia por metro de conductor ( $\Omega/m$ )
- $X$  es la reactancia por metro de conductor ( $\Omega/m$ )
- $\cos\varphi$  es el factor de potencia

### 3.6. Sistema de protecciones

Se debe disponer de un sistema de protecciones bien diseñado y adecuadamente coordinado para asegurar que el sistema eléctrico de potencia opere dentro de los requerimientos y parámetros previstos.

#### 3.6.1. Protección contra sobrecorrientes

La protección contra sobrecorrientes se realizará mediante fusibles y deberá cumplir los establecido en la ITC-BT-22 del REBT y en la norma UNE-EN 60269-6.

Las condiciones que deben cumplir los fusibles son las siguientes:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

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

Siendo:

- $I_b$ : Corriente de diseño ( $I_b = 1,25 \cdot I_{sc}$ ) [A]
- $I_n$ : Corriente nominal del fusible [A]
- $I_z$ : Corriente admisible por el conductor [A]
- $I_{sc}$ : Corriente de cortocircuito [A]

Cada circuito de string estará protegido mediante un fusible de intensidad asignada 20 A, curva gPV de 1500 V y 16 kA de poder de corte, que como se puede comprobar, cumple las condiciones anteriormente dispuestas:

$$1,25 \cdot 14,37 \leq 20 \leq I_z [A]$$

$$1,45 \cdot 20 \leq 1,45 \cdot I_z [A]$$

Además de las protecciones indicadas, el inversor lleva incluidas sus propias protecciones mediante fusibles y seccionadores en la entrada de CC, e interruptor automático en el lado de CA, como indica el fabricante en la hoja de datos.

### 3.6.2. Protección Contra sobretensiones

Además de la protección contra sobrecorrientes, los circuitos estarán protegidos contra sobretensiones mediante descargadores de sobretensión que deben cumplir con los requisitos establecidos en la UNE-EN 61643-11.

Los descargadores de sobretensión serán de tipo I+II, con  $U_n=1.500$  V y estarán instalados en las cajas de agrupación de strings.

Además, el inversor está equipado con un descargador de sobretensiones tanto en el lado de CC como en el lado de CA.

### 3.7. Corriente de cortocircuito

La norma IEC-60685 introduce la siguiente expresión para el cálculo de la sección de cable de acuerdo a la corriente de cortocircuito:

$$I_{cc}^2 \cdot t_{cc} = k^2 \cdot S^2 \cdot \ln \left( \frac{\theta_f + \beta}{\theta_i + \beta} \right)$$

Donde:

- $I_{cc}$  es la corriente de cortocircuito (A)
- $t_{cc}$  es la duración del cortocircuito (s)
- $S$  es la sección del conductor ( $\text{mm}^2$ )
- $\beta$  es la inversa del coeficiente de variación de la resistencia con la temperatura
- $\theta_f$  es la temperatura final del cortocircuito ( $^{\circ}\text{C}$ )
- $\theta_i$  es la temperatura inicial del cortocircuito ( $^{\circ}\text{C}$ )
- $k$  es una constante dependiente del material conductor

Las constantes de la formulación anterior son:

Material	k	$\beta$
Cobre	226	234,5
Aluminio	148	228

Tabla 7. Constantes dependientes del material

Aislamiento	$\theta_i$	$\theta_f$
PVC	70	160
XLPE/EPR	90	250

Tabla 8. Constantes dependientes del aislamiento

Teniendo en cuenta estos valores, la expresión se puede simplificar a:

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

Siendo  $K$ :

Material y Aislamiento	$K$
Cobre y PVC	115
Aluminio y PVC	74
Cobre y XLPE/EPR	143
Aluminio y XLPE/EPR	92

Tabla 9. Valor de la constante  $K$

### 3.8. Pérdida de potencia

Las pérdidas de potencia por efecto Joule vienen dadas por la expresión:

$$P_p = \frac{P^2 \cdot L \cdot R_{90}}{U^2 \cdot N \cdot (\cos\phi)^2}$$

Donde:

- $P$  [W]: Potencia activa máxima a transportar
- $L$  [m]: Longitud del circuito
- $U$  [V]: Tensión de la línea
- $R_{90}$  [ $\Omega$ /m]: Resistencia del conductor a 90 °C
- $\cos\phi$  = Factor de potencia
- $N$ : Número de cables por fase

Así, en porcentaje, se tiene:

$$P_{p\ TOTAL}(\%) = \frac{P_p}{P} = \frac{W}{W} = \%$$

### 3.9. Resultados de cálculo

En el *Anexo I. Cálculo de circuitos de Baja Tensión* se reflejan tabulados los resultados del cálculo de los cables de baja tensión en corriente continua y alterna.

Córdoba, Marzo de 2024

El Ingeniero Técnico Superior

El Ingeniero Industrial

## Anexo III: Cálculo de circuitos BT

### 1. Circuitos string – inversor

Circuito string - inversor (BT-CC)																			
String X-Y-Z X: inversor Y: caja conexión Z: string	Longitud (m)	Cable	Nº conductores polo	Imp (A)	Isc (A)	Ib (A)	V (V)	P (W)	k1	k2	k3	S (mm2)	Io (A)	Iz (A)	Ib/Iz (%)	ΔV (V)	ΔV (%)	Criterio térmico	Criterio ΔV
String 1-1-1	43,70	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	3,27	0,31	OK	OK
String 1-1-2	43,70	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	3,27	0,31	OK	OK
String 1-1-3	73,16	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	5,47	0,51	OK	OK
String 1-1-4	102,39	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	7,66	0,72	OK	OK
String 1-1-5	73,16	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	5,47	0,51	OK	OK
String 1-1-6	102,39	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	7,66	0,72	OK	OK
String 1-1-7	91,70	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	6,86	0,64	OK	OK
String 1-1-8	120,78	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	9,03	0,85	OK	OK
String 1-1-9	91,70	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	6,86	0,64	OK	OK
String 1-1-10	120,78	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	9,03	0,85	OK	OK
String 1-1-11	33,40	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	2,50	0,23	OK	OK
String 1-1-12	62,63	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	4,68	0,44	OK	OK
String 1-1-13	33,40	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	2,50	0,23	OK	OK
String 1-1-14	62,63	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	4,68	0,44	OK	OK
String 1-1-15	3,94	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	0,29	0,03	OK	OK
String 1-1-16	3,94	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	0,29	0,03	OK	OK
String 1-1-17	143,06	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	10,70	1,00	OK	OK
String 1-1-18	143,06	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	10,70	1,00	OK	OK
String 1-2-1	97,25	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	7,27	0,68	OK	OK
String 1-2-2	97,25	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	7,27	0,68	OK	OK
String 1-2-3	126,33	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	9,45	0,88	OK	OK
String 1-2-4	126,33	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	9,45	0,88	OK	OK
String 1-2-5	38,56	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	2,88	0,27	OK	OK
String 1-2-6	38,56	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	2,88	0,27	OK	OK
String 1-2-7	68,02	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	5,09	0,48	OK	OK
String 1-2-8	68,02	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	5,09	0,48	OK	OK
String 1-2-9	33,10	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	2,48	0,23	OK	OK
String 1-2-10	33,10	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	2,48	0,23	OK	OK
String 1-2-11	62,11	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	4,64	0,43	OK	OK
String 1-2-12	91,34	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	6,83	0,64	OK	OK
String 1-2-13	62,11	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	4,64	0,43	OK	OK
String 1-2-14	91,34	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	6,83	0,64	OK	OK
String 1-2-15	120,42	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	9,01	0,84	OK	OK



String 1-2-16	149,47	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	11,18	1,05	OK	OK
String 1-2-17	120,42	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	9,01	0,84	OK	OK
String 1-2-18	149,47	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	11,18	1,05	OK	OK
String 1-3-1	23,95	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	1,79	0,17	OK	OK
String 1-3-2	23,95	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	1,79	0,17	OK	OK
String 1-3-3	3,94	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	0,29	0,03	OK	OK
String 1-3-4	3,94	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	0,29	0,03	OK	OK
String 1-3-5	33,13	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	2,48	0,23	OK	OK
String 1-3-6	33,13	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	2,48	0,23	OK	OK
String 1-3-7	62,17	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	4,65	0,44	OK	OK
String 1-3-8	91,40	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	6,84	0,64	OK	OK
String 1-3-9	62,17	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	4,65	0,44	OK	OK
String 1-3-10	91,40	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	6	67	34,639	50,23	4,56	0,43	OK	OK
String 1-3-11	214,08	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	6	67	34,639	50,23	10,67	1,00	OK	OK
String 1-3-12	214,08	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	16,01	1,50	OK	OK
String 1-3-13	184,93	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	13,83	1,30	OK	OK
String 1-3-14	184,93	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	13,83	1,30	OK	OK
String 1-3-15	126,64	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	9,47	0,89	OK	OK
String 1-3-16	155,86	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	11,66	1,09	OK	OK
String 1-3-17	126,64	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	9,47	0,89	OK	OK
String 1-3-18	155,86	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	11,66	1,09	OK	OK
String 1-4-1	23,08	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	1,73	0,16	OK	OK
String 1-4-2	23,08	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	1,73	0,16	OK	OK
String 1-4-3	52,47	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	3,92	0,37	OK	OK
String 1-4-4	81,67	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	6,11	0,57	OK	OK
String 1-4-5	52,47	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	3,92	0,37	OK	OK
String 1-4-6	81,67	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	6,11	0,57	OK	OK
String 1-4-7	120,87	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	9,04	0,85	OK	OK
String 1-4-8	120,87	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	9,04	0,85	OK	OK
String 1-4-9	149,90	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	11,21	1,05	OK	OK
String 1-4-10	179,10	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	13,39	1,25	OK	OK
String 1-4-11	149,90	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	11,21	1,05	OK	OK
String 1-4-12	179,10	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	13,39	1,25	OK	OK
String 1-4-13	91,69	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	6,86	0,64	OK	OK
String 1-4-14	91,69	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	6,86	0,64	OK	OK
String 1-4-15	33,41	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	2,50	0,23	OK	OK
String 1-4-16	62,62	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	4,68	0,44	OK	OK
String 1-4-17	33,41	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	2,50	0,23	OK	OK
String 1-4-18	62,62	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	4,68	0,44	OK	OK
String 1-5-1	21,95	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	1,64	0,15	OK	OK
String 1-5-2	21,95	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	1,64	0,15	OK	OK
String 1-5-3	3,94	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	0,29	0,03	OK	OK
String 1-5-4	3,94	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	0,29	0,03	OK	OK

String 1-5-5	33,46	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	2,50	0,23	OK	OK
String 1-5-6	62,68	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	4,69	0,44	OK	OK
String 1-5-7	33,46	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	2,50	0,23	OK	OK
String 1-5-8	62,68	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	4,69	0,44	OK	OK
String 1-5-9	91,74	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	6,86	0,64	OK	OK
String 1-5-10	120,85	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	9,04	0,85	OK	OK
String 1-5-11	91,74	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	6,86	0,64	OK	OK
String 1-5-12	120,85	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	9,04	0,85	OK	OK
String 1-5-13	149,82	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	11,20	1,05	OK	OK
String 1-5-14	179,05	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	13,39	1,25	OK	OK
String 1-5-15	149,82	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	11,20	1,05	OK	OK
String 1-5-16	179,05	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	13,39	1,25	OK	OK
String 1-5-17	196,60	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	14,70	1,38	OK	OK
String 1-5-18	196,60	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	14,70	1,38	OK	OK
String 1-6-1	196,51	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	14,70	1,38	OK	OK
String 1-6-2	196,51	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	14,70	1,38	OK	OK
String 1-6-3	50,66	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	3,79	0,35	OK	OK
String 1-6-4	50,66	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	3,79	0,35	OK	OK
String 1-6-5	80,18	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	6,00	0,56	OK	OK
String 1-6-6	109,40	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	8,18	0,77	OK	OK
String 1-6-7	80,18	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	6,00	0,56	OK	OK
String 1-6-8	109,40	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	8,18	0,77	OK	OK
String 1-6-9	138,46	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	10,35	0,97	OK	OK
String 1-6-10	167,56	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	12,53	1,17	OK	OK
String 1-6-11	138,46	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	10,35	0,97	OK	OK
String 1-6-12	167,56	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	12,53	1,17	OK	OK
String 1-6-13	33,16	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	2,48	0,23	OK	OK
String 1-6-14	33,16	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	2,48	0,23	OK	OK
String 1-6-15	62,22	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	4,65	0,44	OK	OK
String 1-6-16	91,36	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	6,83	0,64	OK	OK
String 1-6-17	62,22	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	4,65	0,44	OK	OK
String 1-6-18	91,36	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	6,83	0,64	OK	OK
String 1-7-1	91,21	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	6,82	0,64	OK	OK
String 1-7-2	91,21	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	6,82	0,64	OK	OK
String 1-7-3	49,08	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	3,67	0,34	OK	OK
String 1-7-4	49,08	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	3,67	0,34	OK	OK
String 1-7-5	78,55	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	5,87	0,55	OK	OK
String 1-7-6	78,55	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	5,87	0,55	OK	OK
String 1-7-7	107,74	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	8,06	0,75	OK	OK
String 1-7-8	107,74	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	8,06	0,75	OK	OK
String 1-7-9	136,79	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	10,23	0,96	OK	OK
String 1-7-10	136,79	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	10,23	0,96	OK	OK
String 1-7-11	3,94	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	0,29	0,03	OK	OK

String 1-7-12	3,94	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	0,29	0,03	OK	OK
String 1-7-13	33,15	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	2,48	0,23	OK	OK
String 1-7-14	33,15	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	2,48	0,23	OK	OK
String 1-7-15	87,64	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	6,55	0,61	OK	OK
String 1-7-16	87,64	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	6,55	0,61	OK	OK
String 1-7-17	48,99	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	3,66	0,34	OK	OK
String 1-7-18	48,99	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	3,66	0,34	OK	OK
String 1-8-1	33,18	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	2,48	0,23	OK	OK
String 1-8-2	33,18	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	2,48	0,23	OK	OK
String 1-8-3	53,07	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	3,97	0,37	OK	OK
String 1-8-4	23,85	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	1,78	0,17	OK	OK
String 1-8-5	53,07	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	3,97	0,37	OK	OK
String 1-8-6	23,85	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	1,78	0,17	OK	OK
String 1-8-7	44,81	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	3,35	0,31	OK	OK
String 1-8-8	44,81	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	3,35	0,31	OK	OK
String 1-8-9	3,95	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	0,30	0,03	OK	OK
String 1-8-10	3,95	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	0,30	0,03	OK	OK
String 1-8-11	112,62	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	8,42	0,79	OK	OK
String 1-8-12	112,62	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	8,42	0,79	OK	OK
String 1-8-13	83,45	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	6,24	0,58	OK	OK
String 1-8-14	83,45	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	6,24	0,58	OK	OK
String 1-8-15	54,37	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	4,07	0,38	OK	OK
String 1-8-16	25,13	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	1,88	0,18	OK	OK
String 1-8-17	54,37	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	4,07	0,38	OK	OK
String 1-8-18	25,13	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	1,88	0,18	OK	OK
String 1-9-1	112,15	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	8,39	0,79	OK	OK
String 1-9-2	83,02	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	6,21	0,58	OK	OK
String 1-9-3	112,15	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	8,39	0,79	OK	OK
String 1-9-4	83,02	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	6,21	0,58	OK	OK
String 1-9-5	53,94	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	4,03	0,38	OK	OK
String 1-9-6	24,71	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	1,85	0,17	OK	OK
String 1-9-7	53,94	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	4,03	0,38	OK	OK
String 1-9-8	24,71	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	1,85	0,17	OK	OK
String 1-9-9	120,30	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	9,00	0,84	OK	OK
String 1-9-10	120,30	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	9,00	0,84	OK	OK
String 1-9-11	91,32	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	6,83	0,64	OK	OK
String 1-9-12	62,20	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	4,65	0,44	OK	OK
String 1-9-13	91,32	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	6,83	0,64	OK	OK
String 1-9-14	62,20	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	4,65	0,44	OK	OK
String 1-9-15	33,15	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	2,48	0,23	OK	OK
String 1-9-16	33,15	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	2,48	0,23	OK	OK
String 1-9-17	3,94	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	0,29	0,03	OK	OK
String 1-9-18	3,94	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	0,29	0,03	OK	OK

String 1-10-1	91,24	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	6,82	0,64	OK	OK
String 1-10-2	62,07	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	4,64	0,43	OK	OK
String 1-10-3	91,24	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	6,82	0,64	OK	OK
String 1-10-4	62,07	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	4,64	0,43	OK	OK
String 1-10-5	3,94	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	0,29	0,03	OK	OK
String 1-10-6	33,08	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	2,47	0,23	OK	OK
String 1-10-7	33,08	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	2,47	0,23	OK	OK
String 1-10-8	3,94	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	0,29	0,03	OK	OK
String 1-10-9	111,22	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	8,32	0,78	OK	OK
String 1-10-10	82,12	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	6,14	0,58	OK	OK
String 1-10-11	111,22	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	8,32	0,78	OK	OK
String 1-10-12	82,12	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	6,14	0,58	OK	OK
String 1-10-13	53,12	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	3,97	0,37	OK	OK
String 1-10-14	23,97	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	1,79	0,17	OK	OK
String 1-10-15	53,12	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	3,97	0,37	OK	OK
String 1-10-16	23,97	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	1,79	0,17	OK	OK
String 1-10-17	109,75	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	8,21	0,77	OK	OK
String 1-10-18	109,75	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	8,21	0,77	OK	OK
String 1-11-1	62,15	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	4,65	0,44	OK	OK
String 1-11-2	62,15	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	4,65	0,44	OK	OK
String 1-11-3	33,12	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	2,48	0,23	OK	OK
String 1-11-4	3,94	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	0,29	0,03	OK	OK
String 1-11-5	33,12	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	2,48	0,23	OK	OK
String 1-11-6	3,94	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	0,29	0,03	OK	OK
String 1-11-7	82,18	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	6,15	0,58	OK	OK
String 1-11-8	82,18	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	6,15	0,58	OK	OK
String 1-11-9	53,17	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	3,98	0,37	OK	OK
String 1-11-10	24,02	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	1,80	0,17	OK	OK
String 1-11-11	53,17	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	3,98	0,37	OK	OK
String 1-11-12	24,02	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	1,80	0,17	OK	OK
String 1-11-13	91,37	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	6,83	0,64	OK	OK
String 1-11-14	91,37	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	6,83	0,64	OK	OK
String 1-11-15	166,42	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	12,45	1,17	OK	OK
String 1-11-16	137,19	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	10,26	0,96	OK	OK
String 1-11-17	166,42	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	12,45	1,17	OK	OK
String 1-11-18	137,19	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	10,26	0,96	OK	OK
String 1-12-1	91,49	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	6,84	0,64	OK	OK
String 1-12-2	62,26	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	4,66	0,44	OK	OK
String 1-12-3	91,49	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	6,84	0,64	OK	OK
String 1-12-4	62,26	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	4,66	0,44	OK	OK
String 1-12-5	33,18	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	2,48	0,23	OK	OK
String 1-12-6	3,95	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	0,30	0,03	OK	OK
String 1-12-7	33,18	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	2,48	0,23	OK	OK

String 1-12-8	3,95	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	0,30	0,03	OK	OK
String 1-12-9	108,31	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	8,10	0,76	OK	OK
String 1-12-10	79,08	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	5,91	0,55	OK	OK
String 1-12-11	108,31	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	8,10	0,76	OK	OK
String 1-12-12	79,08	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	5,91	0,55	OK	OK
String 1-12-13	50,02	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	3,74	0,35	OK	OK
String 1-12-14	20,81	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	1,56	0,15	OK	OK
String 1-12-15	50,02	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	3,74	0,35	OK	OK
String 1-12-16	20,81	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	1,56	0,15	OK	OK
String 1-12-17	146,01	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	10,92	1,02	OK	OK
String 1-12-18	146,01	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	10,92	1,02	OK	OK
String 1-13-1	137,69	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	10,30	0,96	OK	OK
String 1-13-2	137,69	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	10,30	0,96	OK	OK
String 1-13-3	108,61	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	8,12	0,76	OK	OK
String 1-13-4	79,38	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	5,94	0,56	OK	OK
String 1-13-5	108,61	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	8,12	0,76	OK	OK
String 1-13-6	79,38	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	5,94	0,56	OK	OK
String 1-13-7	50,29	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	3,76	0,35	OK	OK
String 1-13-8	21,06	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	1,57	0,15	OK	OK
String 1-13-9	50,29	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	3,76	0,35	OK	OK
String 1-13-10	21,06	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	1,57	0,15	OK	OK
String 1-13-11	175,23	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	13,10	1,23	OK	OK
String 1-13-12	175,23	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	13,10	1,23	OK	OK
String 1-13-13	146,00	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	10,92	1,02	OK	OK
String 1-13-14	146,00	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	10,92	1,02	OK	OK
String 1-13-15	91,49	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	6,84	0,64	OK	OK
String 1-13-16	91,49	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	6,84	0,64	OK	OK
String 1-13-17	62,27	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	4,66	0,44	OK	OK
String 1-14-1	84,68	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	6,33	0,59	OK	OK
String 1-14-2	149,78	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	11,20	1,05	OK	OK
String 1-14-3	120,55	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	9,02	0,84	OK	OK
String 1-14-4	149,78	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	11,20	1,05	OK	OK
String 1-14-5	120,55	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	9,02	0,84	OK	OK
String 1-14-6	91,48	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	6,84	0,64	OK	OK
String 1-14-7	62,27	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	4,66	0,44	OK	OK
String 1-14-8	91,48	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	6,84	0,64	OK	OK
String 1-14-9	62,27	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	4,66	0,44	OK	OK
String 1-14-10	33,18	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	2,48	0,23	OK	OK
String 1-14-11	3,95	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	0,30	0,03	OK	OK
String 1-14-12	33,18	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	2,48	0,23	OK	OK
String 1-14-13	3,95	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	0,30	0,03	OK	OK
String 1-14-14	26,36	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	1,97	0,18	OK	OK
String 1-14-15	55,60	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	4,16	0,39	OK	OK

String 1-14-16	26,36	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	1,97	0,18	OK	OK
String 1-14-17	55,60	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	4,16	0,39	OK	OK
String 2-1-1	16,57	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	1,24	0,12	OK	OK
String 2-1-2	16,57	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	1,24	0,12	OK	OK
String 2-1-3	46,13	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	3,45	0,32	OK	OK
String 2-1-4	75,31	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	5,63	0,53	OK	OK
String 2-1-5	46,13	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	3,45	0,32	OK	OK
String 2-1-6	75,31	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	5,63	0,53	OK	OK
String 2-1-7	3,95	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	0,30	0,03	OK	OK
String 2-1-8	3,95	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	0,30	0,03	OK	OK
String 2-1-9	33,51	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	2,51	0,23	OK	OK
String 2-1-10	62,70	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	4,69	0,44	OK	OK
String 2-1-11	33,51	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	2,51	0,23	OK	OK
String 2-1-12	62,70	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	4,69	0,44	OK	OK
String 2-1-13	18,60	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	1,39	0,13	OK	OK
String 2-1-14	18,60	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	1,39	0,13	OK	OK
String 2-1-15	48,16	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	3,60	0,34	OK	OK
String 2-1-16	77,37	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	5,79	0,54	OK	OK
String 2-1-17	48,16	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	3,60	0,34	OK	OK
String 2-1-18	77,37	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	5,79	0,54	OK	OK
String 2-2-1	23,63	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	1,77	0,17	OK	OK
String 2-2-2	23,63	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	1,77	0,17	OK	OK
String 2-2-3	53,19	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	3,98	0,37	OK	OK
String 2-2-4	82,41	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	6,16	0,58	OK	OK
String 2-2-5	53,19	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	3,98	0,37	OK	OK
String 2-2-6	82,41	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	6,16	0,58	OK	OK
String 2-2-7	3,95	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	0,30	0,03	OK	OK
String 2-2-8	3,95	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	0,30	0,03	OK	OK
String 2-2-9	33,49	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	2,50	0,23	OK	OK
String 2-2-10	62,72	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	4,69	0,44	OK	OK
String 2-2-11	33,49	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	2,50	0,23	OK	OK
String 2-2-12	62,72	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	4,69	0,44	OK	OK
String 2-2-13	169,75	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	12,69	1,19	OK	OK
String 2-2-14	169,75	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	12,69	1,19	OK	OK
String 2-2-15	198,83	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	14,87	1,39	OK	OK
String 2-2-16	198,83	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	14,87	1,39	OK	OK
String 2-2-17	140,68	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	10,52	0,99	OK	OK
String 2-2-18	140,68	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	10,52	0,99	OK	OK
String 2-3-1	21,04	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	1,57	0,15	OK	OK
String 2-3-2	21,04	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	1,57	0,15	OK	OK
String 2-3-3	50,28	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	3,76	0,35	OK	OK
String 2-3-4	50,28	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	3,76	0,35	OK	OK
String 2-3-5	79,36	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	5,93	0,56	OK	OK

String 2-3-6	79,36	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	5,93	0,56	OK	OK
String 2-3-7	3,95	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	0,30	0,03	OK	OK
String 2-3-8	33,17	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	2,48	0,23	OK	OK
String 2-3-9	3,95	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	0,30	0,03	OK	OK
String 2-3-10	33,17	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	2,48	0,23	OK	OK
String 2-3-11	62,25	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	4,66	0,44	OK	OK
String 2-3-12	91,48	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	6,84	0,64	OK	OK
String 2-3-13	62,25	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	4,66	0,44	OK	OK
String 2-3-14	91,48	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	6,84	0,64	OK	OK
String 2-3-15	120,56	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	9,02	0,84	OK	OK
String 2-3-16	120,56	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	9,02	0,84	OK	OK
String 2-3-17	149,67	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	11,19	1,05	OK	OK
String 2-3-18	149,67	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	11,19	1,05	OK	OK
String 2-4-1	16,97	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	1,27	0,12	OK	OK
String 2-4-2	16,97	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	1,27	0,12	OK	OK
String 2-4-3	46,35	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	3,47	0,32	OK	OK
String 2-4-4	75,57	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	5,65	0,53	OK	OK
String 2-4-5	46,35	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	3,47	0,32	OK	OK
String 2-4-6	75,57	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	5,65	0,53	OK	OK
String 2-4-7	104,64	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	7,83	0,73	OK	OK
String 2-4-8	133,88	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	10,01	0,94	OK	OK
String 2-4-9	104,64	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	7,83	0,73	OK	OK
String 2-4-10	133,88	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	10,01	0,94	OK	OK
String 2-4-11	162,96	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	12,19	1,14	OK	OK
String 2-4-12	192,10	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	14,37	1,35	OK	OK
String 2-4-13	162,96	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	12,19	1,14	OK	OK
String 2-4-14	192,10	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	14,37	1,35	OK	OK
String 2-4-15	149,93	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	11,21	1,05	OK	OK
String 2-4-16	179,09	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	13,39	1,25	OK	OK
String 2-4-17	149,93	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	11,21	1,05	OK	OK
String 2-4-18	179,09	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	13,39	1,25	OK	OK
String 2-5-1	19,36	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	1,45	0,14	OK	OK
String 2-5-2	19,36	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	1,45	0,14	OK	OK
String 2-5-3	48,74	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	3,64	0,34	OK	OK
String 2-5-4	77,96	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	5,83	0,55	OK	OK
String 2-5-5	48,74	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	3,64	0,34	OK	OK
String 2-5-6	77,96	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	5,83	0,55	OK	OK
String 2-5-7	107,04	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	8,00	0,75	OK	OK
String 2-5-8	136,27	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	10,19	0,95	OK	OK
String 2-5-9	107,04	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	8,00	0,75	OK	OK
String 2-5-10	136,27	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	10,19	0,95	OK	OK
String 2-5-11	91,62	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	6,85	0,64	OK	OK
String 2-5-12	120,85	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	9,04	0,85	OK	OK

String 2-5-13	91,62	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	6,85	0,64	OK	OK
String 2-5-14	120,85	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	9,04	0,85	OK	OK
String 2-5-15	149,93	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	11,21	1,05	OK	OK
String 2-5-16	179,09	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	13,39	1,25	OK	OK
String 2-5-17	149,93	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	11,21	1,05	OK	OK
String 2-5-18	179,09	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	13,39	1,25	OK	OK
String 2-6-1	21,53	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	1,61	0,15	OK	OK
String 2-6-2	21,53	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	1,61	0,15	OK	OK
String 2-6-3	50,89	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	3,81	0,36	OK	OK
String 2-6-4	80,12	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	5,99	0,56	OK	OK
String 2-6-5	50,89	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,40	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	3,81	0,36	OK	OK
String 2-6-6	80,12	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	5,99	0,56	OK	OK
String 2-6-7	33,24	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	2,49	0,23	OK	OK
String 2-6-8	62,47	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	4,67	0,44	OK	OK
String 2-6-9	33,24	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	2,49	0,23	OK	OK
String 2-6-10	62,47	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	4,67	0,44	OK	OK
String 2-6-11	91,56	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	6,85	0,64	OK	OK
String 2-6-12	120,78	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	9,03	0,85	OK	OK
String 2-6-13	91,56	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	6,85	0,64	OK	OK
String 2-6-14	120,78	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	9,03	0,85	OK	OK
String 2-6-15	149,85	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	11,21	1,05	OK	OK
String 2-6-16	179,03	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	13,39	1,25	OK	OK
String 2-6-17	149,85	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	11,21	1,05	OK	OK
String 2-6-18	179,03	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	13,39	1,25	OK	OK
String 2-7-1	52,96	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	3,96	0,37	OK	OK
String 2-7-2	52,96	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	3,96	0,37	OK	OK
String 2-7-3	3,95	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	0,30	0,03	OK	OK
String 2-7-4	33,18	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	2,48	0,23	OK	OK
String 2-7-5	3,95	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	0,30	0,03	OK	OK
String 2-7-6	33,18	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	2,48	0,23	OK	OK
String 2-7-7	62,27	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	4,66	0,44	OK	OK
String 2-7-8	91,48	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	6,84	0,64	OK	OK
String 2-7-9	62,27	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	4,66	0,44	OK	OK
String 2-7-10	91,48	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	6,84	0,64	OK	OK
String 2-7-11	120,54	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	9,01	0,84	OK	OK
String 2-7-12	149,73	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	11,20	1,05	OK	OK
String 2-7-13	120,54	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	9,01	0,84	OK	OK
String 2-7-14	149,73	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	11,20	1,05	OK	OK
String 2-7-15	135,59	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	10,14	0,95	OK	OK
String 2-7-16	164,81	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	12,32	1,15	OK	OK
String 2-7-17	135,59	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	10,14	0,95	OK	OK
String 2-7-18	164,81	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	12,32	1,15	OK	OK
String 2-8-1	22,58	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	1,69	0,16	OK	OK



String 2-8-2	51,82	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	3,87	0,36	OK	OK
String 2-8-3	22,58	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	1,69	0,16	OK	OK
String 2-8-4	51,82	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	3,87	0,36	OK	OK
String 2-8-5	80,90	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	6,05	0,57	OK	OK
String 2-8-6	110,09	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	8,23	0,77	OK	OK
String 2-8-7	80,90	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	6,05	0,57	OK	OK
String 2-8-8	110,09	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	8,23	0,77	OK	OK
String 2-8-9	62,26	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	4,66	0,44	OK	OK
String 2-8-10	91,44	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	6,84	0,64	OK	OK
String 2-8-11	62,26	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	4,66	0,44	OK	OK
String 2-8-12	91,44	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	6,84	0,64	OK	OK
String 2-8-13	120,47	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	9,01	0,84	OK	OK
String 2-8-14	149,70	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	11,20	1,05	OK	OK
String 2-8-15	120,47	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	9,01	0,84	OK	OK
String 2-8-16	149,70	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	11,20	1,05	OK	OK
String 2-8-17	33,18	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	2,48	0,23	OK	OK
String 2-9-1	31,65	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	2,37	0,22	OK	OK
String 2-9-2	31,65	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	2,37	0,22	OK	OK
String 2-9-3	60,89	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	4,55	0,43	OK	OK
String 2-9-4	3,94	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	0,29	0,03	OK	OK
String 2-9-5	33,14	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	2,48	0,23	OK	OK
String 2-9-6	3,94	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	0,29	0,03	OK	OK
String 2-9-7	33,14	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	2,48	0,23	OK	OK
String 2-9-8	62,17	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	4,65	0,44	OK	OK
String 2-9-9	91,16	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	6,82	0,64	OK	OK
String 2-9-10	62,17	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	4,65	0,44	OK	OK
String 2-9-11	91,16	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	6,82	0,64	OK	OK
String 2-9-12	120,03	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	8,98	0,84	OK	OK
String 2-9-13	149,26	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	11,16	1,05	OK	OK
String 2-9-14	120,03	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	8,98	0,84	OK	OK
String 2-9-15	149,26	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	11,16	1,05	OK	OK
String 2-9-16	177,40	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	13,27	1,24	OK	OK
String 2-9-17	177,40	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	13,27	1,24	OK	OK
String 2-10-1	22,16	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	1,66	0,16	OK	OK
String 2-10-2	51,25	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	3,83	0,36	OK	OK
String 2-10-3	22,16	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	1,66	0,16	OK	OK
String 2-10-4	51,25	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	3,83	0,36	OK	OK
String 2-10-5	80,19	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	6,00	0,56	OK	OK
String 2-10-6	109,27	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	8,17	0,77	OK	OK
String 2-10-7	80,19	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	6,00	0,56	OK	OK
String 2-10-8	109,27	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	8,17	0,77	OK	OK
String 2-10-9	138,21	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	10,34	0,97	OK	OK
String 2-10-10	138,21	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	10,34	0,97	OK	OK

String 2-10-11	62,53	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	4,68	0,44	OK	OK
String 2-10-12	33,30	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	2,49	0,23	OK	OK
String 2-10-13	62,53	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	4,68	0,44	OK	OK
String 2-10-14	91,61	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	6,85	0,64	OK	OK
String 2-10-15	120,78	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	9,03	0,85	OK	OK
String 2-10-16	91,61	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	6,85	0,64	OK	OK
String 2-10-17	120,78	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	9,03	0,85	OK	OK
String 2-11-1	54,11	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	4,05	0,38	OK	OK
String 2-11-2	54,11	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	4,05	0,38	OK	OK
String 2-11-3	83,47	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	6,24	0,58	OK	OK
String 2-11-4	19,06	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	1,43	0,13	OK	OK
String 2-11-5	19,06	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	1,43	0,13	OK	OK
String 2-11-6	48,59	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	3,63	0,34	OK	OK
String 2-11-7	77,77	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	5,82	0,54	OK	OK
String 2-11-8	48,59	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	3,63	0,34	OK	OK
String 2-11-9	77,77	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	5,82	0,54	OK	OK
String 2-11-10	3,95	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	0,30	0,03	OK	OK
String 2-11-11	33,18	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	2,48	0,23	OK	OK
String 2-11-12	3,95	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	0,30	0,03	OK	OK
String 2-11-13	33,18	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	2,48	0,23	OK	OK
String 2-11-14	26,87	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	2,01	0,19	OK	OK
String 2-11-15	26,87	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	2,01	0,19	OK	OK
String 2-11-16	54,21	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	4,05	0,38	OK	OK
String 2-11-17	54,21	Cu/LSZH	1	13,04	13,92	17,4	1067,82	14170	1	1,1	0,47	4	52	26,884	64,72	4,05	0,38	OK	OK

## 2. Circuito Inversor – Estación de potencia

El inversor alternativo de 225 kW se limitaría a una potencia de 200 kW, por lo tanto, la intensidad máxima de salida en CA serían 158,84 A.

Circuito inversor - Estación de potencia																							
INV-X-Y X: Estación de potencia Y: Inversor	Longitud (m)	Cable	Nº strings	Nº conductores por fase	Imp (A)	Isc (A)	Ib (A)	V (V)	Pcc (W)	k1	k2	k3	S (mm2)	Io (A)	Iz (A)	Ib/Iz (%)	ΔV (V)	ΔV (%)	Icc (kA)	Smin Icc (mm2)	Criterio térmico	Criterio ΔV	Criterio cortocircuito
Inverter 1-1	489,736	AI/XLPE	18	3	144,4	155,2	194,00	800	255060	1	1,28	0,56	240	343	245,86	78,91	8,50	1,06	16,00	173,91	OK	OK	OK
Inverter 1-2	437,232	AI/XLPE	18	2	144,4	155,2	194,00	800	255060	1	1,28	0,56	240	343	245,86	78,91	11,39	1,42	16,00	173,91	OK	OK	OK
Inverter 1-3	418,691	AI/XLPE	18	2	144,4	155,2	194,00	800	255060	1	1,28	0,56	240	343	245,86	78,91	10,90	1,36	16,00	173,91	OK	OK	OK
Inverter 1-4	368,263	AI/XLPE	18	2	144,4	155,2	194,00	800	255060	1	1,28	0,56	240	343	245,86	78,91	9,59	1,20	16,00	173,91	OK	OK	OK
Inverter 1-5	350,979	AI/XLPE	18	2	144,4	155,2	194,00	800	255060	1	1,28	0,56	240	343	245,86	78,91	9,14	1,14	16,00	173,91	OK	OK	OK
Inverter 1-6	290,740	AI/XLPE	18	2	144,4	155,2	194,00	800	255060	1	1,28	0,56	240	343	245,86	78,91	7,57	0,95	16,00	173,91	OK	OK	OK
Inverter 1-7	204,756	AI/XLPE	18	1	144,4	155,2	194,00	800	255060	1	1,28	0,56	240	343	245,86	78,91	10,66	1,33	16,00	173,91	OK	OK	OK
Inverter 1-8	295,029	AI/XLPE	18	2	144,4	155,2	194,00	800	255060	1	1,28	0,56	240	343	245,86	78,91	7,68	0,96	16,00	173,91	OK	OK	OK
Inverter 1-9	240,522	AI/XLPE	18	2	144,4	155,2	194,00	800	255060	1	1,28	0,56	240	343	245,86	78,91	6,26	0,78	16,00	173,91	OK	OK	OK
Inverter 1-10	204,808	AI/XLPE	18	1	144,4	155,2	194,00	800	255060	1	1,28	0,56	240	343	245,86	78,91	10,67	1,33	16,00	173,91	OK	OK	OK
Inverter 1-11	171,765	AI/XLPE	18	1	144,4	155,2	194,00	800	255060	1	1,28	0,56	240	343	245,86	78,91	8,95	1,12	16,00	173,91	OK	OK	OK
Inverter 1-12	143,550	AI/XLPE	18	1	144,4	155,2	194,00	800	255060	1	1,28	0,56	240	343	245,86	78,91	7,48	0,93	16,00	173,91	OK	OK	OK
Inverter 1-13	114,277	AI/XLPE	17	1	144,4	155,2	194,00	800	240890	1	1,28	0,56	240	343	245,86	78,91	5,95	0,74	16,00	173,91	OK	OK	OK
Inverter 1-14	99,811	AI/XLPE	17	1	144,4	155,2	194,00	800	240890	1	1,28	0,56	240	343	245,86	78,91	5,20	0,65	16,00	173,91	OK	OK	OK
Inverter 2-1	406,935	AI/XLPE	18	2	144,4	155,2	194,00	800	255060	1	1,28	0,56	240	343	245,86	78,91	10,60	1,32	16,00	173,91	OK	OK	OK
Inverter 2-2	377,421	AI/XLPE	18	2	144,4	155,2	194,00	800	255060	1	1,28	0,56	240	343	245,86	78,91	9,83	1,23	16,00	173,91	OK	OK	OK
Inverter 2-3	322,937	AI/XLPE	18	2	144,4	155,2	194,00	800	255060	1	1,28	0,56	240	343	245,86	78,91	8,41	1,05	16,00	173,91	OK	OK	OK
Inverter 2-4	274,405	AI/XLPE	18	2	144,4	155,2	194,00	800	255060	1	1,28	0,56	240	343	245,86	78,91	7,15	0,89	16,00	173,91	OK	OK	OK
Inverter 2-5	264,462	AI/XLPE	18	2	144,4	155,2	194,00	800	255060	1	1,28	0,56	240	343	245,86	78,91	6,89	0,86	16,00	173,91	OK	OK	OK
Inverter 2-6	254,568	AI/XLPE	18	2	144,4	155,2	194,00	800	255060	1	1,28	0,56	240	343	245,86	78,91	6,63	0,83	16,00	173,91	OK	OK	OK
Inverter 2-7	208,811	AI/XLPE	18	1	144,4	155,2	194,00	800	255060	1	1,28	0,56	240	343	245,86	78,91	10,88	1,36	16,00	173,91	OK	OK	OK
Inverter 2-8	189,952	AI/XLPE	17	1	144,4	155,2	194,00	800	240890	1	1,28	0,56	240	343	245,86	78,91	9,89	1,24	16,00	173,91	OK	OK	OK
Inverter 2-9	165,723	AI/XLPE	17	1	144,4	155,2	194,00	800	240890	1	1,28	0,56	240	343	245,86	78,91	8,63	1,08	16,00	173,91	OK	OK	OK
Inverter 2-10	124,992	AI/XLPE	17	1	144,4	155,2	194,00	800	240890	1	1,28	0,56	240	343	245,86	78,91	6,51	0,81	16,00	173,91	OK	OK	OK
Inverter 2-11	79,181	AI/XLPE	17	1	144,4	155,2	194,00	800	240890	1	1,28	0,56	240	343	245,86	78,91	4,12	0,52	16,00	173,91	OK	OK	OK

# **Anejo 2: Estudio de producción energética**

## **Proyecto ejecutivo de Planta Solar Fotovoltaica Labrador en el T.M. de Navalcarnero (Madrid)**

**Potencia instalada: 5,00 MWn**

**Potencia pico: 6,291 MWp**

Promotor: **PLANTA FOTOVOLTAICA IMAGESOL, S.L.**

Ingeniería: **Innova Proyectos**

**Marzo 2024**



## ÍNDICE

<b>1. ESTUDIO DE PRODUCCIÓN ENERGÉTICA .....</b>	<b>4</b>
<b>APÉNDICE 1: ESTUDIO DE PRODUCCIÓN ENERGÉTICA EQUIPOS ALTERNATIVOS.....</b>	<b>16</b>
<b>2. ESTUDIO DE PRODUCCIÓN ENERGÉTICA EQUIPOS ALTERNATIVOS.....</b>	<b>17</b>
<b>3. JUSTIFICACIÓN ELECCIÓN. ....</b>	<b>29</b>

## 1. Estudio de producción energética

# PVsyst - Simulation report

## Grid-Connected System

---

Project: PSF Labrador

Variant: PSFV Labrador ZPL 02/24

Tracking system

System power: 6291 kWp

Navalcarnero - Spain





**Project: PSF Labrador**  
Variant: PSFV Labrador ZPL 02/24

**PVsyst V7.2.4**

VCO, Simulation date:  
11/03/24 13:07  
with v7.2.4

**Project summary**

<b>Geographical Site</b> Navalcarnero Spain	<b>Situation</b> Latitude 40.32 °N Longitude -4.05 °W Altitude 607 m Time zone UTC+1	<b>Project settings</b> Albedo 0.20
<b>Meteo data</b> Navalcarnero Meteonorm 8.0 (1991-2013), Sat=63% - Sintético		

**System summary**

<b>Grid-Connected System</b> Simulation for year no 1	<b>Tracking system</b>	<b>Near Shadings</b> Linear shadings
<b>PV Field Orientation</b> <b>Orientation</b> Tracking plane, tilted axis Avg axis tilt 0.6 ° Avg axis azim. 0.0 °	<b>Tracking algorithm</b> Astronomic calculation	
<b>System information</b> <b>PV Array</b> Nb. of modules 11544 units Pnom total 6291 kWp	<b>Inverters</b> Nb. of units 25 units Pnom total 5000 kWac Grid power limit 5000 kWac Grid lim. Pnom ratio 1.258	
<b>User's needs</b> Unlimited load (grid)		

**Results summary**

Produced Energy	12417 MWh/year	Specific production	1974 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR	80.29 %
-----------------	----------------	---------------------	-------------------	----------------	---------

**Table of contents**

Project and results summary	2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses	3
Near shading definition - Iso-shadings diagram	7
Main results	8
Loss diagram	9
Special graphs	10
Predef. graphs	11



**PVsyst V7.2.4**

VCO, Simulation date:  
 11/03/24 13:07  
 with v7.2.4

**General parameters**

<b>Grid-Connected System</b>		<b>Tracking system</b>			
<b>PV Field Orientation</b>		<b>Tracking algorithm</b>		<b>Trackers configuration</b>	
Orientation		Astronomic calculation		Nb. of trackers 123 units	
Tracking plane, tilted axis				<b>Sizes</b>	
Avg axis tilt	0.6 °			Tracker Spacing 11.0 m	
Avg axis azim.	0.0 °			Collector width 4.57 m	
				Ground Cov. Ratio (GCR) 41.5 %	
				Phi min / max. +/- 60.0 °	
				<b>Shading limit angles</b>	
				Phi limits +/- 65.4 °	
<b>Models used</b>		<b>Near Shadings</b>		<b>User's needs</b>	
Transposition Perez		Linear shadings		Unlimited load (grid)	
Diffuse Perez, Meteonorm					
Circumsolar separate					
<b>Horizon</b>					
Free Horizon					
<b>Bifacial system</b>					
Model		2D Calculation			
		unlimited trackers			
<b>Bifacial model geometry</b>				<b>Bifacial model definitions</b>	
Tracker Spacing 11.00 m				Ground albedo 0.20	
Tracker width 4.57 m				Bifaciality factor 70 %	
GCR 41.5 %				Rear shading factor 5.0 %	
Axis height above ground 1.50 m				Rear mismatch loss 10.0 %	
				Module transparency 0.0 %	
<b>Grid power limitation</b>					
Active Power 5000 kWac					
Pnom ratio 1.258					

**PV Array Characteristics**

<b>PV module</b>		<b>Inverter</b>	
Manufacturer Jinkosolar		Manufacturer Huawei Technologies	
Model JKM545M-72HL4		Model SUN2000-215KTL-H0	
(Custom parameters definition)		(Custom parameters definition)	
Unit Nom. Power 545 Wp		Unit Nom. Power 200 kWac	
Number of PV modules 11544 units		Number of inverters 25 units	
Nominal (STC) 6291 kWp		Total power 5000 kWac	
<b>Array #1 - Isla de 6500 módulos</b>			
Number of PV modules 6500 units		Number of inverters 14 unit	
Nominal (STC) 3543 kWp		Total power 2800 kWac	
Modules 250 Strings x 26 In series			
<b>At operating cond. (50°C)</b>		Operating voltage 500-1500 V	
Pmpp 3232 kWp		Max. power (=>25°C) 215 kWac	
U mpp 973 V		Pnom ratio (DC:AC) 1.27	
I mpp 3320 A			



**PVsyst V7.2.4**

VC0, Simulation date:  
11/03/24 13:07  
with v7.2.4

**PV Array Characteristics**

<b>Array #2 - Isla de 5044 módulos</b>			
Number of PV modules	5044 units	Number of inverters	11 unit
Nominal (STC)	2749 kWp	Total power	2200 kWac
Modules	194 Strings x 26 In series		
<b>At operating cond. (50°C)</b>			
Pmpp	2508 kWp	Operating voltage	500-1500 V
U mpp	973 V	Max. power (=>25°C)	215 kWac
I mpp	2576 A	Pnom ratio (DC:AC)	1.25
<b>Total PV power</b>		<b>Total inverter power</b>	
Nominal (STC)	6291 kWp	Total power	5000 kWac
Total	11544 modules	Nb. of inverters	25 units
Module area	29769 m <sup>2</sup>	Pnom ratio	1.26



**PVsyst V7.2.4**

VC0, Simulation date:  
 11/03/24 13:07  
 with v7.2.4

**Array losses**

**Array Soiling Losses**

Loss Fraction 2.0 %

**Thermal Loss factor**

Module temperature according to irradiance  
 U<sub>c</sub> (const) 29.0 W/m<sup>2</sup>K  
 U<sub>v</sub> (wind) 0.0 W/m<sup>2</sup>K/m/s

**LID - Light Induced Degradation**

Loss Fraction 1.0 %

**Module Quality Loss**

Loss Fraction -0.2 %

**Module mismatch losses**

Loss Fraction 0.5 % at MPP

**Module average degradation**

Year no 1  
 Loss factor 1 %/year

**Mismatch due to degradation**

Imp RMS dispersion 0.4 %/year  
 Vmp RMS dispersion 0.4 %/year

**IAM loss factor**

Incidence effect (IAM): Fresnel AR coating, n(glass)=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

**DC wiring losses**

Global wiring resistance 1.8 mΩ  
 Loss Fraction 1.0 % at STC

**Array #1 - Isla de 6500 módulos**

Global array res. 3.2 mΩ  
 Loss Fraction 1.0 % at STC

**Array #2 - Isla de 5044 módulos**

Global array res. 4.2 mΩ  
 Loss Fraction 1.0 % at STC

**System losses**

**Unavailability of the system**

Time fraction 1.0 %  
 3.7 days,  
 3 periods

**Auxiliaries loss**

Night aux. cons. 3.00 kW

**AC wiring losses**

**Inv. output line up to MV transfo**

Inverter voltage 800 Vac tri  
 Loss Fraction 0.84 % at STC

**Inverter: SUN2000-215KTL-H0**

Wire section (25 Inv.) Copper 25 x 3 x 240 mm<sup>2</sup>  
 Average wires length 276 m

**MV line up to Injection**

MV Voltage 15 kV  
 Average loss Fraction 0.97 % at STC

**Array #1 - Isla de 6500 módulos**

Wires Alu 3 x 300 mm<sup>2</sup>  
 Length 7636 m

**Array #2 - Isla de 5044 módulos**

Wires Alu 3 x 300 mm<sup>2</sup>  
 Length 5761 m



**PVsyst V7.2.4**

VC0, Simulation date:  
11/03/24 13:07  
with v7.2.4

**AC losses in transformers**

**MV transfo**

Grid voltage 15 kV

**Operating losses at STC**

Nominal power at STC 3507 kVA

Iron loss (24/24 Connexion) 1.75 kW/Inv.

Loss Fraction 0.10 % at STC

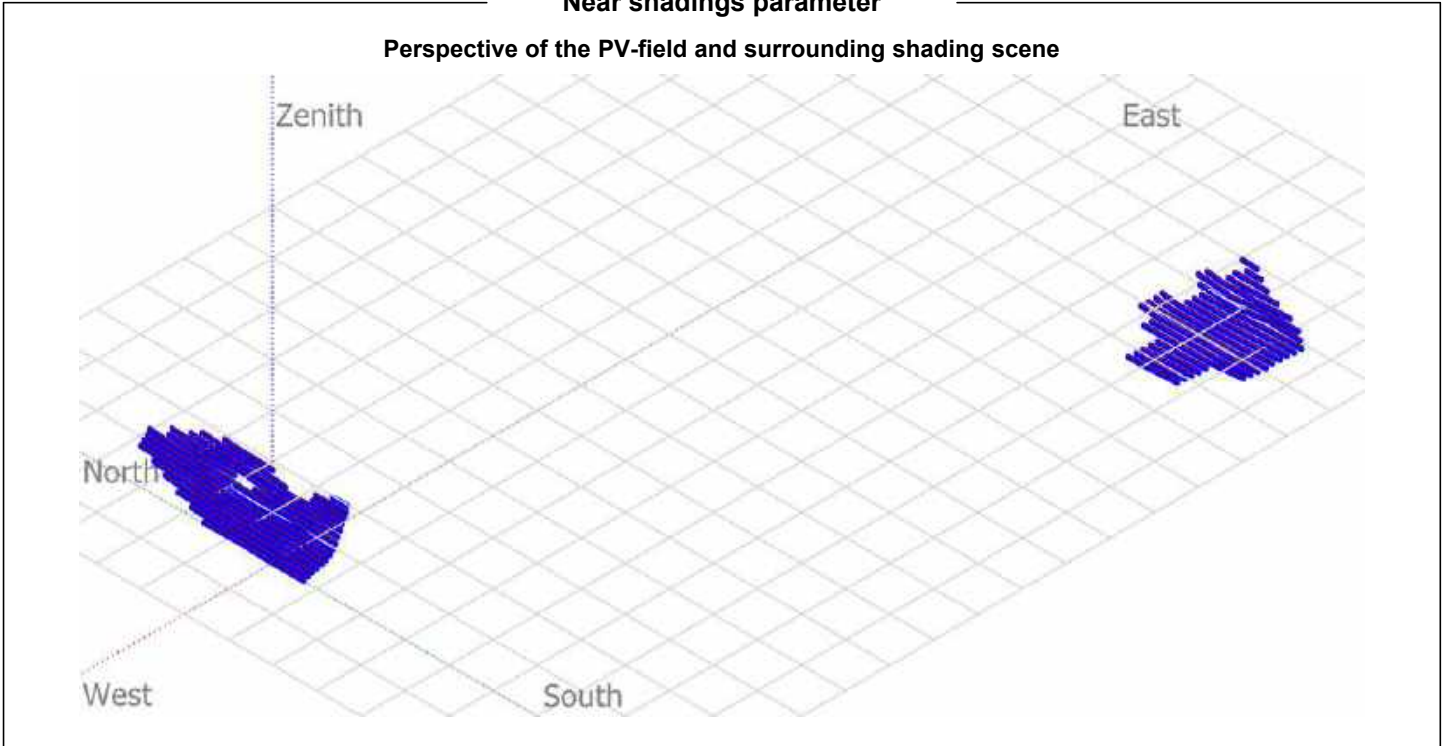
Coils equivalent resistance 3 x 3.65 mΩ/inv.

Loss Fraction 1.00 % at STC

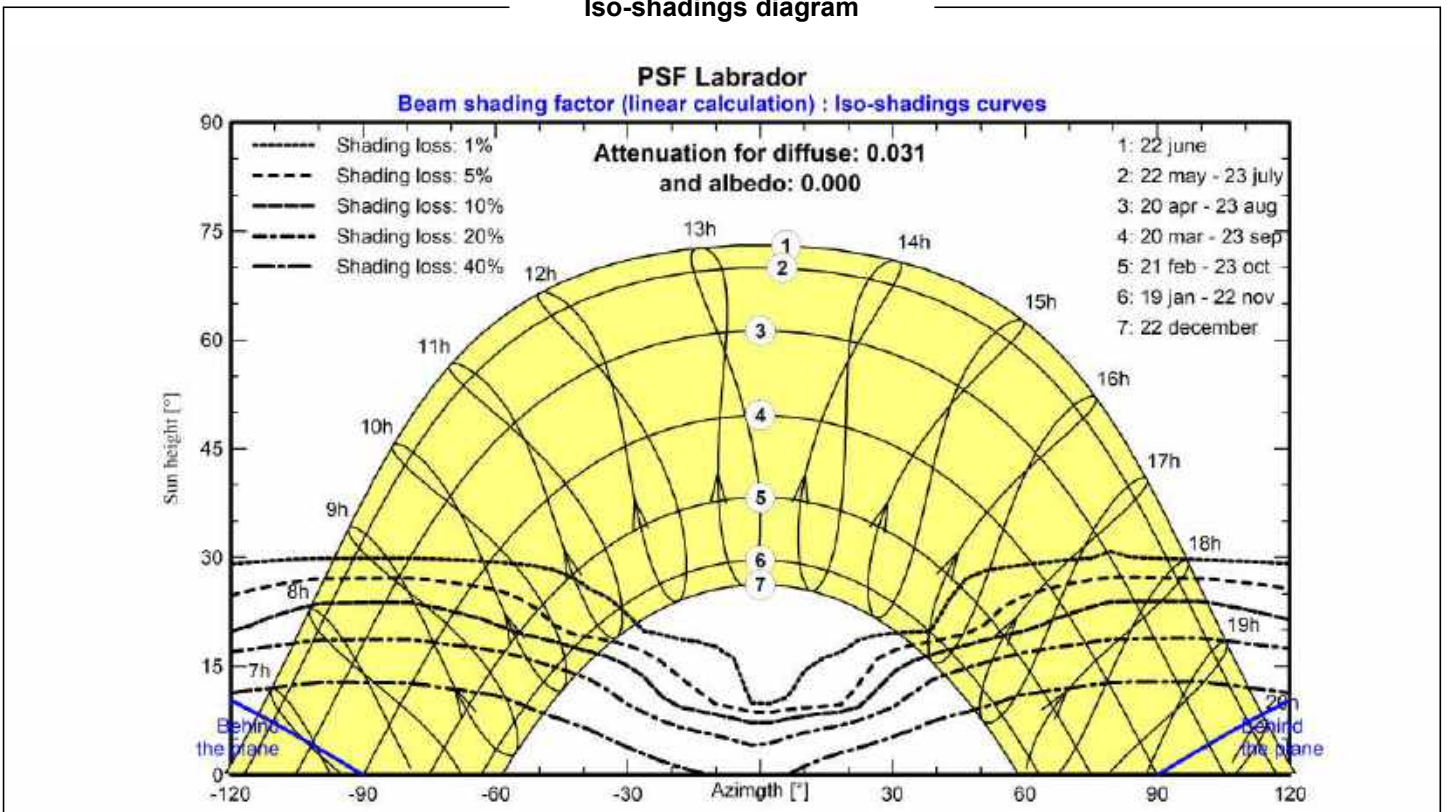


PVsyst V7.2.4  
VC0, Simulation date:  
11/03/24 13:07  
with v7.2.4

### Near shadings parameter



### Iso-shadings diagram





**PVsyst V7.2.4**

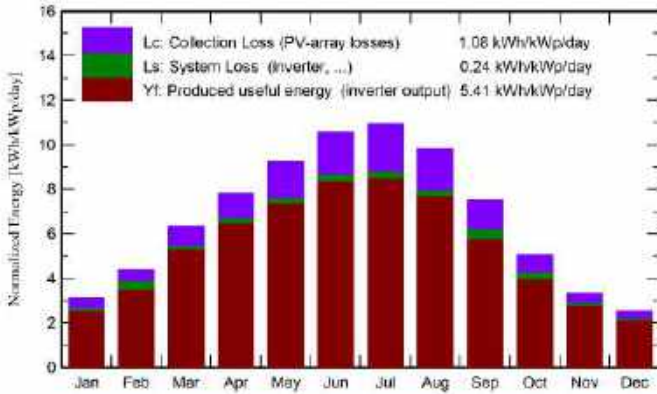
VC0, Simulation date:  
 11/03/24 13:07  
 with v7.2.4

**Main results**

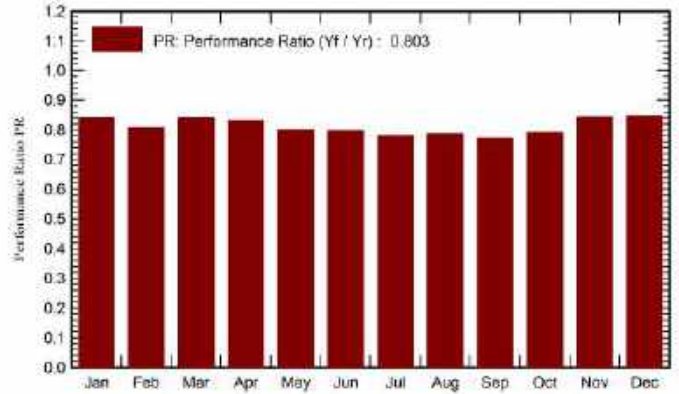
**System Production**

Produced Energy 12417 MWh/year Specific production 1974 kWh/kWp/year  
 Performance Ratio PR 80.29 %

**Normalized productions (per installed kWp)**



**Performance Ratio PR**



**Balances and main results**

	GlobHor kWh/m <sup>2</sup>	DiffHor kWh/m <sup>2</sup>	T_Amb °C	GlobInc kWh/m <sup>2</sup>	GlobEff kWh/m <sup>2</sup>	EArray MWh	E_Grid MWh	PR ratio
January	64.0	28.39	6.02	95.9	82.1	524	506	0.839
February	86.0	30.56	7.42	122.3	110.0	691	621	0.807
March	135.8	47.23	11.09	196.8	175.6	1075	1039	0.839
April	169.1	65.29	13.71	235.0	214.0	1272	1229	0.831
May	203.7	71.44	18.54	286.2	260.8	1489	1439	0.799
June	225.8	68.97	24.15	316.3	290.5	1640	1585	0.796
July	238.8	63.83	27.44	339.0	311.7	1722	1664	0.780
August	210.0	56.26	26.93	304.5	277.2	1558	1506	0.786
September	155.9	48.00	21.89	225.6	202.7	1178	1095	0.771
October	108.5	40.90	16.54	157.0	138.9	843	780	0.789
November	69.1	29.96	9.80	100.3	87.7	551	532	0.843
December	55.1	25.29	6.64	79.1	68.7	437	421	0.847
Year	1721.7	576.11	15.90	2457.9	2219.8	12979	12417	0.803

**Legends**

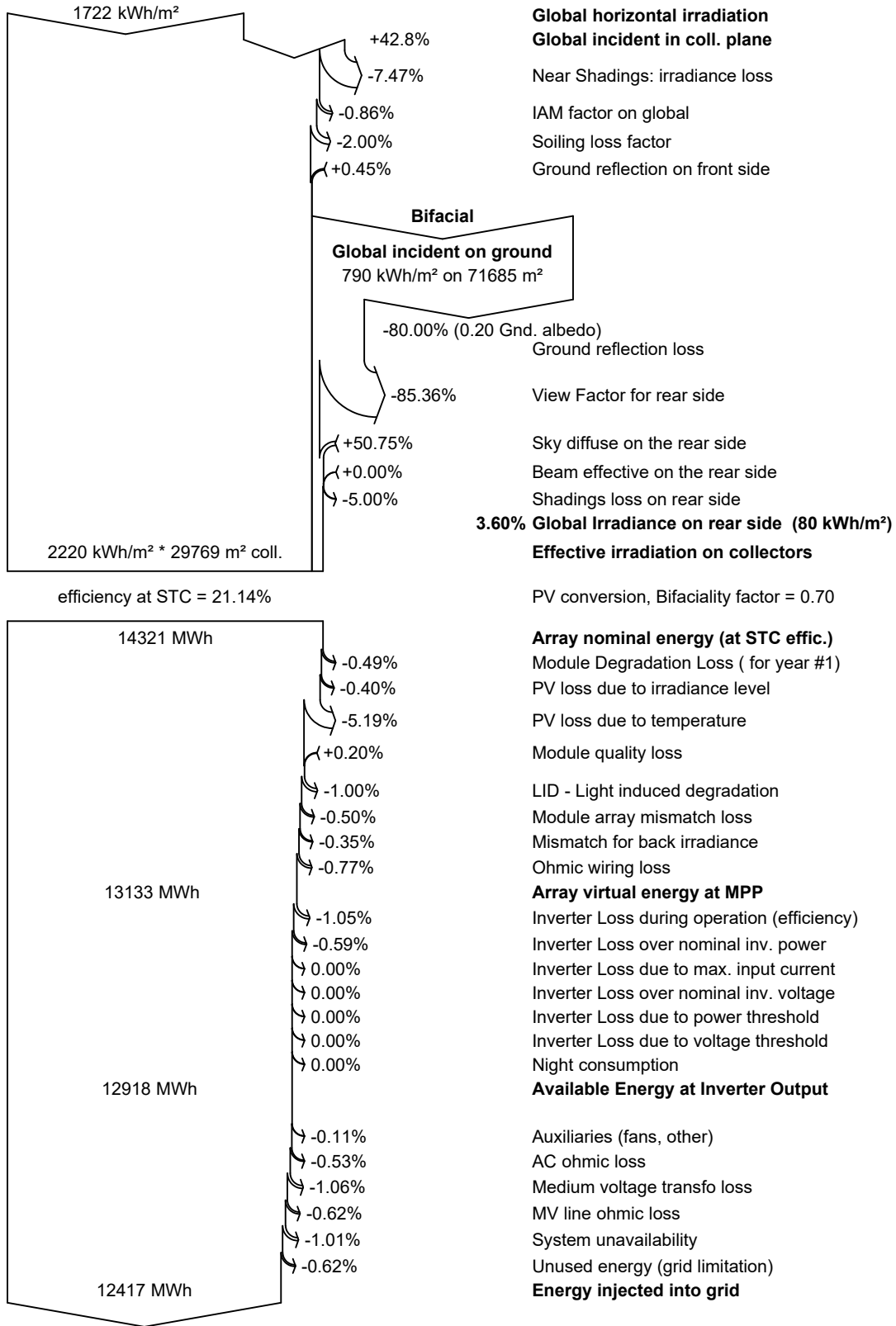
GlobHor	Global horizontal irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
DiffHor	Horizontal diffuse irradiation	E_Grid	Energy injected into grid
T_Amb	Ambient Temperature	PR	Performance Ratio
GlobInc	Global incident in coll. plane		
GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings		



**PVsyst V7.2.4**

VCO, Simulation date:  
 11/03/24 13:07  
 with v7.2.4

**Loss diagram**





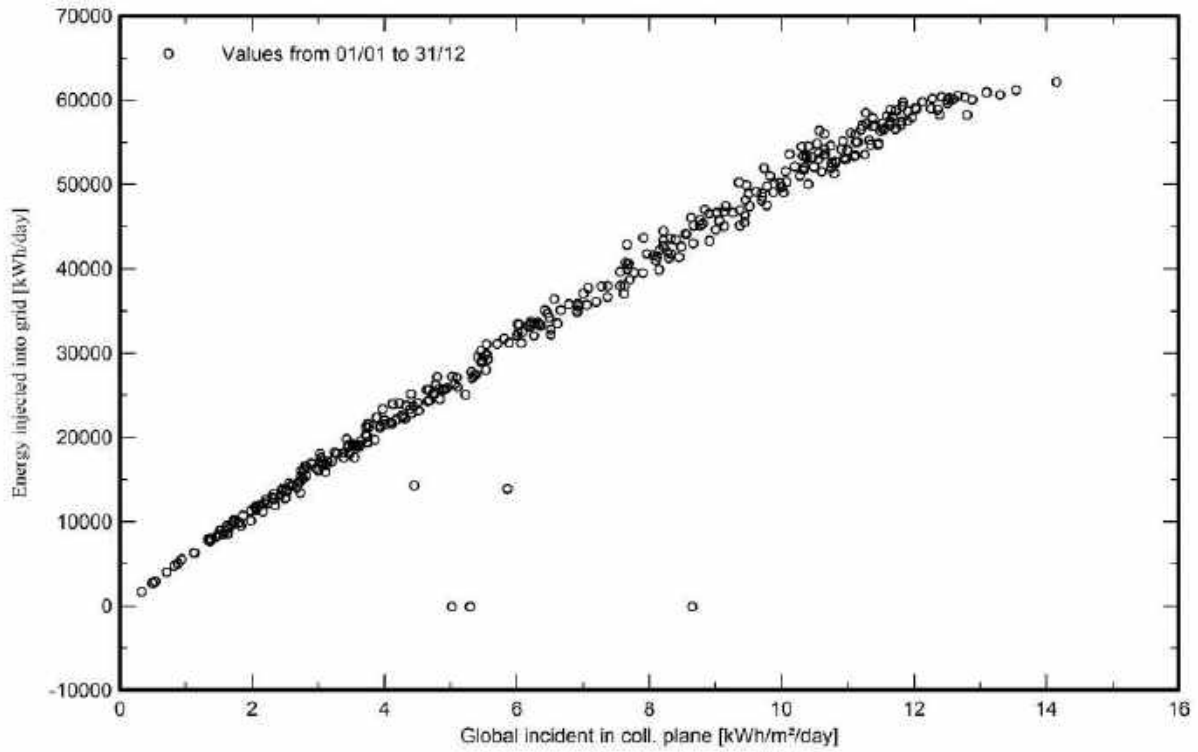


**PVsyst V7.2.4**

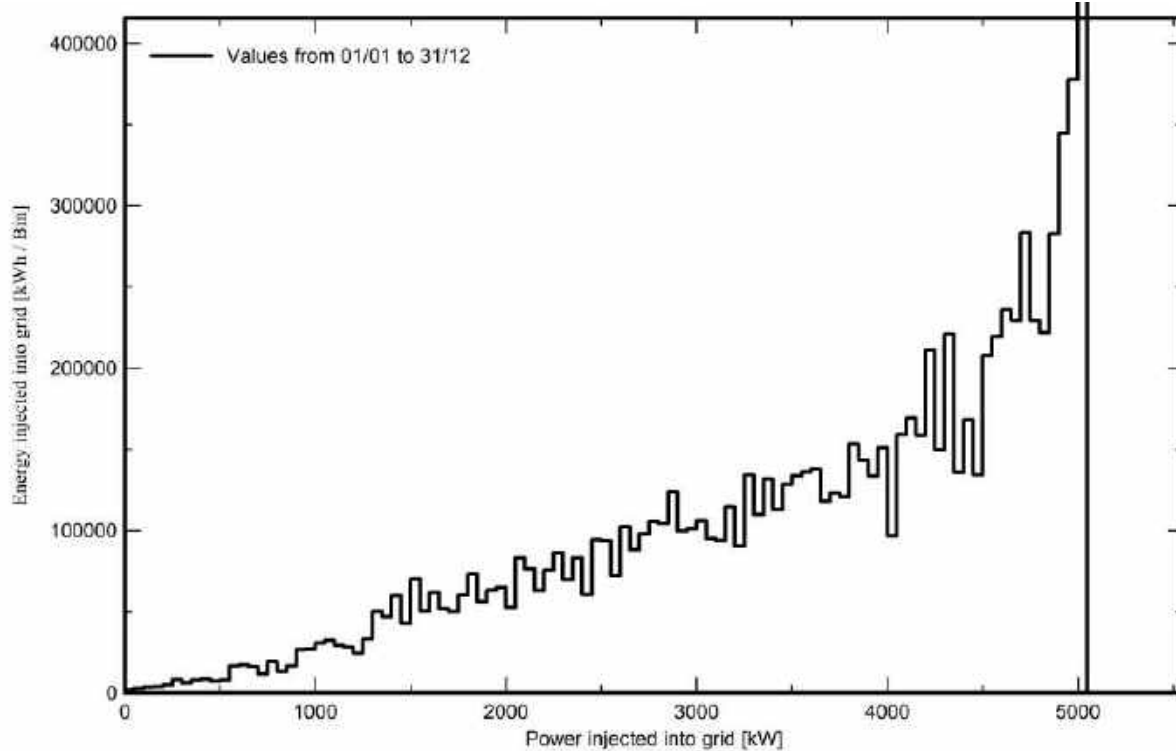
VC0, Simulation date:  
11/03/24 13:07  
with v7.2.4

**Special graphs**

**Diagrama entrada/salida diaria**



**Distribución de potencia de salida del sistema**



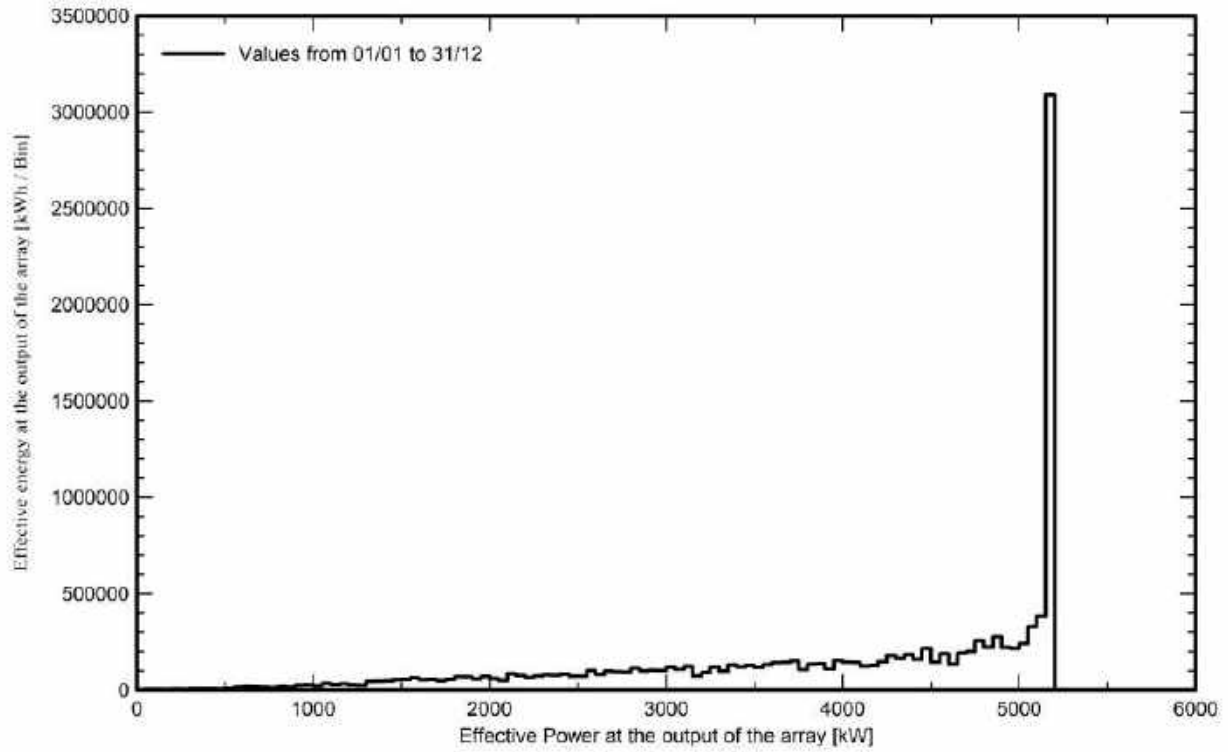


**PVsyst V7.2.4**

VC0, Simulation date:  
11/03/24 13:07  
with v7.2.4

**Predef. graphs**

**Distribución de la potencia del conjunto**



# Apéndice 1: Estudio de producción energética equipos alternativos

## **2. Estudio de producción energética equipos alternativos**

A continuación, se incluye un Estudio energético con los equipos contemplados como alternativa, según Anejo 11.

# PVsyst - Simulation report

## Grid-Connected System

---

Project: PSF Labrador

Variant: PSFV Labrador ZPL 02/24 Alternativas

Tracking system

System power: 6291 kWp

Navalcarnero - Spain



# Project: PSF Labrador

Variant: PSFV Labrador ZPL 02/24 Alternativas

## PVsyst V7.2.4

VC1, Simulation date:  
11/03/24 13:00  
with v7.2.4

### Project summary

<b>Geographical Site</b>	<b>Situation</b>	<b>Project settings</b>
Navalcarnero	Latitude 40.32 °N	Albedo 0.20
Spain	Longitude -4.05 °W	
	Altitude 607 m	
	Time zone UTC+1	
<b>Meteo data</b>		
Navalcarnero		
Meteonorm 8.0 (1991-2013), Sat=63% - Sintético		

### System summary

<b>Grid-Connected System</b>	<b>Tracking system</b>	
Simulation for year no 1		
<b>PV Field Orientation</b>	<b>Tracking algorithm</b>	<b>Near Shadings</b>
Orientation	Astronomic calculation	Linear shadings
Tracking plane, tilted axis		
Avg axis tilt 0.6 °		
Avg axis azim. 0.0 °		
<b>System information</b>		
<b>PV Array</b>	<b>Inverters</b>	
Nb. of modules 11544 units	Nb. of units 25 units	
Pnom total 6291 kWp	Pnom total 5625 kWac	
	Grid power limit 5000 kWac	
	Grid lim. Pnom ratio 1.258	
<b>User's needs</b>		
Unlimited load (grid)		

### Results summary

Produced Energy	12367 MWh/year	Specific production	1966 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR	79.97 %
-----------------	----------------	---------------------	-------------------	----------------	---------

### Table of contents

Project and results summary	2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses	3
Near shading definition - Iso-shadings diagram	7
Main results	8
Loss diagram	9
Special graphs	10
Predef. graphs	11

**PVsyst V7.2.4**

VC1, Simulation date:  
11/03/24 13:00  
with v7.2.4

**General parameters**

<b>Grid-Connected System</b>		<b>Tracking system</b>			
<b>PV Field Orientation</b>		<b>Tracking algorithm</b>		<b>Trackers configuration</b>	
Orientation		Astronomic calculation		Nb. of trackers 123 units	
Tracking plane, tilted axis				<b>Sizes</b>	
Avg axis tilt	0.6 °			Tracker Spacing 11.0 m	
Avg axis azim.	0.0 °			Collector width 4.57 m	
				Ground Cov. Ratio (GCR) 41.5 %	
				Phi min / max. +/- 60.0 °	
				<b>Shading limit angles</b>	
				Phi limits +/- 65.4 °	
<b>Models used</b>					
Transposition	Perez				
Diffuse	Perez, Meteonorm				
Circumsolar	separate				
<b>Horizon</b>		<b>Near Shadings</b>		<b>User's needs</b>	
Free Horizon		Linear shadings		Unlimited load (grid)	
<b>Bifacial system</b>					
Model	2D Calculation				
	unlimited trackers				
<b>Bifacial model geometry</b>				<b>Bifacial model definitions</b>	
Tracker Spacing	11.00 m	Ground albedo		0.20	
Tracker width	4.57 m	Bifaciality factor		70 %	
GCR	41.5 %	Rear shading factor		5.0 %	
Axis height above ground	1.50 m	Rear mismatch loss		10.0 %	
		Module transparency		0.0 %	
<b>Grid power limitation</b>					
Active Power	5000 kWac				
Pnom ratio	1.258				

**PV Array Characteristics**

<b>PV module</b>		<b>Inverter</b>	
Manufacturer	Longi Solar	Manufacturer	Goodwe
Model	LR5-72 HIBD 545 M Bifacial	Model	GW225K-HT
(Original PVsyst database)		(Custom parameters definition)	
Unit Nom. Power	545 Wp	Unit Nom. Power	225 kWac
Number of PV modules	11544 units	Number of inverters	25 units
Nominal (STC)	6291 kWp	Total power	5625 kWac
<b>Array #1 - Isla de 6500 módulos</b>			
Number of PV modules	6500 units	Number of inverters	14 unit
Nominal (STC)	3543 kWp	Total power	3150 kWac
Modules	250 Strings x 26 In series		
<b>At operating cond. (50°C)</b>			
Pmpp	3237 kWp	Operating voltage	500-1500 V
U mpp	973 V	Pnom ratio (DC:AC)	1.12
I mpp	3329 A		



**PVsyst V7.2.4**

VC1, Simulation date:  
11/03/24 13:00  
with v7.2.4

**PV Array Characteristics**

<b>Array #2 - Isla de 5044 módulos</b>			
Number of PV modules	5044 units	Number of inverters	11 unit
Nominal (STC)	2749 kWp	Total power	2475 kWac
Modules	194 Strings x 26 In series		
<b>At operating cond. (50°C)</b>			
Pmpp	2512 kWp	Operating voltage	500-1500 V
U mpp	973 V	Pnom ratio (DC:AC)	1.11
I mpp	2583 A		
<b>Total PV power</b>		<b>Total inverter power</b>	
Nominal (STC)	6291 kWp	Total power	5625 kWac
Total	11544 modules	Nb. of inverters	25 units
Module area	29507 m <sup>2</sup>	Pnom ratio	1.12
Cell area	26764 m <sup>2</sup>		





**PVsyst V7.2.4**

VC1, Simulation date:  
11/03/24 13:00  
with v7.2.4

**Array losses**

**Array Soiling Losses**

Loss Fraction 2.0 %

**Thermal Loss factor**

Module temperature according to irradiance  
Uc (const) 29.0 W/m²K  
Uv (wind) 0.0 W/m²K/m/s

**LID - Light Induced Degradation**

Loss Fraction 1.0 %

**Module Quality Loss**

Loss Fraction -0.2 %

**Module mismatch losses**

Loss Fraction 0.5 % at MPP

**Module average degradation**

Year no 1  
Loss factor 1 %/year

**Mismatch due to degradation**

Imp RMS dispersion 0.4 %/year  
Vmp RMS dispersion 0.4 %/year

**IAM loss factor**

Incidence effect (IAM): Fresnel AR coating, n(glass)=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

**DC wiring losses**

Global wiring resistance 1.8 mΩ  
Loss Fraction 1.0 % at STC

**Array #1 - Isla de 6500 módulos**

Global array res. 3.2 mΩ  
Loss Fraction 1.0 % at STC

**Array #2 - Isla de 5044 módulos**

Global array res. 4.2 mΩ  
Loss Fraction 1.0 % at STC

**System losses**

**Unavailability of the system**

Time fraction 1.0 %  
3.7 days,  
3 periods

**Auxiliaries loss**

Proportionnal to Power 3.0 W/kW  
0.0 kW from Power thresh.

**AC wiring losses**

**Inv. output line up to MV transfo**

Inverter voltage 800 Vac tri  
Loss Fraction 0.84 % at STC

**Inverter: GW225K-HT**

Wire section (25 Inv.) Copper 25 x 3 x 240 mm²  
Average wires length 276 m

**MV line up to Injection**

MV Voltage 15 kV  
Average loss Fraction 0.97 % at STC

**Array #1 - Isla de 6500 módulos**

Wires Alu 3 x 300 mm²  
Length 7636 m

**Array #2 - Isla de 5044 módulos**

Wires Alu 3 x 300 mm²  
Length 5761 m



**PVsyst V7.2.4**

VC1, Simulation date:  
11/03/24 13:00  
with v7.2.4

**AC losses in transformers**

**MV transfo**

Grid voltage 15 kV

**Operating losses at STC**

Nominal power at STC 3507 kVA

Iron loss (24/24 Connexion) 1.75 kW/Inv.

Loss Fraction 0.10 % at STC

Coils equivalent resistance 3 x 3.65 mΩ/inv.

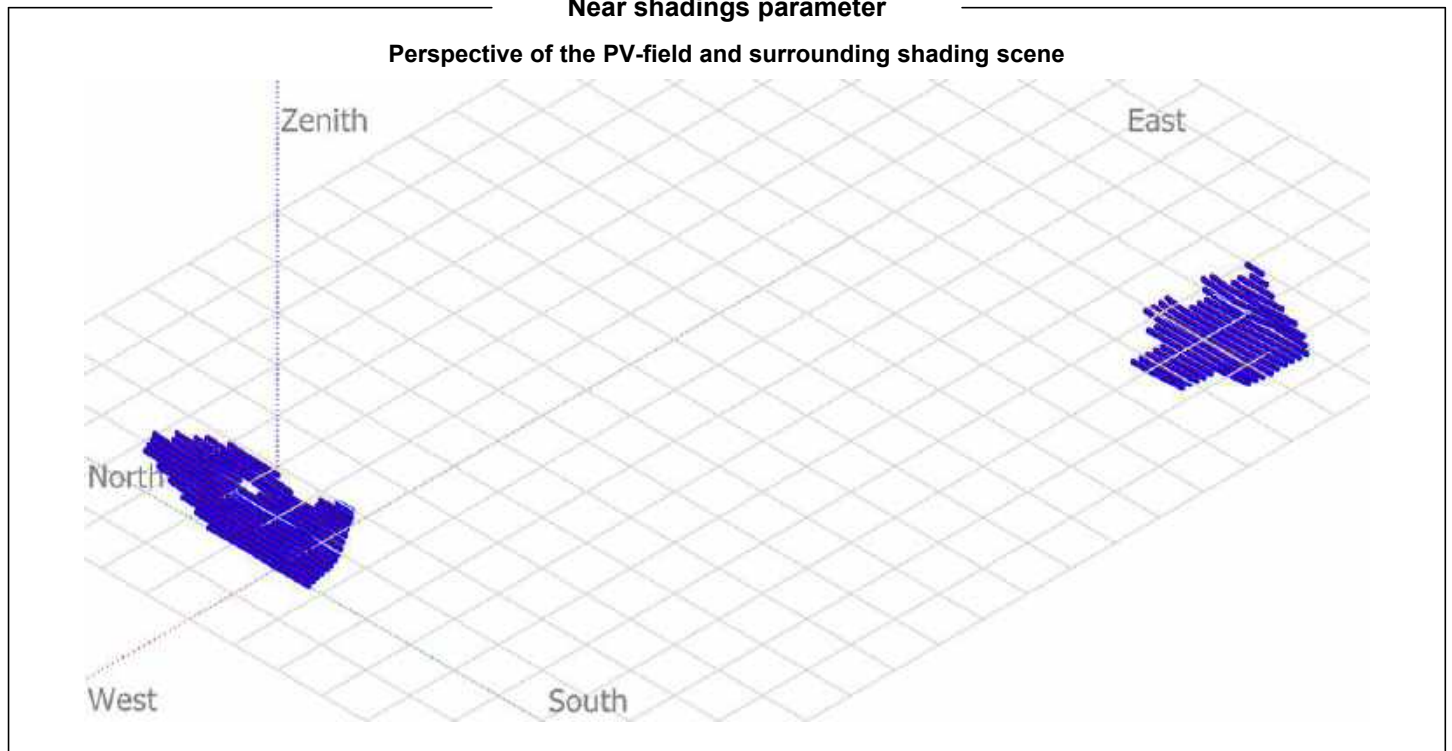
Loss Fraction 1.00 % at STC



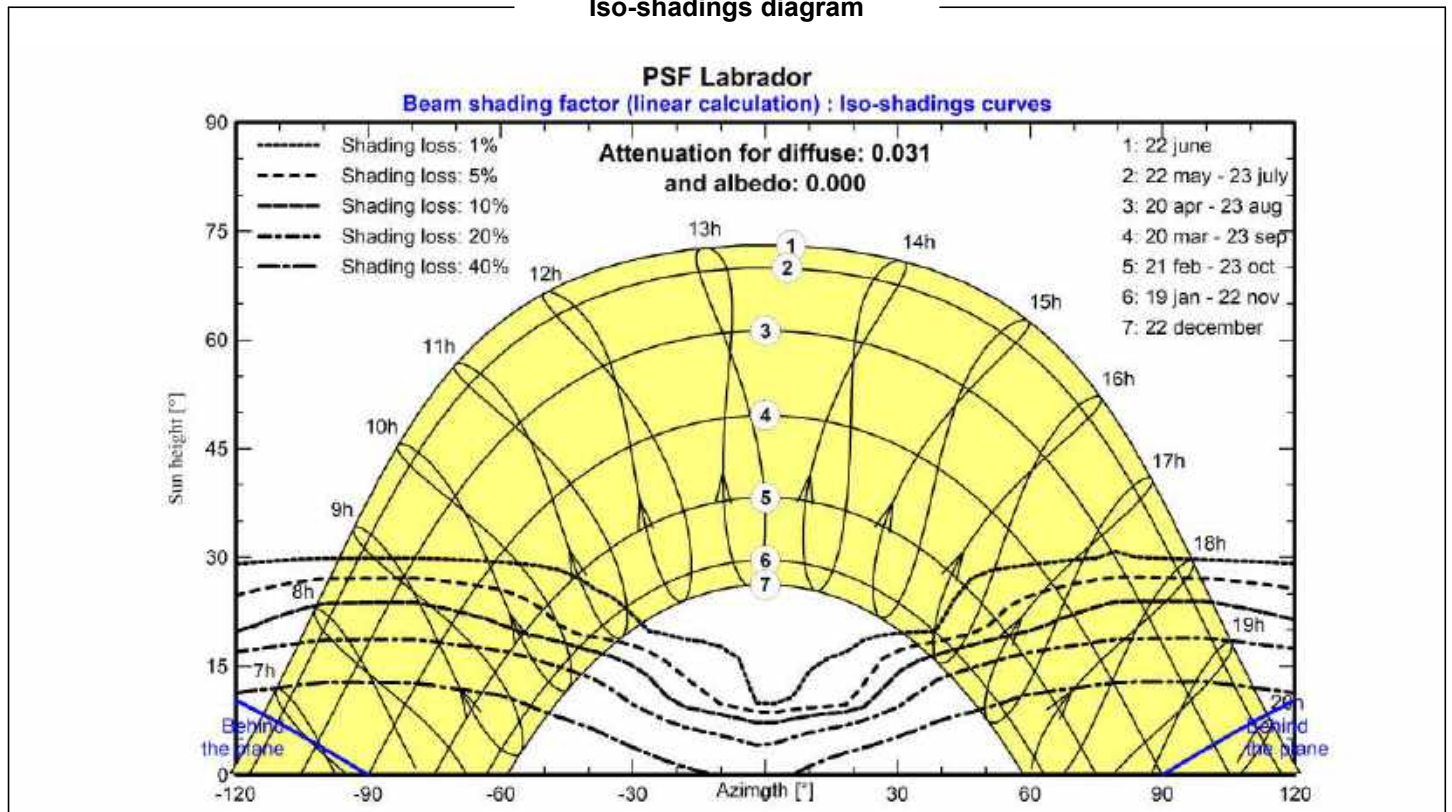
**PVsyst V7.2.4**

VC1, Simulation date:  
11/03/24 13:00  
with v7.2.4

**Near shadings parameter**



**Iso-shadings diagram**





# Project: PSF Labrador

Variant: PSFV Labrador ZPL 02/24 Alternativas

## PVsyst V7.2.4

VC1, Simulation date:  
11/03/24 13:00  
with v7.2.4

### Main results

#### System Production

Produced Energy 12367 MWh/year

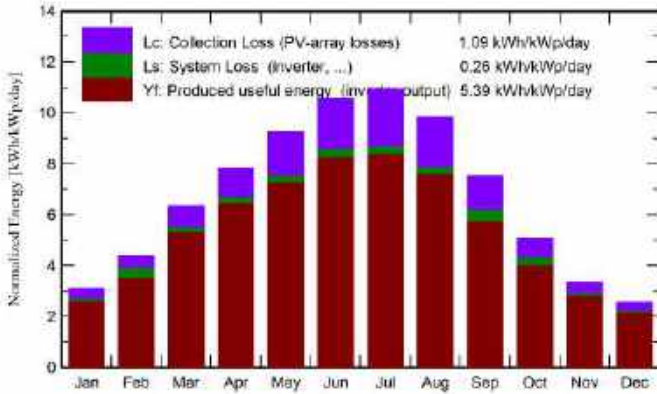
Specific production

1966 kWh/kWp/year

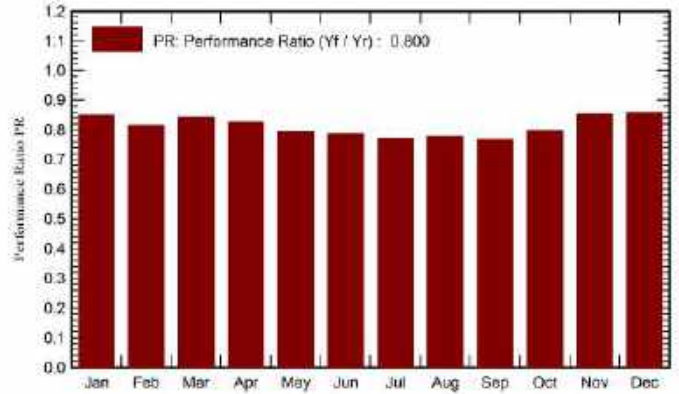
Performance Ratio PR

79.97 %

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



#### Balances and main results

	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	ratio
January	64.0	28.39	6.02	95.9	82.1	532	513	0.850
February	86.0	30.56	7.42	122.3	110.0	699	627	0.815
March	135.8	47.23	11.09	196.8	175.6	1080	1042	0.841
April	169.1	65.29	13.71	235.0	214.0	1267	1221	0.826
May	203.7	71.44	18.54	286.2	260.8	1478	1425	0.791
June	225.8	68.97	24.15	316.3	290.5	1624	1566	0.787
July	238.8	63.83	27.44	339.0	311.7	1705	1643	0.771
August	210.0	56.26	26.93	304.5	277.2	1543	1487	0.776
September	155.9	48.00	21.89	225.6	202.7	1176	1090	0.768
October	108.5	40.90	16.54	157.0	138.9	852	787	0.796
November	69.1	29.96	9.80	100.3	87.7	559	538	0.853
December	55.1	25.29	6.64	79.1	68.7	444	427	0.859
Year	1721.7	576.11	15.90	2457.9	2219.8	12959	12367	0.800

#### Legends

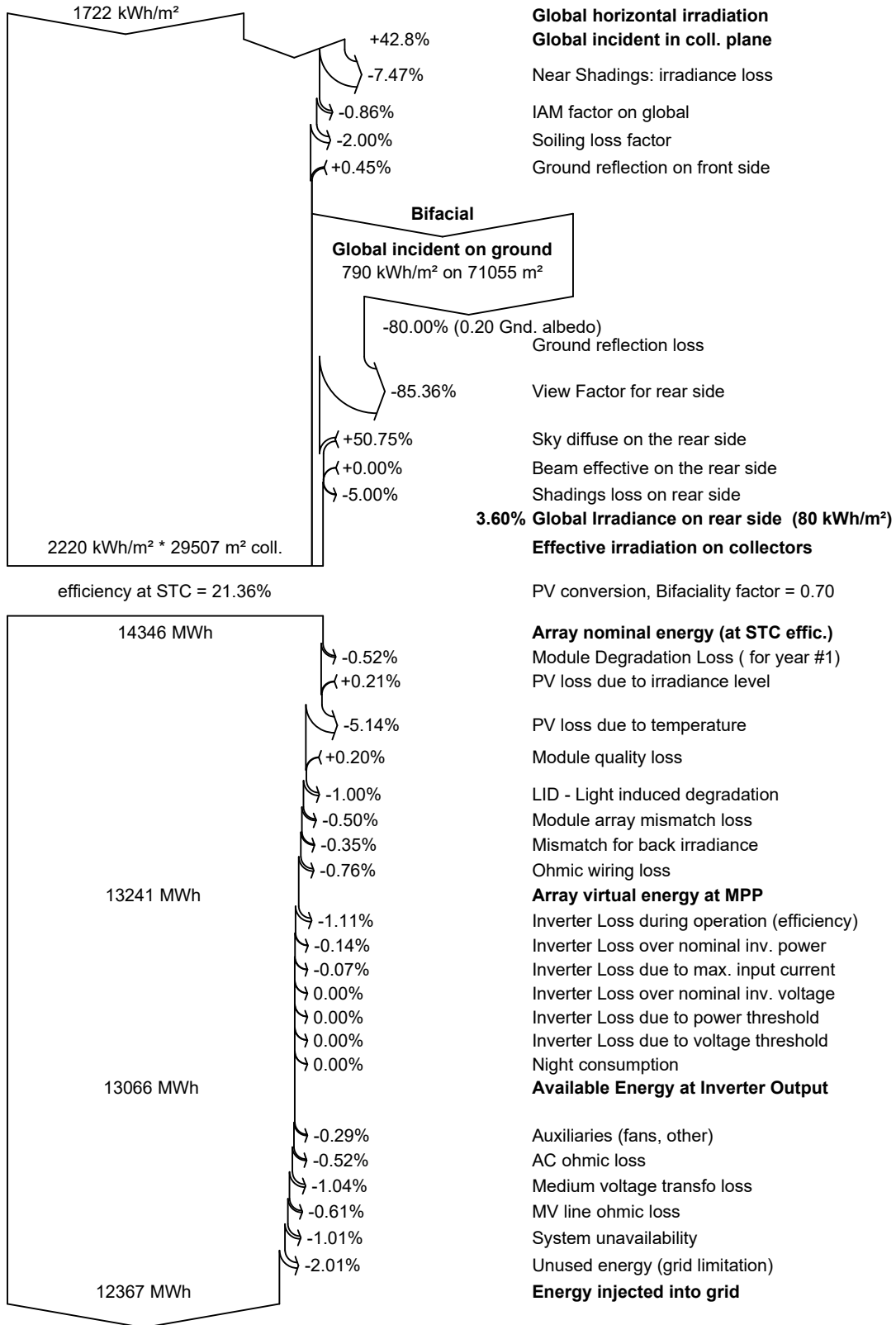
GlobHor	Global horizontal irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
DiffHor	Horizontal diffuse irradiation	E_Grid	Energy injected into grid
T_Amb	Ambient Temperature	PR	Performance Ratio
GlobInc	Global incident in coll. plane		
GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings		



PVsyst V7.2.4

VC1, Simulation date:  
11/03/24 13:00  
with v7.2.4

Loss diagram



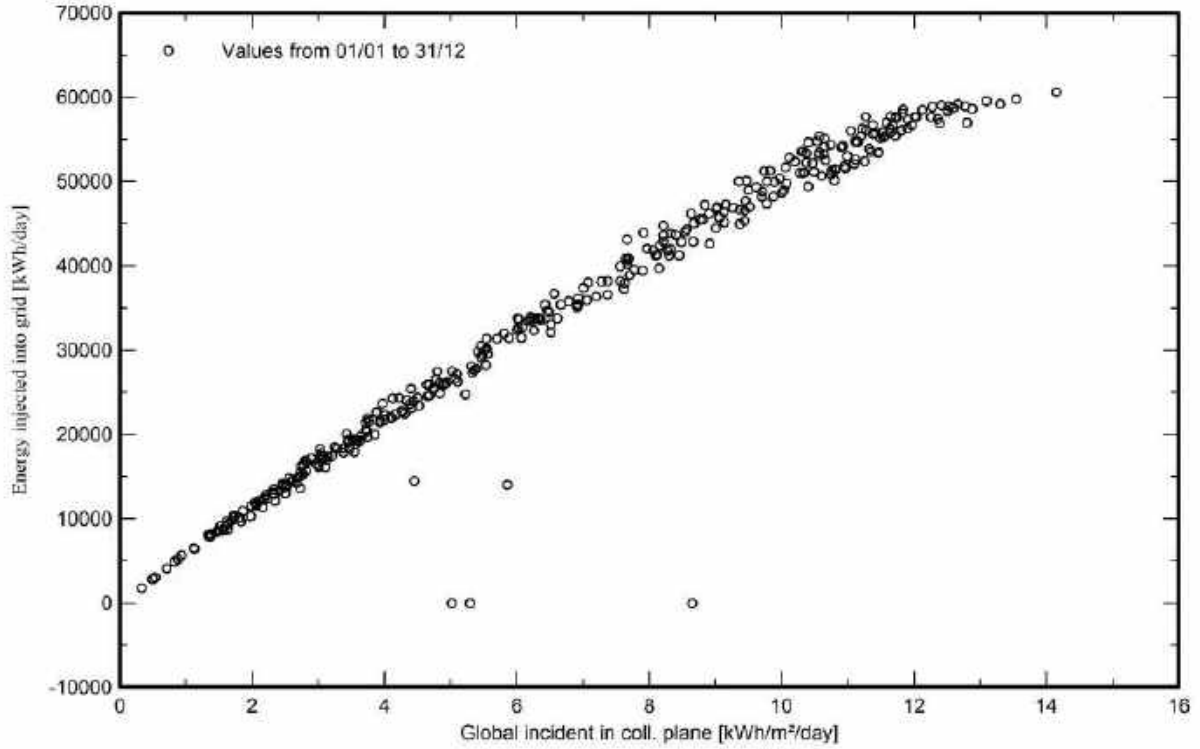


**PVsyst V7.2.4**

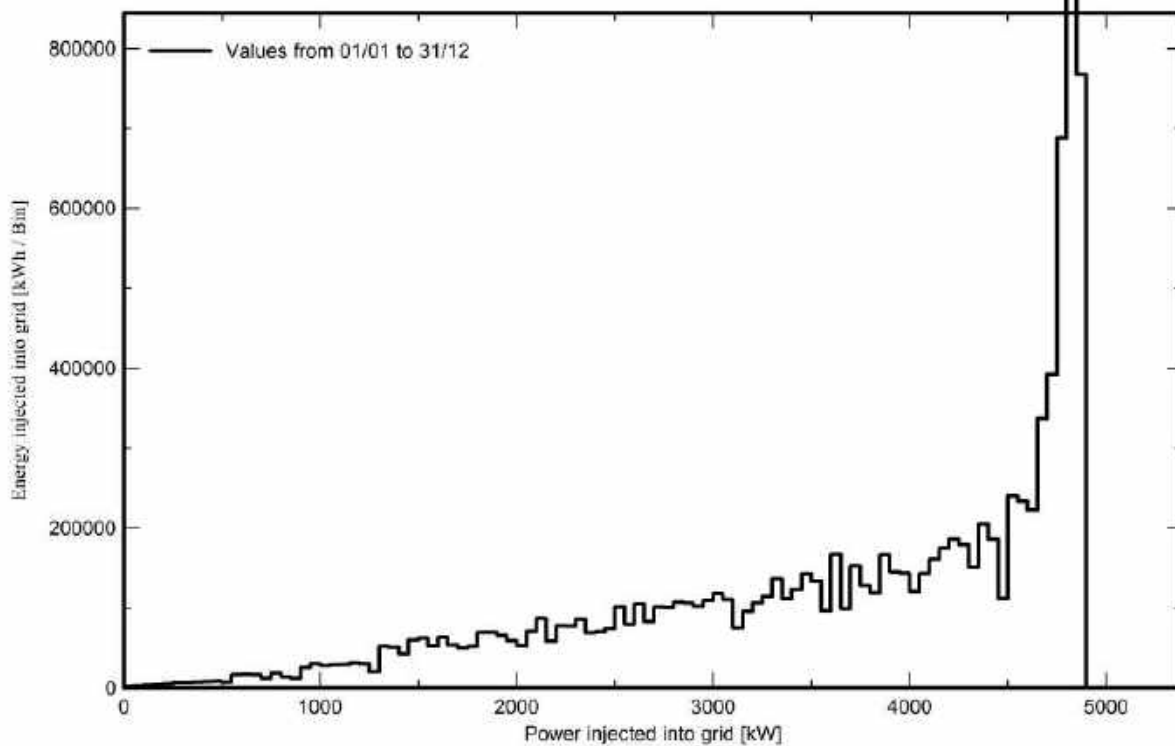
VC1, Simulation date:  
11/03/24 13:00  
with v7.2.4

**Special graphs**

**Diagrama entrada/salida diaria**



**Distribución de potencia de salida del sistema**



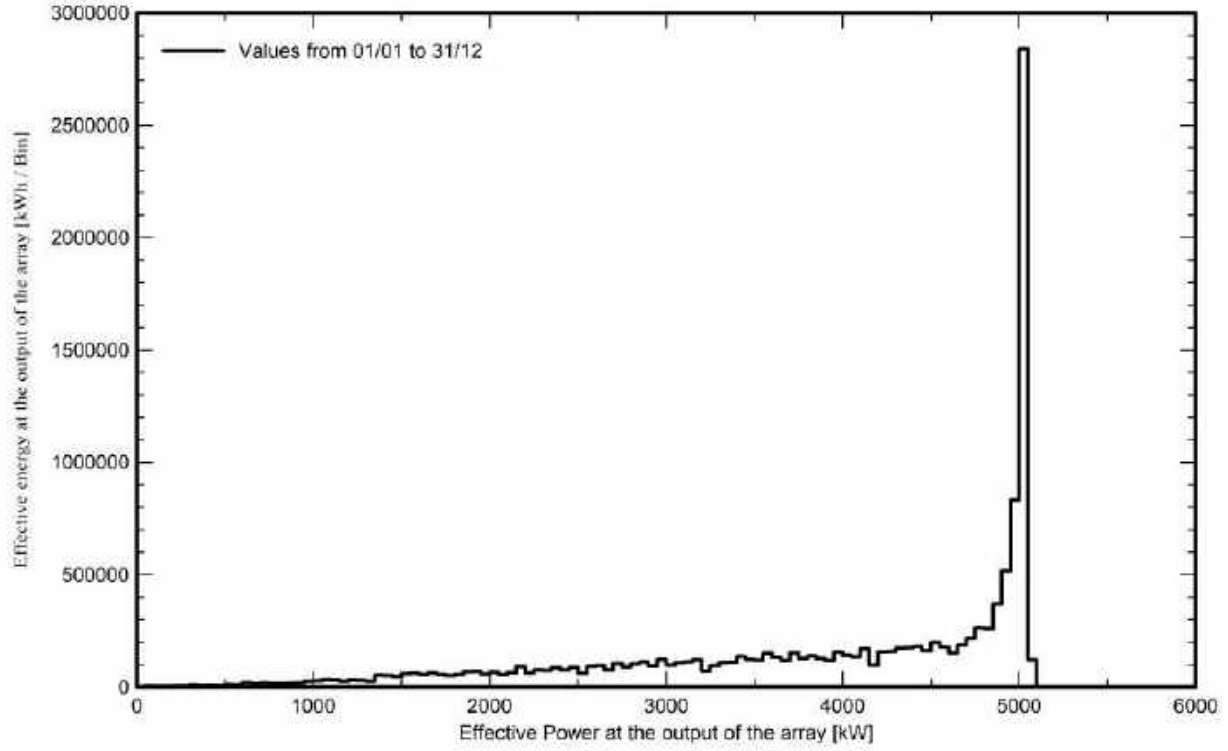


**PVsyst V7.2.4**

VC1, Simulation date:  
11/03/24 13:00  
with v7.2.4

**Predef. graphs**

**Distribución de la potencia del conjunto**



### **3. Justificación elección.**

A la vista de los resultados obtenidos, se puede comprobar que la implantación seleccionada y que se desarrolla en el proyecto es más eficiente que la propuesta debido a:

- La instalación fotovoltaica desarrollada en el proyecto produce 50 MWh/año más con los equipos seleccionados en primer lugar que con los equipos definidos en la alternativa. (12.391 MWh/año para la alternativa y 12.441 MWh/año para la real).
- El rendimiento de la instalación es un 0,32% menor para la alternativa.
- La potencia de los inversores Goodwe GW225K-HT no será aprovechada en su totalidad debido a que el punto de conexión concedido es de 5,00 MW en lugar de los 5,625 MWn que pueden producir estos inversores.
- En el diagrama de pérdidas las pérdidas de operación (Inverter Loss during operation (efficiency)) son mayores en la alternativa, 1,11 %, que en la propuesta 1,05 %.
- La energía inutilizada es mucho mayor en el caso alternativo (2.04 %) que en el desarrollado en el proyecto (0,63 %), debido a la limitación que se impone en el punto de conexión a 5,00 MW.
- Desde el punto de vista económico, la alternativa será menos viable, debido a que la producción anual es menor y la pérdida de energía en el punto de conexión a red como consecuencia de la limitación a 5,00 MW.

Córdoba, Marzo de 2024

El Ingeniero Técnico Superior

El Ingeniero Industrial



# **Anejo 3: Estudio de cortocircuito y flujo de carga**

## **Proyecto ejecutivo de Planta Solar Fotovoltaica Labrador en el T.M. de Navalcarnero (Madrid)**

**Potencia instalada: 5,00 MWn**

**Potencia pico: 6,291 MWp**

Promotor: **PLANTA FOTOVOLTAICA IMAGESOL, S.L.**

Ingeniería: **Ingnova Proyectos**

**Marzo 2024**

## ÍNDICE

<b>1. CÁLCULO DE FLUJO DE CARGA .....</b>	<b>3</b>
1.1. OBJETO.....	3
1.2. DATOS DE PARTIDA .....	3
1.2.1. <i>Datos de la red</i> .....	3
1.2.2. <i>Transformadores de estación de potencia</i> .....	3
1.3. MÉTODO DE CÁLCULO .....	4
1.4. RESULTADOS DEL FLUJO DE CARGAS .....	4
1.4.1. <i>Dimensionado de los embarrados</i> .....	4
1.4.2. <i>Dimensionado de los transformadores</i> .....	5
1.4.3. <i>Flujo de carga</i> .....	5
<b>2. ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO .....</b>	<b>5</b>
2.1. OBJETO.....	5
2.2. DATOS DE LA RED .....	5
2.3. ESQUEMA DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA.....	6
2.4. RESULTADOS ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO .....	7
<b>ANEXO I: ESTUDIO DE FLUJO DE CARGA .....</b>	<b>8</b>
<b>ANEXO II: ESTUDIO DE CORTOCIRCUITOS.....</b>	<b>11</b>
<b>1. TRIFÁSICO .....</b>	<b>12</b>
<b>2. FASE – TIERRA .....</b>	<b>13</b>
<b>3. FASE – FASE.....</b>	<b>14</b>
<b>4. FASE – FASE – TIERRA .....</b>	<b>15</b>
<b>5. RESUMEN DE RESULTADOS .....</b>	<b>16</b>

## 1. Cálculo de flujo de carga

### 1.1. Objeto

El objeto de este documento es realizar el análisis y cálculo del flujo de cargas para el sistema eléctrico de la instalación fotovoltaica.

El estudio incluirá el cálculo de la potencia activa, potencia reactiva y potencia aparente, en los transformadores, para poder definir el rango de operación del voltaje para el sistema eléctrico.

Se realizará el cálculo y estimación de caídas de voltaje, factor de potencia en los alimentadores, flujo de corriente y potencia del sistema eléctrico de la planta. Será necesario tomar en cuenta la variación de los parámetros del voltaje en el sistema eléctrico.

Los objetivos principales de este documento son los siguientes:

- Verificar el nivel de tensión del sistema eléctrico de la subestación.
- Calcular la carga del sistema eléctrico y definir los niveles de corriente nominal de los diversos equipos que forman el sistema eléctrico de la subestación.

### 1.2. Datos de partida

A continuación, se enumeran los valores de los parámetros principales de la red y de los equipos instalados en la planta.

#### 1.2.1. Datos de la red

Se ha modelado la red de 15 kV con los siguientes parámetros:

- Tensión asignada: 15 kV
- Máxima tensión de estado estacionario: 17,5 kV
- Mínima tensión de estado estacionario: 15 kV
- Frecuencia: 50±5% Hz

#### 1.2.2. Transformadores de estación de potencia

- Tensión asignada y rango de tomas: 15 ± 2 x 2,5% /0,8 kV
- Potencia asignada: 3.400 KVA
- Impedancia de cortocircuitos: 12,50 %
- Relación X/R: 45
- Sistema de refrigeración: ONAN
- Grupo vectorial: Dy11

### 1.3. Método de cálculo

Los cálculos serán realizados con el software ETAP Power Station. Los cálculos de flujo de cargas serán realizados mediante el método de Newton-Raphson.

El cálculo del flujo de cargas está basado en las mismas condiciones que el cálculo de cortocircuito para el caso de operación normal al 100% de carga. Ambos análisis han sido realizados con la misma versión del modelo ETAP. Las impedancias de los transformadores han sido estudiadas de manera conjunta en los cálculos de cortocircuito y flujo de cargas, tomando en cuenta las máximas tolerancias de impedancia de acuerdo con la norma IEC 60076-1.

Todas las cargas están modeladas de acuerdo con el siguiente diagrama unifilar.

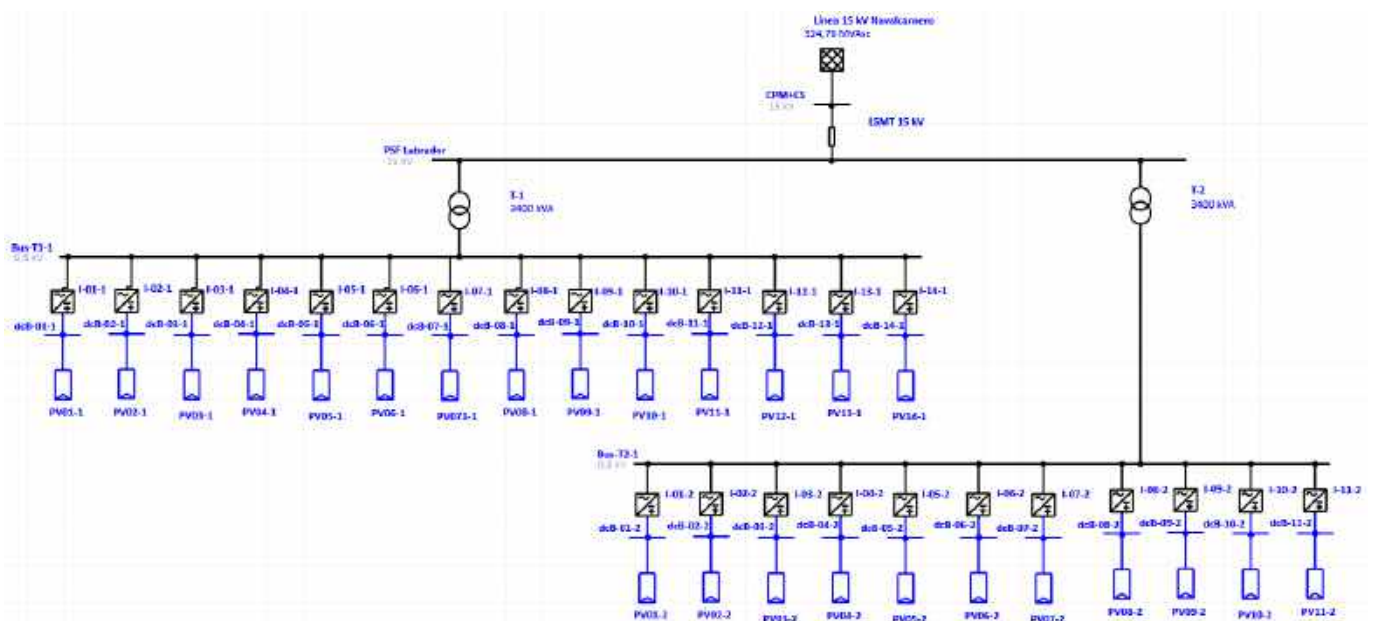


Ilustración 1. Modelo de estudio

El cálculo se ha realizado basándonos en la operación normal de la instalación a un 100% de carga, se ha tenido en cuenta el modo de operación en el cual tanto la planta fotovoltaica está generando la máxima potencia posible.

### 1.4. Resultados del flujo de cargas

#### 1.4.1. Dimensionado de los embarrados

Para cada embarrado se consideran los modos de operación para los que se obtienen las mayores corrientes totales en los mismos y a partir de éstas se determina la corriente asignada al embarrado.

Barra	Tensión nominal (kV)	Potencia de carga (kVA)	Tensión de trabajo (kV)	Intensidad (A)
Bus T – 1	0,8	2.800	0,809	1.997,40
Bus – T2	0,8	2.200	0,815	1.558,30
PSF Labrador	15	4.983	15,22	189,60
CPM+CS	15	4.905	15,00	188,60

Tabla 1. Dimensionado de los embarrados

#### 1.4.2. Dimensionado de los transformadores

Para cada transformador se considera el modo de operación para el que se obtiene la potencia nominal del parque fotovoltaico y a partir de esta se determina la potencia asignada al transformador.

Barra	Potencia nominal (kVA)	Potencia de carga (kW)	Potencia de carga (kVAr)	Intensidad de trabajo (A)
T – 1	3.400	2.794	281,50	107,54
T – 2	3.400	2.189	97,40	84,25

Tabla 2. Dimensionado de los transformadores

#### 1.4.3. Flujo de carga

El estudio de flujo de cargas realizado por el software ETAP puede verse en el *Anexo I: Estudio de flujo de carga*.

## 2. Estudio de cortocircuito

### 2.1. Objeto

El objeto del estudio de cortocircuito es determinar las intensidades de cortocircuito que van a soportar la instalación eléctrica en caso de defecto eléctrico.

El estudio de cortocircuito se ha realizado mediante el software ETAP, en el que se modelará el esquema eléctrico de la instalación representando las líneas de MT y las estaciones de potencia.

### 2.2. Datos de la red

Los datos de la red en el punto de interconexión son los siguientes:

Parámetros	Valor
Tensión nominal (V)	15
Frecuencia (Hz)	50
Potencia de cortocircuito trifásico (MVA)	324,76
Potencia de cortocircuito monofásico (MVA)	39,58

Tabla 3. Datos de la red

El valor de potencia de cortocircuito máximo ha sido establecido la compañía distribuidora en el informe de viabilidad de acceso.

### 2.3. Esquema de la instalación fotovoltaica

A continuación, se muestra el modelo empleado para el cálculo.

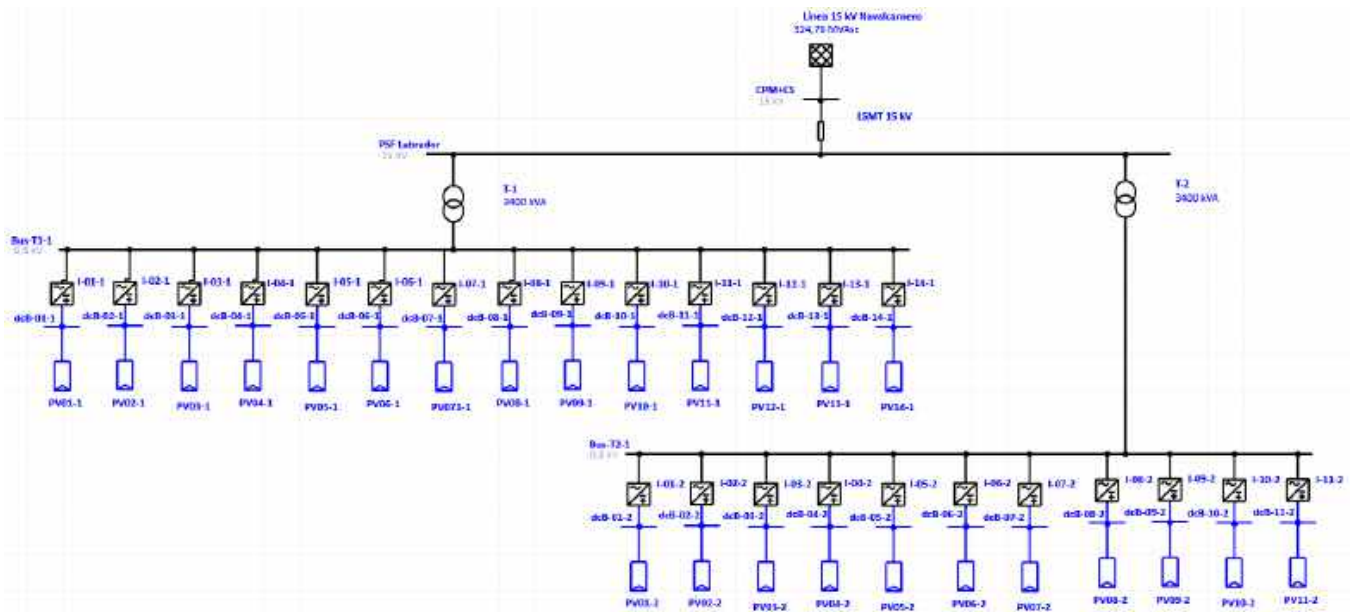


Ilustración 2. Modelo estudio cortocircuito

## 2.4. Resultados estudio de cortocircuito

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos referentes a la corriente de cortocircuito en los embarrados para los distintos tipos de falta:

Barra	Tensión nominal (kV)	Trifásica (kA)	Fase – Tierra (kA)	Fase – Fase (kA)	Fase – Fase – Tierra (kA)
Bus – T1	0,8	21,329	21,242	18,000	22,360
Bus – T2	0,8	30,911	32,656	26,351	33,180
PSF Labrador	15	6,470	1,324	9,227	5,676
CPM+CS	15	12,712	1,524	26,889	10,957

Tabla 4. Resultado estudio de cortocircuito

En el *Anexo II. Estudio de cortocircuito* se reflejan los resultados.

En Córdoba, Marzo de 2024

El Ingeniero Técnico Superior

El Ingeniero Industrial

## Anexo I: Estudio de flujo de carga



### Bus Loading Summary Report

Bus			Directly Connected Load								Total Bus Load		
			Constant kVA		Constant Z		Constant I		Generic		MVA	% PF	Amp
ID	kV	Rated Amp	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar			
Bus-T1	0.800										2.800	100.0	1997.4
Bus-T2	0.800										2.200	100.0	1558.3
CPM+CS	15.000										4.925	99.6	189.6
PSF Labrador	15.000										4.997	99.7	189.6

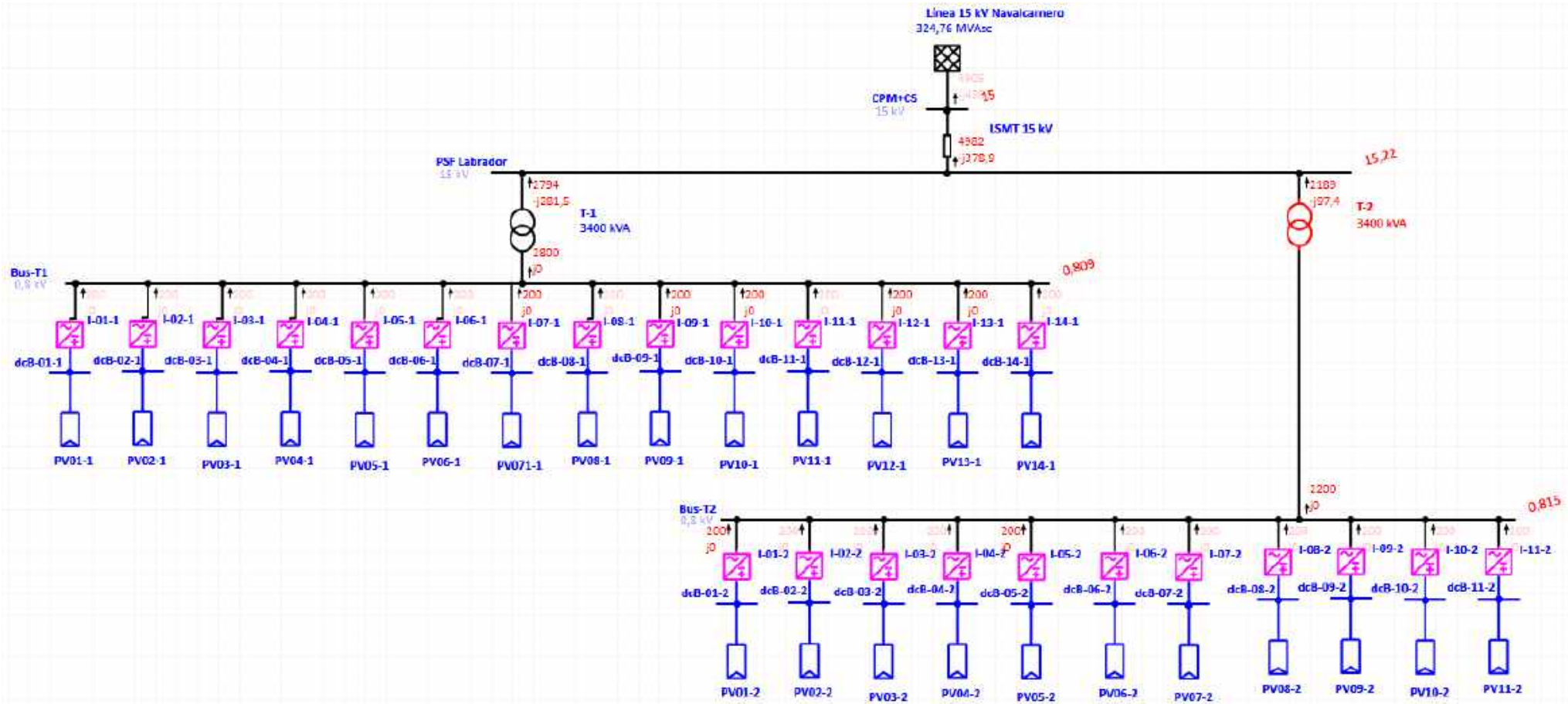
\* Indicates operating load of a bus exceeds the bus critical limit (100.0% of the Continuous Ampere rating).

# Indicates operating load of a bus exceeds the bus marginal limit (95.0% of the Continuous Ampere rating).

### Branch Loading Summary Report

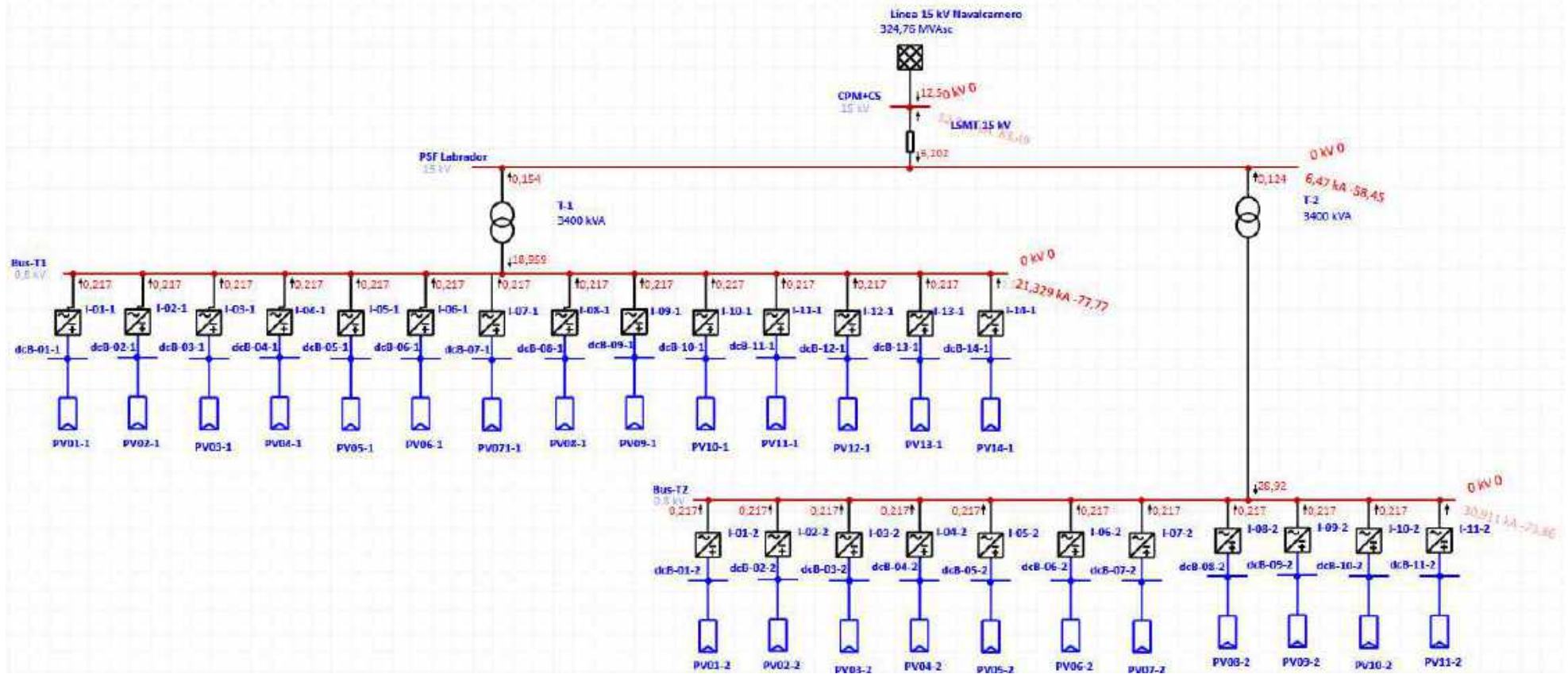
CKT / Branch		Busway / Cable & Reactor			Transformer				
ID	Type	Ampacity (Amp)	Loading Amp	%	Capability (MVA)	Loading (input)		Loading (output)	
						MVA	%	MVA	%
T-1	Transformer				3.400	2.808	82.6	2.800	82.4
T-2	Transformer				3.400	2.200	64.7	2.191	64.4

\* Indicates a branch with operating load exceeding the branch capability.

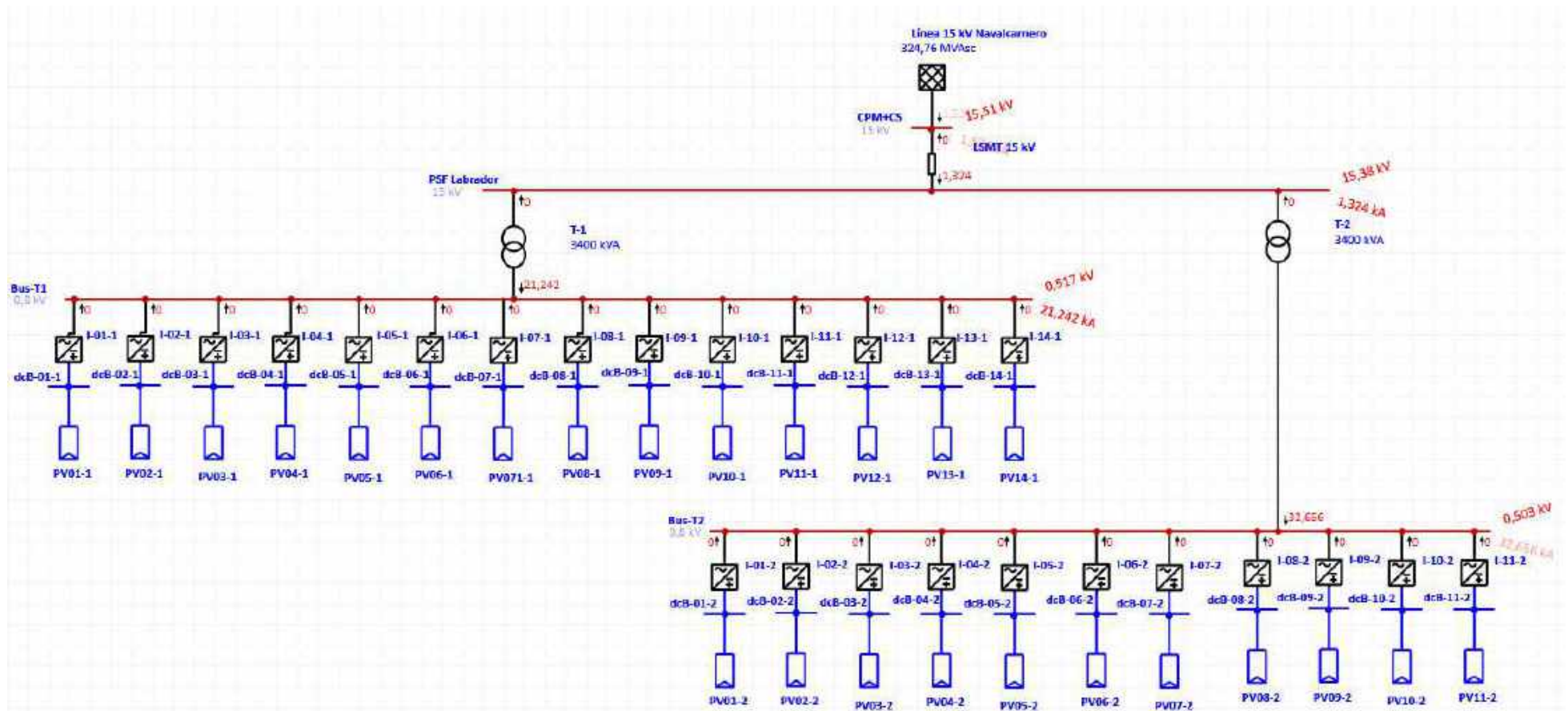


## Anexo II: Estudio de cortocircuitos

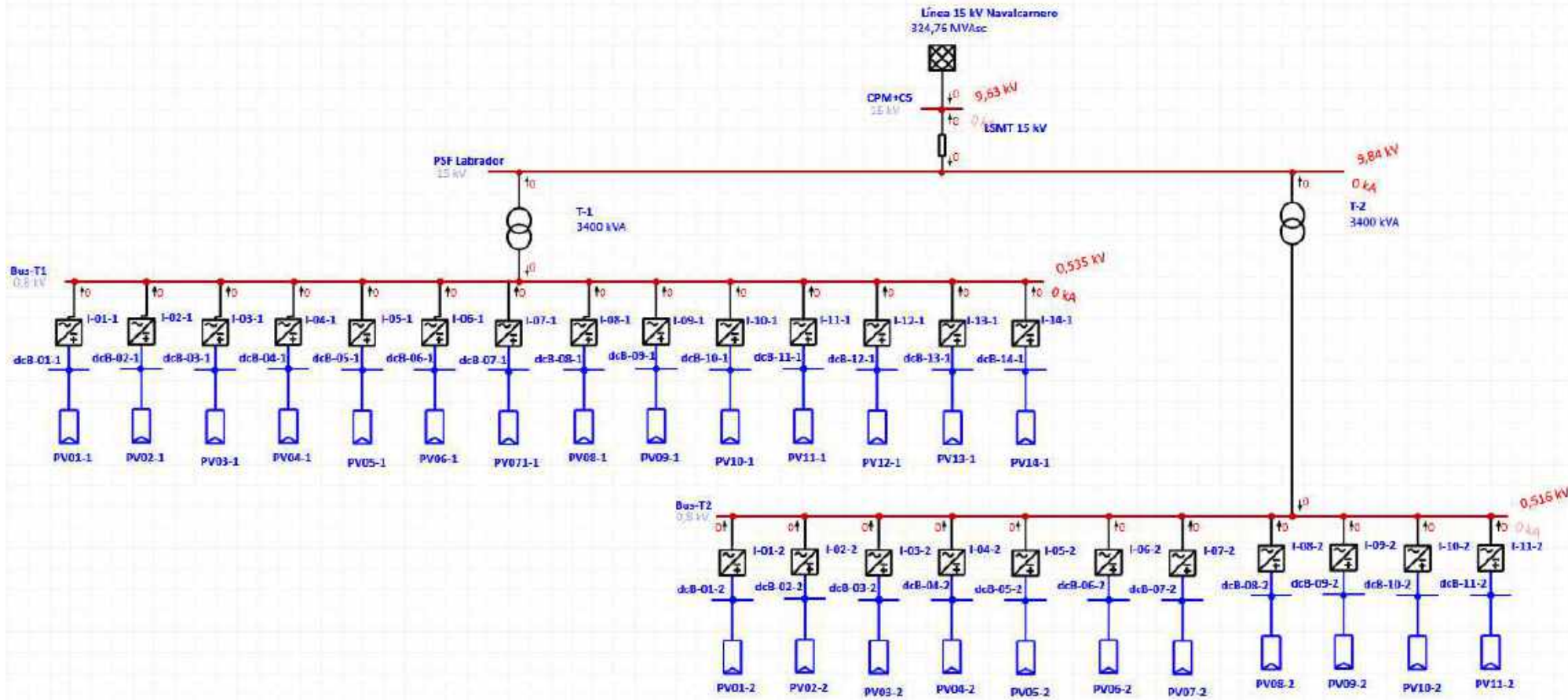
## 1. Trifásico



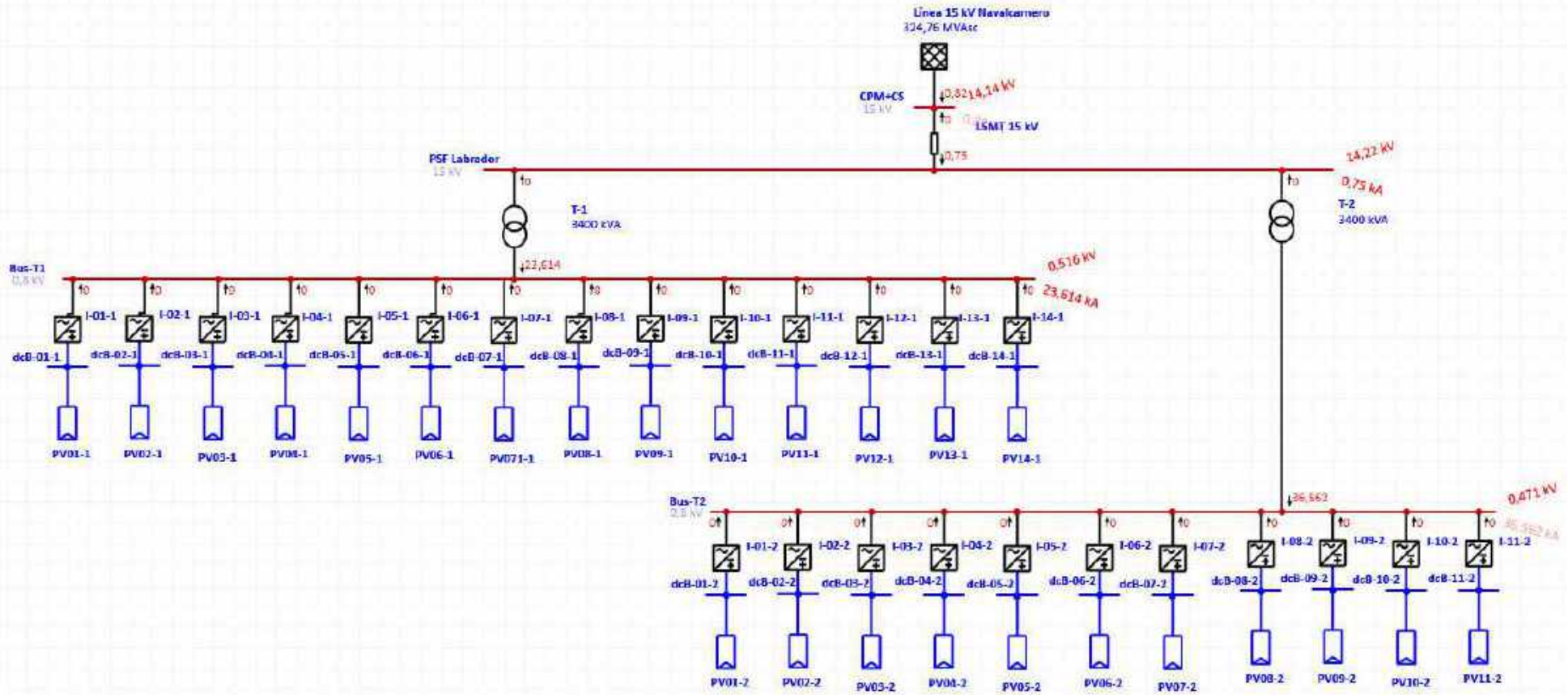
## 2. Fase – tierra



### 3. Fase – Fase



#### 4. Fase – Fase – Tierra



## 5. Resumen de resultados

### Short-Circuit Summary Report

#### 3-Phase, LG, LL, LLG Fault Currents

Bus		3-Phase Fault			Line-to-Ground Fault				Line-to-Line Fault				*Line-to-Line-to-Ground			
ID	kV	I" k	ip	Ik	I" k	ip	Ib	Ik	I" k	ip	Ib	Ik	I" k	ip	Ib	Ik
Bus-T1	0.800	21.329	50.457	23.568	21.242	50.090	21.242	21.242	18.000	42.445	18.000	18.000	22.360	52.727	22.360	22.360
Bus-T2	0.800	30.911	64.706	32.912	32.656	68.358	32.656	32.656	26.351	55.159	26.351	26.351	33.180	69.456	33.180	33.180
CPM+CS	15.000	12.712	31.255	12.931	1.524	3.743	1.524	1.524	10.945	26.889	10.945	10.945	10.957	26.916	10.957	10.957
PSF Labrador	15.000	6.470	10.765	6.690	1.324	2.202	1.324	1.324	5.545	9.227	5.545	5.545	5.676	9.445	5.676	5.676

All fault currents are in rms kA. Current ip is calculated using Method C.

\* LLG fault current is the larger of the two faulted line currents.



# **Anejo 4: Estudio Geológico/Geotécnico**

## **Proyecto ejecutivo de Planta Solar Fotovoltaica Labrador en el T.M. de Navalcarnero (Madrid)**

**Potencia instalada: 5,00 MWn  
Potencia pico: 6,291 MWp**

Promotor: **PLANTA FOTOVOLTAICA IMAGESOL, S.L.**

Ingeniería: **Ingnova Proyectos**

**Marzo 2024**

## ÍNDICE

<b>1. ESTUDIO GEOTÉCNICO.....</b>	<b>3</b>
1.1. MARCO GEOLÓGICO .....	3
1.2. ESTRATIGRAFÍA GENERAL .....	5
1.3. DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA DEL TERRENO .....	7
1.4. ESTIMACIÓN DE LA PRESIÓN ADMISIBLE DEL TERRENO .....	8

## 1. Estudio geotécnico

No se dispone de Estudio Geotécnico, por lo que se estimará el valor de la tensión admisible del terreno conforme a la experiencia del proyectista y a la bibliografía consultada.

### 1.1. Marco geológico

- Dominio geológico (GEODE): Cuenca del Tajo
- Unidad geotectónica 2º orden: Cuenca de Madrid.
- Unidad geológica Ley 42/2007: Estructuras y formaciones geológicas de las cuencas cenozoicas.

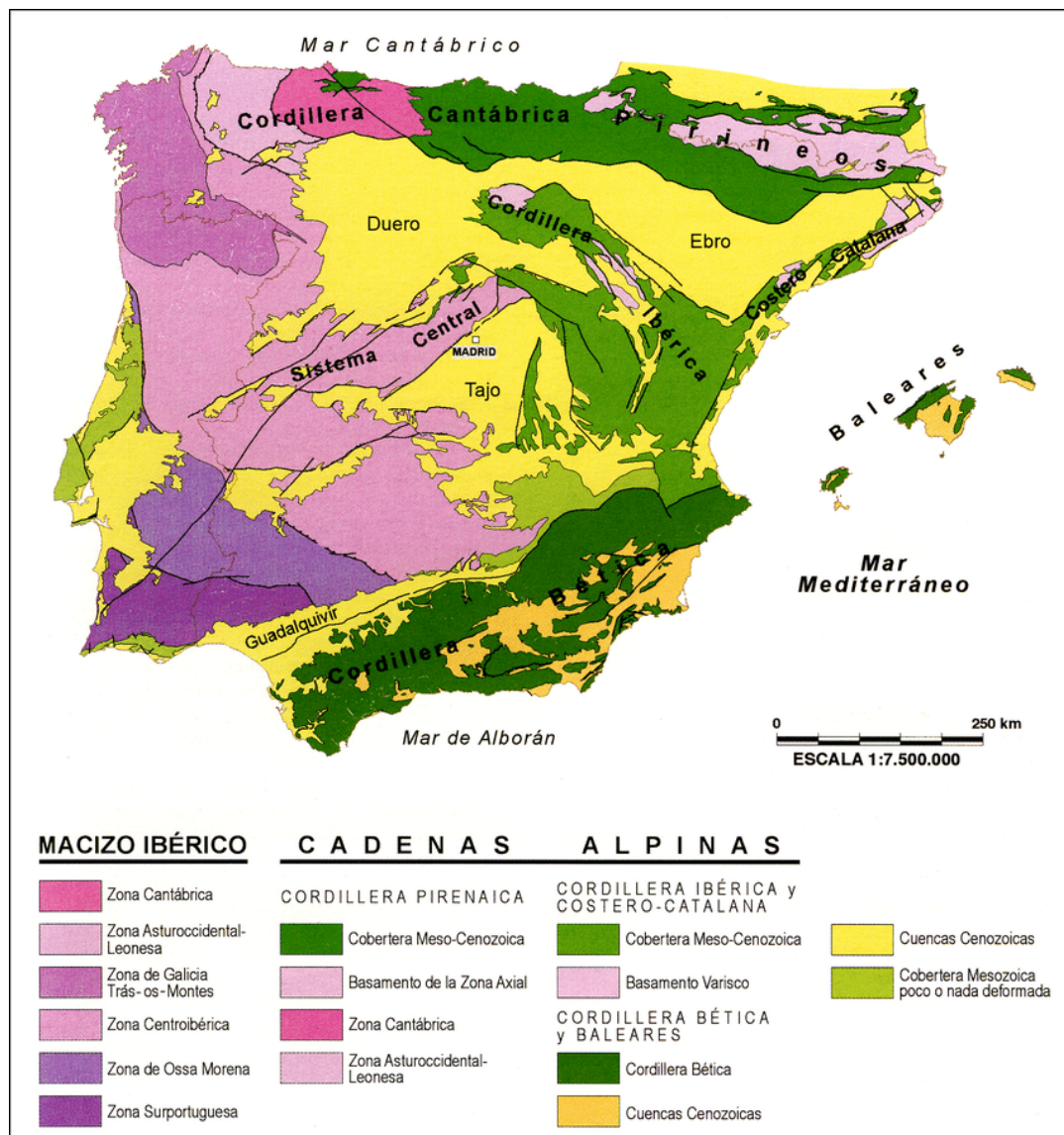


Ilustración 1: Mapa geológico de España

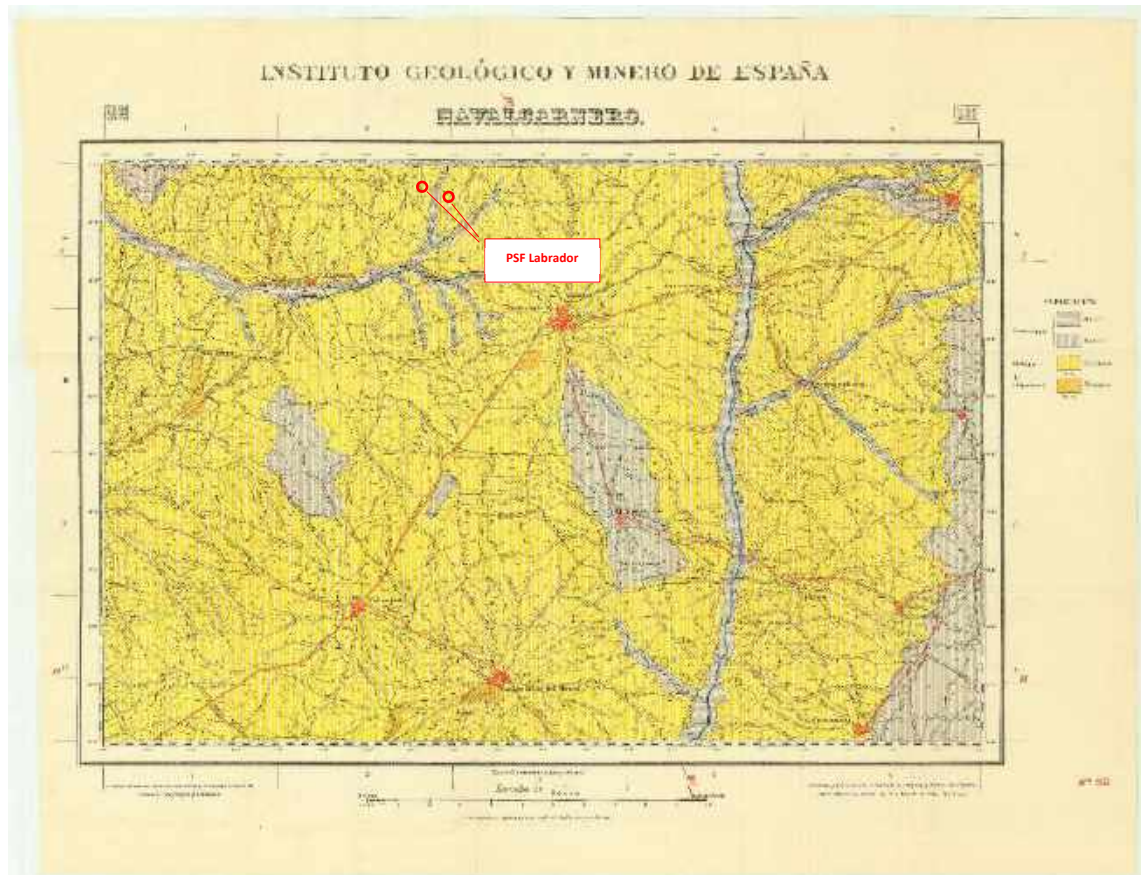


Ilustración 2: Mapa Geológico de España a escala 1:50.000 (1ª Serie) - Hoja 581 (NAVALCARNERO)

La zona objeto de estudio se localiza dentro de la Cuenca del Tajo, que corresponde a una amplia depresión de origen tectónico ("graben") de más de 15.000 km<sup>2</sup> de extensión.

Desde el punto de vista estructural, se caracteriza por ser una cuenca intraplaca generada por la deformación alpina, con una evolución morfotectónica condicionada por los accidentes o fracturas tardihercínicas.

La individualización dentro del borde oriental del Macizo Hespérico de la Cordillera o Sistema Central, como bloque levantado y área fuente de sedimentos detríticos, y de la Cuenca del Tajo, como zona de hundimiento y receptora de estos sedimentos y de los suministrados por la erosión de los demás relieves circundantes, es un fenómeno que se produjo a partir del Terciario inferior, como consecuencia de la reactivación alpina de los desgarres producidos durante las últimas etapas hercínicas en el citado macizo.

Esta reactivación fue contemporánea de compresiones tardías transversales a la directriz de la Cordillera Ibérica, que forma el borde NE de la cuenca, relacionadas con etapas de convergencia entre las placas euroasiática y africana.

Así, como resultado de la evolución estructural apuntada, la Cuenca de Madrid aparece limitada por márgenes especialmente heterogéneos: orógenos hercínicos reciclados (Sistema Central, Montes de Toledo), cadenas alpinas plegadas donde

aparecen implicadas formaciones mesozoicas (Cordillera Ibérica en su rama castellana) y mantos ascendidos (lineación de Altomira).

Todo ello condiciona una neta variabilidad en cuanto a la composición de las áreas fuente, que incide en la litología de los sedimentos que componen los sistemas aluviales así como en la de los depósitos lacustres marginales.

## 1.2. Estratigrafía general

Desde el punto de vista geológico, la zona afectada se encuadra fundamentalmente dentro de la denominada cubeta alta del Tajo, rellena en su mayor parte por depósitos terciarios, principalmente miocenos.

En la estratigrafía general del Mioceno de la Cuenca de Madrid se diferencian tres grandes unidades, separadas por discontinuidades debidas a causas tectónicas:

- Unidad Inferior: constituyen los depósitos más antiguos de la cuenca y a ella pertenecen tres tipos de facies:
  - Al pie de la sierra los depósitos de facies de borde están formados por grandes bolos o bloques que hacia el Sur pasan a arcosas con intercalaciones de arcillas (Unidad de arcosas, arcillas arenosas y limos).
  - En los alrededores de Madrid los materiales son arcillosos y corresponden ya a las facies de transición (Unidad de arcillas, arenas finas y niveles finos de yesos). Este cambio lateral de facies es visible en varios afloramientos al Sur del área urbana de Madrid.
  - La litología dominante en las facies centrales de cuenca es de yesos y otras sales, con frecuentes intercalaciones de arcillas (Unidad de yesos tableados, yesos masivos, arcillas y margas yesíferas).
- Unidad intermedia: en el Norte de la cuenca presenta facies detríticas muy similares a las de la unidad inferior, por lo que resulta difícil su diferenciación.

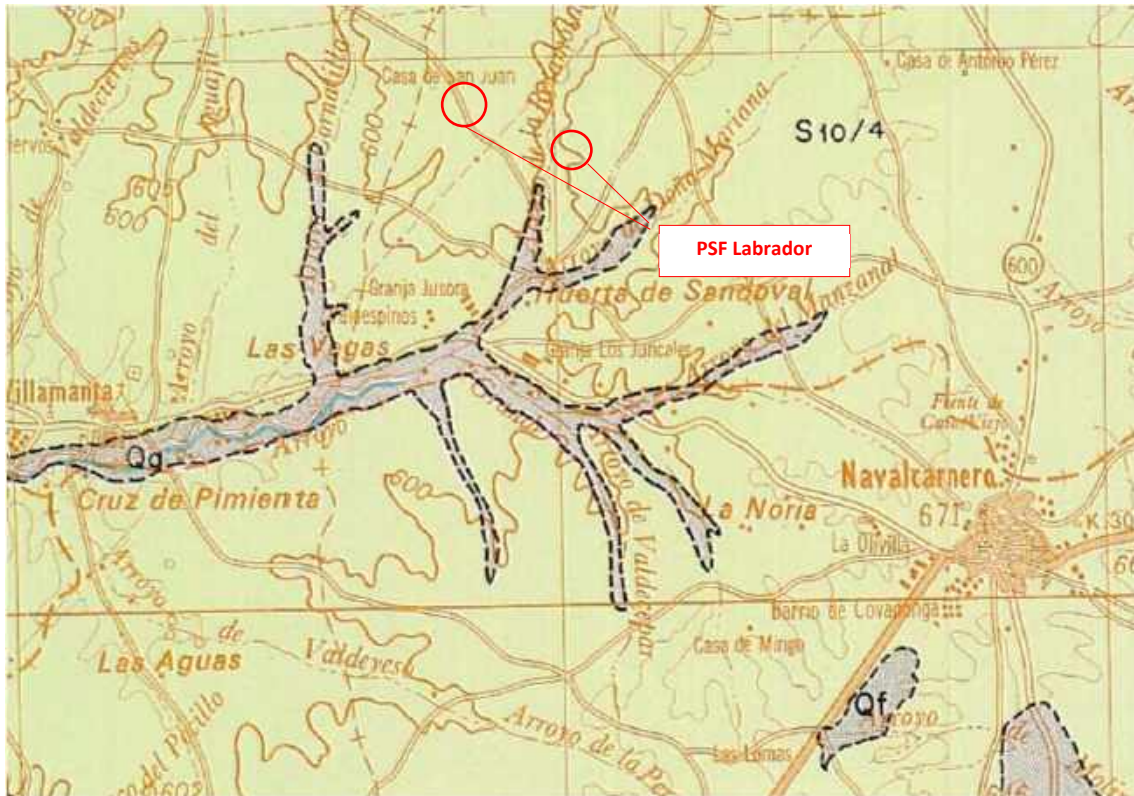
Los sedimentos de la facies de transición se componen, fundamentalmente, de arcillas verdes y salmón con intercalación de niveles carbonatados, de sílex y sepiolita, y en la zona de tránsito con las facies detríticas aparecen intercalaciones de arenas micáceas (Unidad de arcillas verdes, arenas micáceas, dolomías y sílex).

Más hacia el centro de la cuenca se depositan calizas con intercalaciones arcillosas (Unidad de calizas, dolomías y margas); mientras que en las zonas más centrales de la cuenca predominan los yesos de tipo detrítico, intercalados con yesos masivos y arcillas verdosas (Unidad de yesos detríticos, margas yesíferas y carbonatos). En muchos sectores la unidad intermedia culmina con niveles de caliza y sílex. Una característica importante de esta unidad es que alberga la totalidad de los yacimientos paleontológicos clásicos del área de Madrid.

- Unidad superior: el límite inferior está marcado por una discordancia erosiva sobre la que se disponen conglomerados, areniscas, fangos, arcillas y margas (Unidad de conglomerados, arenas y arcillas). Su espesor es muy variable y puede no aparecer en algunas zonas.

Sobre esta base detrítica descansa el tramo superior de la unidad conocido como Caliza del Páramo (Unidad de calizas y margocalizas). La caliza suele aparecer fracturada y karstificada, con tonos rojizos debidos a las arcillas de descalcificación.

Los restos fósiles permiten datar esta unidad como Mioceno Superior — Plioceno.



**LEYENDA**

**ROCAS SEDIMENTARIAS**

<b>S10+</b> Arenas y Arcillas	<b>S10</b> Muebles
<b>S20+</b> Margocalizas y Pólvoras	<b>S1</b> Calizas
<b>S1+</b> Arcillas	<b>S10+</b> Margas y Yesos
<b>S100+</b> Arenas y Betas	

Ilustración 3: Mapa Litológico E.1:100.000 - Hoja 09-12 - Navalcarnero

### 1.3. Descripción geológica del terreno

Según el Mapa litológico del IGME consultado en el terreno de la zona afectada por el proyecto se localizan los materiales miocenos de la Cuenca del Tajo, integrados en esta zona fundamentalmente por la unidad de arcosas y arcillas.

La unidad de arcosas y arcillas está formada por una alternativa monótona de arcosas, frecuentemente muy arcillosas, y arcillas arenosas que se estructuran en secuencias granodecrecientes arcosas – arcillas arenosas. Constituyen un suelo granular de compacidad densa a muy densa con una capacidad portante media-alta.

Por su parte, consultado el “*Mapa predictor de riesgo por Expansividad de Arcillas de España a escala 1:1.000.000*” del IGME se comprueba que la ubicación elegida para la planta se localiza en zona de riesgo de expansividad nulo a bajo:

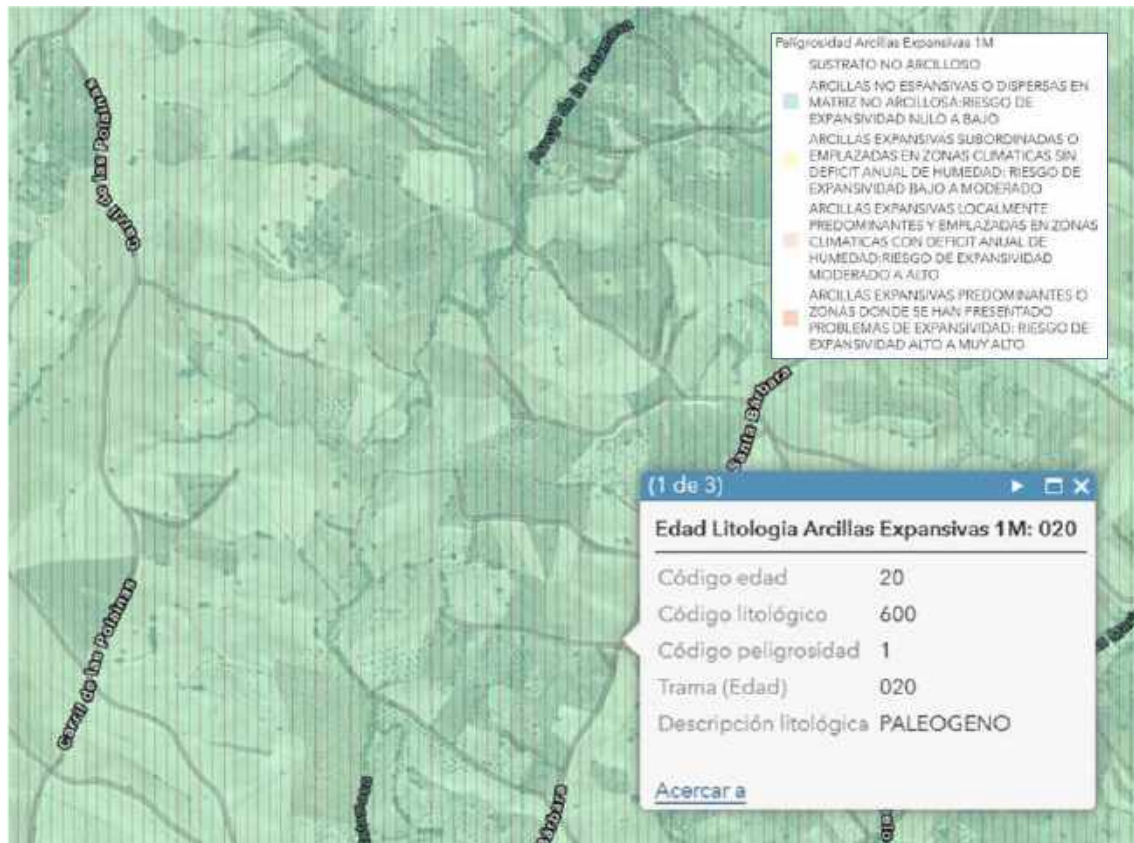


Ilustración 4: Mapa predictor de riesgo por Expansividad de Arcillas de España – Isla Oeste

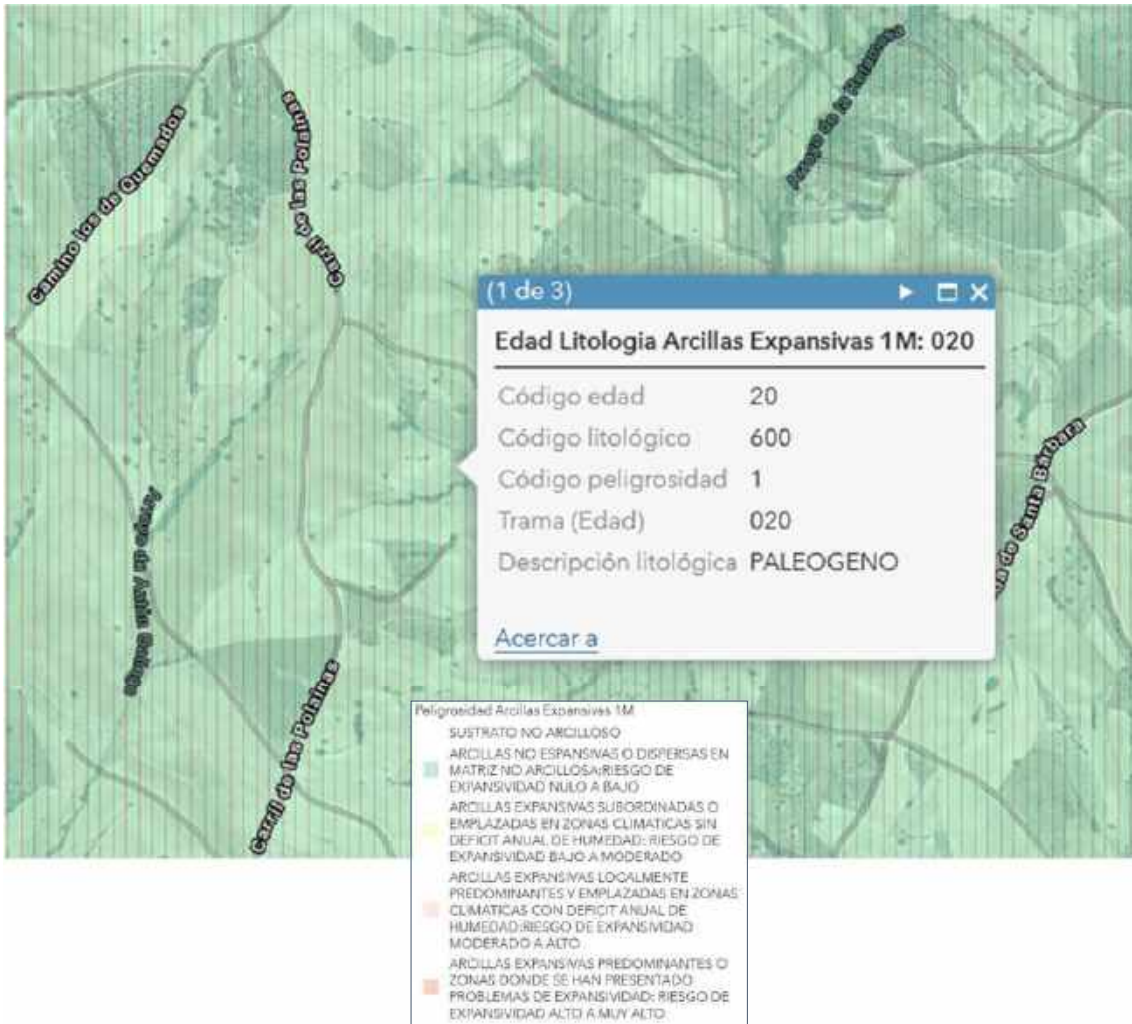


Ilustración 5: Mapa predictor de riesgo por Expansividad de Arcillas de España – Isla Este

#### 1.4. Estimación de la presión admisible del terreno

En base a lo expuesto en el presente Anejo, podemos considerar que el terreno sobre el que se proyecta la PSF Labrador presenta una buena calidad, pudiéndose estimar una tensión admisible para el mismo de **1,5 Kg/cm<sup>2</sup>**.

Córdoba, Marzo de 2024

El Ingeniero Técnico Superior

El Ingeniero Industrial



# **Anejo nº 5: Estudio Hidrológico y Drenajes**

## **Proyecto ejecutivo de Planta Solar Fotovoltaica Labrador en el T.M. de Navalcarnero (Madrid)**

**Potencia instalada: 5,00 MWn  
Potencia pico: 6,291 MWp**

Promotor: **PLANTA FOTOVOLTAICA IMAGESOL, S.L.**

Ingeniería: **Ingnova Proyectos**

**Marzo 2024**

## ÍNDICE

<b>ESTUDIO INUNDABILIDAD .....</b>	<b>5</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>6</b>
1.1. ANTECEDENTES Y OBJETO .....	6
1.2. NORMATIVA APLICACIÓN .....	6
<b>2. CARACTERIZACIÓN ZONA DE ESTUDIO .....</b>	<b>12</b>
2.1. OBJETO DEL ESTUDIO .....	12
2.2. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO .....	12
2.3. DESCRIPCIÓN FÍSICA .....	14
HIDROLOGÍA .....	16
EDAFOLOGÍA .....	19
CLIMATOLOGÍA .....	21
GEOLOGÍA .....	22
<b>3. ESTUDIO HIDROLÓGICO .....</b>	<b>25</b>
3.1. CÁLCULO DE LAS CUENCAS DE ESTUDIO .....	25
3.2. DATOS .....	25
3.3. DEFINICIÓN DE LAS CUENCAS DE ESTUDIO .....	27
3.4. TRATAMIENTO DE DATOS .....	27
3.4.1 <i>Obtención red drenaje y cuencas de estudios</i> .....	28
3.4.2 <i>Cuencas de estudio</i> .....	29
<b>4. CALCULO CAUDALES CUENCAS DE ESTUDIO .....</b>	<b>31</b>
4.1. MÉTODO DE CÁLCULO .....	31
4.2. CÁLCULO DE LAS PRECIPITACIONES MÁXIMA DIARIAS .....	32
4.3. MÉTODO RACIONAL .....	33
3.4.1 <i>Fórmula general de cálculo</i> .....	33
3.4.2 <i>Cálculo del tiempo de concentración</i> .....	34
4.4. INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN .....	39
4.4.1 <i>Intensidad media diaria</i> .....	39
4.4.2 <i>Intensidad media diaria de precipitación corregida (Id)</i> .....	40
4.4.3 <i>Factor de intensidad Fint</i> .....	40
4.4.4 <i>Obtención de Fa</i> .....	41
4.4.5 <i>Obtención de Fb (adimensional)</i> .....	42
4.4.6 <i>Las curvas intensidad-duración-frecuencia (IDF)</i> .....	43
4.5. CONSTRUCCIÓN DE LAS CURVAS IDF .....	44
4.6. COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA .....	45
4.6.1 <i>Fórmula de cálculo</i> .....	45
4.7. UMBRAL DE ESCORRENTÍA .....	46
4.8. COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD EN LA DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DE LA PRECIPITACIÓN .....	50
4.9. CÁLCULO CAUDALES DE ESTUDIO. ....	51
<b>5. ESTUDIO HIDRÁULICO .....</b>	<b>53</b>
5.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....	53
5.2. OBTENCIÓN ORTOFOTO Y MODELO DIGITAL DEL TERRENO .....	53
5.3. GEOMETRÍA DEL MODELO .....	55

5.4.	PARÁMETROS A INTRODUCIR EN EL MODELO.....	57
5.5.	CONDICIONES DE ENTRADA .....	59
5.6.	CONDICIONES DE SALIDA .....	63
5.7.	TIPOS DE MALLA PROGRAMA IBER.....	65
5.8.	CREACIÓN MALLA IBER .....	66
5.9.	DATOS DEL PROBLEMA .....	68
5.10.	PARÁMETROS GENERALES .....	69
5.11.	PESTAÑA RESULTADOS .....	69
5.12.	CÁLCULO DEL MODELO.....	71
5.13.	POST-PROCESO.....	71
<b>6.</b>	<b>DELIMITACIÓN MÁXIMA CRECIDA ORDINARIA .....</b>	<b>72</b>
6.1.	DEFINICIÓN DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO .....	72
6.2.	MÁXIMA CRECIDA ORDINARIA.....	72
<b>7.</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>75</b>
7.1.	RESULTADOS T10 AÑOS .....	75
7.2.	RESULTADOS T100 AÑOS .....	76
7.3.	RESULTADOS T500 AÑOS .....	77
<b>8.</b>	<b>CONCLUSIONES ESTUDIO INUNDABILIDAD .....</b>	<b>78</b>
8.1.	CONCLUSIONES OBTENIDAS.....	78
<b>9.</b>	<b>DATOS DE CÁLCULOS CUENCAS DE ESTUDIO.....</b>	<b>79</b>
9.1.	DATOS GENERALES DE LAS CUENCAS.....	79
9.2.	TIEMPO DE CONCENTRACIÓN.....	80
9.3.	CÁLCULO PRECIPITACIONES MÁXIMAS DIARIAS .....	80
9.4.	DISTRIBUCIÓN PROBABILIDADES PLUVIOMÉTRICAS .....	81
9.5.	TABLA DE REGRESIÓN I-D-T .....	81
9.6.	COEFICIENTE DE REGRESIÓN .....	83
9.7.	FACTOR FA .....	84
9.8.	FACTOR DE INTENSIDAD.....	84
9.9.	INTENSIDAD MEDIA DE PRECIPITACIÓN CORREGIDA.....	85
9.10.	PO CUENCA DE ESTUDIO .....	85
9.11.	UMBRAL DE ESCORRENTÍA .....	86
9.12.	COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA .....	87
9.13.	COEFICIENTE Kt.....	88
9.14.	CAUDALES DE ESTUDIO.....	88
	<b>ESTUDIO DRENAJE.....</b>	<b>89</b>
<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>90</b>
1.1.	OBJETIVO DEL ESTUDIO DE DRENAJE.....	90
<b>2.</b>	<b>CÁLCULO DE LAS PRECIPITACIONES .....</b>	<b>90</b>
2.1.	CREACIÓN DEL HIETOGRAMA .....	91
<b>3.</b>	<b>MODELIZACIÓN HIDRÁULICA DRENAJE.....</b>	<b>94</b>
3.1.	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	94
3.2.	GEOMETRÍA DEL MODELO .....	94

3.3.	PARÁMETROS A INTRODUCIR EN EL MODELO.....	96
3.4.	CONDICIONES DE ENTRADA .....	98
3.5.	CONDICIONES HIDROLÓGICAS .....	102
3.6.	CONDICIONES DE SALIDA .....	106
3.7.	TIPOS DE MALLA PROGRAMA IBER.....	109
3.8.	CREACIÓN MALLA IBER .....	110
3.9.	DATOS DEL PROBLEMA .....	112
3.10.	PARÁMETROS GENERALES .....	113
3.11.	PESTAÑA RESULTADOS .....	113
3.12.	CÁLCULO DEL MODELO.....	115
3.13.	POST-PROCESO.....	115
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>116</b>
4.1.	RESULTADOS T50 AÑOS .....	116
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES ESTUDIO DRENAJE .....</b>	<b>118</b>
5.1.	CONCLUSIONES OBTENIDAS .....	118
<b>6.</b>	<b>MEDIDAS CORRECTORAS .....</b>	<b>119</b>
6.1.	CONCLUSIONES OBTENIDAS .....	119
<b>7.</b>	<b>PARTICULARIDADES DE DESARROLLO DEL ESTUDIO.....</b>	<b>120</b>
7.1.	METODOLOGÍA PROGRAMA IBER.....	120
7.2.	MÓDULOS DE CÁLCULO DE IBER .....	121
7.3.	ESTRUCTURA DEL PROGRAMA .....	124

## ESTUDIO INUNDABILIDAD

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Antecedentes y objeto

Se realiza el presente estudio de inundabilidad suscrito por técnico competente para cumplimiento de la normativa pertinente según las prescripciones técnicas de la Confederación del Tajo.

Para la simulación de la avenida o lámina de inundación de los cauces, se utilizará el programa Iber (Versión 2.5.2). En este se realizará las siguientes simulaciones:

En este estudio se realizará las siguientes simulaciones:

- Simulación del estado actual y los efectos de la avenida para un periodo de retorno de 10, 100 y 500 años
- Recopilación de información de precipitación de la zona de estudio a través de las Máximas Lluvias diarias en la España Peninsular (MAXPLUWIN)
- Modelización matemática a partir de modelos hidráulicos bidimensionales utilizando los modelos digitales del terreno procedente de la información topográfica existente en el IGN (Instituto Geográfico Nacional).

### 1.2. Normativa Aplicación

Tal Se redacta el presente estudio hidrológico e hidráulico en relación a la siguiente normativa:

- Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, que desarrolla los títulos preliminar I, IV, V, VI y VII de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas.

- Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas.

- Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Planificación Hidrológica

- Directiva 2007/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2007, relativa a la evaluación y gestión de los riesgos de inundación.

- Real Decreto 638/2016, de 9 de diciembre, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, el Reglamento de Planificación Hidrológica, aprobado por el Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, y otros reglamentos en materia de gestión de riesgos de inundación, caudales ecológicos, reservas hidrológicas y vertidos de aguas residuales.

- Real Decreto 665/2023, de 18 de julio, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por Real Decreto 849/1986, de 11 de abril; el

Reglamento de la Administración Pública del Agua, aprobado por Real Decreto 927/1988, de 29 de julio; y el Real Decreto 9/2005, de 14 de enero, por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados

Ante cualquier actuación se deberán tener en cuenta, en la medida que corresponda su aplicación en cada caso, los preceptos relativos a:

- Zonas de Servidumbre: Respetará una franja de 5 m de anchura paralelas a los cauces para permitir el uso público regulado en el Reglamento del Dominio Público Hidráulico

- Zonas de Policía: banda de 100 metros de anchura paralelas a los cauces de los ríos en las que hay que obtener autorización previa del Organismo de la Cuenca, para efectuar las actuaciones de acuerdo al Reglamento.

Cauces de Dominio Público Hidráulico. Obtener autorización previa del Organismo de la Cuenca para el uso o las obras dentro del cauce público (art. 51 al 77; 126 al 127 y 136 del Reglamento).

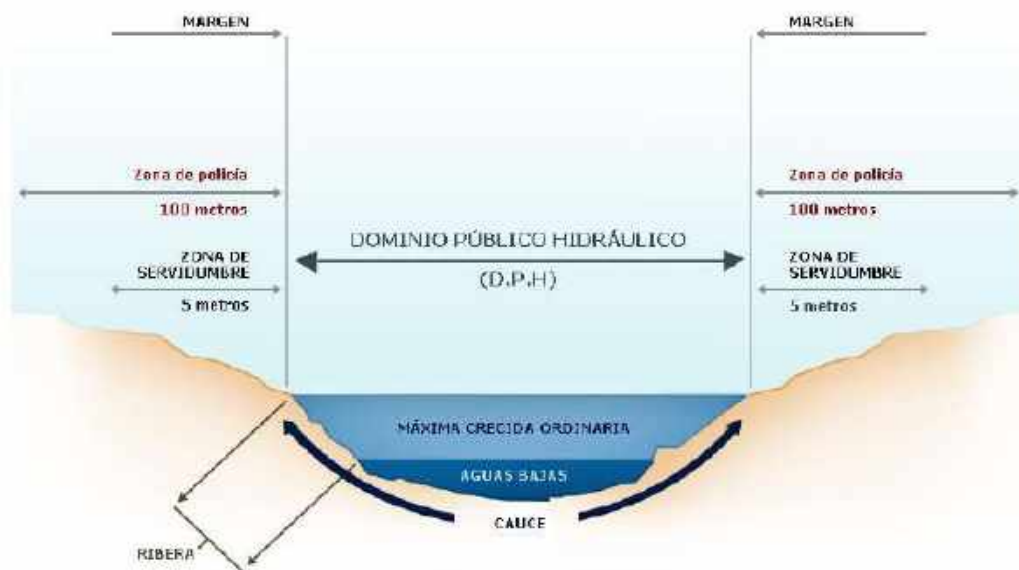


Ilustración 1. Zonificación del espacio fluvial

A continuación, se enumera la normativa en referencia a zonas susceptibles de ser invadidas por las crecidas de los cauces de corrientes naturales y que será adoptada como marco de referencia para el desarrollo del presente estudio.

**Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas:**

- **Artículo 11. Las zonas inundables.**

1. Los terrenos que puedan resultar inundados durante las crecidas no ordinarias de los lagos, lagunas, embalses, ríos o arroyos, conservarán la calificación jurídica y la titularidad dominical que tuvieren.

2. Los Organismos de cuenca darán traslado a las Administraciones competentes en materia de ordenación del territorio y urbanismo de los datos y estudios disponibles sobre avenidas, al objeto de que se tengan en cuenta en la planificación del suelo y, en particular, en las autorizaciones de usos que se acuerden en las zonas inundables.

3. El Gobierno, por Real Decreto, podrá establecer las limitaciones en el uso de las zonas inundables que estime necesarias para garantizar la seguridad de las personas y bienes. Los Consejos de Gobierno de las Comunidades Autónomas podrán establecer, además, normas complementarias de dicha regulación.

**Real Decreto 665/2023, de 18 de julio, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por Real Decreto 849/1986, de 11 de abril; el Reglamento de la Administración Pública del Agua, aprobado por Real Decreto 927/1988, de 29 de julio; y el Real Decreto 9/2005, de 14 de enero, por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados**

• Artículo 9.

1. En la zona de policía de 100 metros de anchura medidos horizontalmente a partir del cauce quedan sometidos a lo dispuesto en este reglamento las siguientes actividades y usos del suelo:

- a) Las alteraciones sustanciales del relieve natural del terreno.
- b) Las extracciones de áridos.
- c) Las construcciones de todo tipo, tengan carácter definitivo o provisional.

d) Cualquier otro uso o actividad que suponga un obstáculo para la corriente en régimen de avenidas o que pueda ser causa de degradación o deterioro del estado de la masa de agua, del ecosistema acuático, y en general, del dominio público hidráulico.

2. Sin perjuicio de la modificación de los límites de la zona de policía, cuando concurra alguna de las causas señaladas en el artículo 6.2 del TRLA, la zona de policía podrá ampliarse, si ello fuese necesario, para incluir la zona o zonas donde se concentra preferentemente el flujo, al objeto específico de proteger el régimen de corrientes en avenidas, y reducir el riesgo de producción de daños en personas y bienes. En estas zonas o vías de flujo preferente sólo podrán ser autorizadas aquellas actividades no vulnerables frente a las avenidas y que no supongan una reducción significativa de la capacidad de desagüe de dichas zonas, en los términos previsto en los artículos 9 bis, 9 ter y 9 quater.

La zona de flujo preferente es aquella zona constituida por la unión de la zona o zonas donde se concentra preferentemente el flujo durante las avenidas, o vía de



intenso desagüe, y de la zona donde, para la avenida de 100 años de periodo de retorno, se puedan producir graves daños sobre las personas y los bienes, quedando delimitado su límite exterior mediante la envolvente de ambas zonas.

A los efectos de la aplicación de la definición anterior, se considerará que pueden producirse graves daños sobre las personas y los bienes cuando las condiciones hidráulicas durante la avenida satisfagan uno o más de los siguientes criterios:

- a) Que el calado sea superior a 1 m.
- b) Que la velocidad sea superior a 1 m/s.
- c) Que el producto de ambas variables sea superior a 0,5 m<sup>2</sup>/s.

Se entiende por vía de intenso desagüe la zona por la que pasaría la avenida de 100 años de periodo de retorno sin producir una sobreelevación mayor que 0,3 m, respecto a la cota de la lámina de agua que se produciría con esa misma avenida considerando toda la llanura de inundación existente. La sobreelevación anterior podrá, a criterio del organismo de cuenca, reducirse hasta 0,1 m cuando el incremento de la inundación pueda producir graves perjuicios o aumentarse hasta 0,5 m en zonas rurales o cuando el incremento de la inundación produzca daños reducidos.

En la delimitación de la zona de flujo preferente se empleará toda la información de índole histórica y geomorfológica existente, a fin de garantizar la adecuada coherencia de los resultados con las evidencias físicas disponibles sobre el comportamiento hidráulico del río.

3. La modificación de los límites de la zona de policía, cuando concurra alguna de las causas señaladas en el apartado 2, solo podrá ser promovida por la Administración General del Estado, autonómica o local.

La competencia para acordar la modificación corresponderá al organismo de cuenca, debiendo instruir al efecto el oportuno expediente en el que deberá practicarse el trámite de información pública y el de audiencia a los ayuntamientos y comunidades autónomas en cuyo territorio se encuentren los terrenos gravados y a los propietarios afectados. La resolución deberá ser motivada y publicada, al menos, en el "Boletín Oficial del Estado" y en el portal de internet del organismo de cuenca en cuyo territorio se encuentren los terrenos gravados.

4. La ejecución de cualquier obra o trabajo en la zona de policía, de acuerdo con lo dispuesto en el apartado 1, deberá contar con la correspondiente autorización administrativa previa o declaración responsable ante el organismo de cuenca, conforme al artículo 78 y siguientes, sin perjuicio de los supuestos especiales regulados en este reglamento.

Tanto la autorización como la declaración responsable, en función del caso, serán independientes de cualquier otra que haya de ser otorgada por los distintos órganos de las administraciones públicas».

• **Artículo 14 bis. Limitaciones a los usos del suelo en zona inundables.**

Con el objeto de garantizar la seguridad de las personas y bienes, de conformidad con lo previsto en el artículo 11.3 del TRLA, y sin perjuicio de las normas complementarias que puedan establecer las comunidades autónomas, se establecen las siguientes limitaciones en los usos del suelo en la zona inundable:

1. Las nuevas actividades, edificaciones y usos asociados en aquellos suelos que se encuentren en situación básica de suelo rural a 30 de diciembre de 2016 se realizarán, en la medida de lo posible, fuera de las zonas inundables.

En aquellos casos en los que no sea posible, se estará a lo que al respecto establezcan, en su caso, las normativas de las comunidades autónomas, teniendo en cuenta lo siguiente:

a) Las instalaciones y edificaciones se diseñarán teniendo en cuenta el riesgo de inundación existente y los nuevos usos residenciales se dispondrán a una cota tal que no se vean afectados por la avenida con periodo de retorno de 500 años, debiendo diseñarse teniendo en cuenta el riesgo y el tipo de inundación existente. Podrán disponer de garajes subterráneos y sótanos, siempre que se garantice la estanqueidad del recinto para la avenida de 500 años de período de retorno, se realicen estudios específicos para evitar el colapso de las edificaciones, todo ello teniendo en cuenta la carga sólida transportada, y además se disponga de respiraderos y vías de evacuación por encima de la cota de dicha avenida. Se deberá tener en cuenta su accesibilidad en situación de emergencia por inundaciones.

b) Se evitará el establecimiento de servicios o equipamientos sensibles o infraestructuras públicas esenciales tales como, hospitales, centros escolares o sanitarios, residencias de personas mayores o de personas con discapacidad, centros deportivos o grandes superficies comerciales donde puedan darse grandes aglomeraciones de población, acampadas, zonas destinadas al alojamiento en los campings y edificios de usos vinculados, parques de bomberos, centros penitenciarios, depuradoras, instalaciones de los servicios de Protección Civil, o similares. Excepcionalmente, cuando tras el correspondiente estudio, se certifique por las administraciones competentes en ordenación del territorio y urbanismo que no existe otra alternativa de ubicación, se podrá permitir su establecimiento, siempre que se cumpla lo establecido en el apartado anterior y se asegure su accesibilidad en situación de emergencia por inundaciones.

2. En aquellos suelos que se encuentren a 30 de diciembre de 2016, en la situación básica de suelo urbanizado, podrá permitirse la construcción de nuevas edificaciones, teniendo en cuenta, en la medida de lo posible, lo establecido en las letras a) y b) del apartado 1.

3. Para los supuestos anteriores, y para las edificaciones ya existentes, las administraciones competentes fomentarán la adopción de medidas de disminución de la vulnerabilidad y autoprotección, todo ello de acuerdo con lo establecido en la Ley 17/2015, de 9 de julio, y la normativa de las comunidades autónomas. Asimismo, el

promotor deberá suscribir una declaración responsable sobre el riesgo de inundación existente en la que exprese claramente que conoce y asume el riesgo existente y las medidas de protección civil aplicables al caso, comprometiéndose a trasladar esa información a los posibles afectados, con independencia de las medidas complementarias que estime oportuno adoptar para su protección. Esta declaración responsable deberá estar integrada, en su caso, en la documentación del expediente de autorización. En los casos en que no haya estado incluida en un expediente de autorización de la administración hidráulica, deberá presentarse ante ésta con una antelación mínima de un mes antes del inicio de la actividad.

4. Además de lo establecido en el apartado anterior, con carácter previo al inicio de las obras, el promotor deberá disponer del certificado del Registro de la Propiedad en el que se acredite que existe anotación registral indicando que la construcción se encuentra en zona inundable.

5. En relación con las zonas inundables, se distinguirá entre aquéllas que están incluidas dentro de la zona de policía que define el artículo 6.1.b) del TRLA, en la que la ejecución de cualquier obra o trabajo precisará autorización administrativa o declaración responsable de los organismos de cuenca de acuerdo con el artículo 9.4 de este reglamento, de aquellas otras zonas inundables situadas fuera de dicha zona de policía, en las que las actividades serán autorizadas por la administración competente con sujeción, al menos, a las limitaciones de uso que se establecen en este artículo, y al informe que emitirá con carácter previo la administración hidráulica de conformidad con el artículo 25.4 del TRLA, a menos que el correspondiente Plan de Ordenación Urbana, otras figuras de ordenamiento urbanístico o planes de obras de la administración.

## **2. CARACTERIZACIÓN ZONA DE ESTUDIO**

### **2.1. Objeto del estudio**

El presente estudio tiene como objeto establecer el cálculo de los caudales para los periodos de retorno de 10, 100 y 500 años para una vez conocido el caudal, calcular la inundabilidad a su paso por la zona de estudio para los periodos anteriormente mencionado.

Para ello se realizará hidrológico y un estudio hidráulico de la zona de estudio, siendo para este proyecto la Confederación Hidrográfica del Tajo, concretamente en el término municipal de Navalcarnero (Madrid).

La caracterización hidrometeorológica se compondrá de un estudio de la información disponible sobre precipitaciones máximas diarias (o infra diarias si disponibles) e intensidades de lluvia para diferentes escenarios, umbral de escorrentía, y factor de torrencialidad.

Con el modelo hidráulico, se pretende conocer el comportamiento sobre el terreno de los valores de lluvia/caudal calculados en la modelización hidrológica. Las dos variables fundamentales a conocer son el calado y la velocidad, puesto que se utilizarán a posteriori para el cálculo de la peligrosidad y el riesgo de las inundaciones pluviales. De esta forma, se determina la magnitud del evento, asociada a una duración y periodo de retorno y, por otro lado, el volumen y la distribución temporal resultante de dicha magnitud.

### **2.2. Descripción de la zona de estudio**

La Planta Solar Fotovoltaica se localiza en el término municipal de Navalcarnero (Madrid), ubicada al noroeste del núcleo urbano de Navalcarnero. El fin de la instalación es la generación de energía eléctrica y evacuación al punto de conexión, situado en el T.M de Navalcarnero.

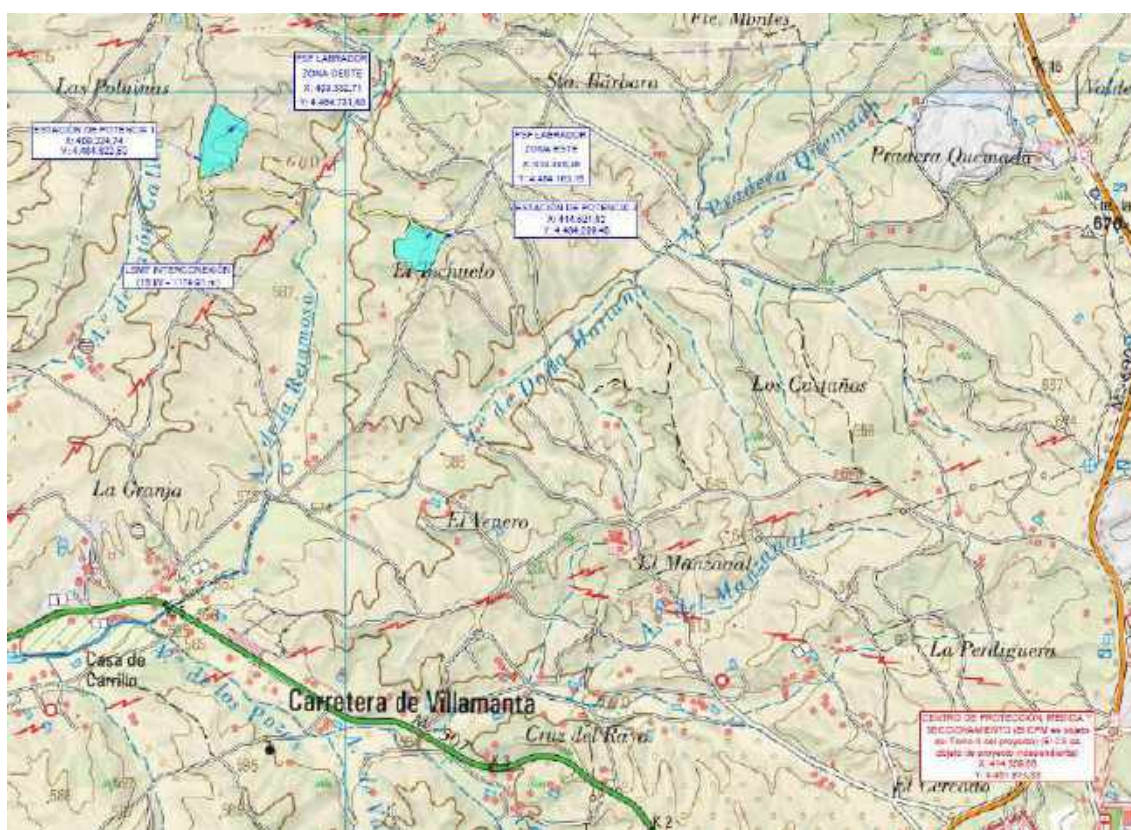


Ilustración 2. Situación Planta Solar Fotovoltaica Labrador

Las coordenadas del centro geométrico de la planta son las siguientes:

Coordenadas UTM ETRS89 Huso 30	
<b>Zona Este</b>	X: 410.396,36 Y: 4.464.163,15
<b>Zona Oeste</b>	X: 409.332,71 Y: 4.464.731,60

Tabla 1. Coordenadas del emplazamiento

El recinto donde se implantará la instalación fotovoltaica pertenece al término municipal de Navalcarnero, provincia de Madrid. Las parcelas catastrales en la que se ubicará la instalación fotovoltaica son las siguientes:

Municipio	Polígono	Parcela	Área (m2)	Referencia catastral
Navalcarnero	33	149	48.212	28096A033001490000WU
Navalcarnero	33	103	68.756	28096A033001030000WM

Tabla 2. Datos catastrales

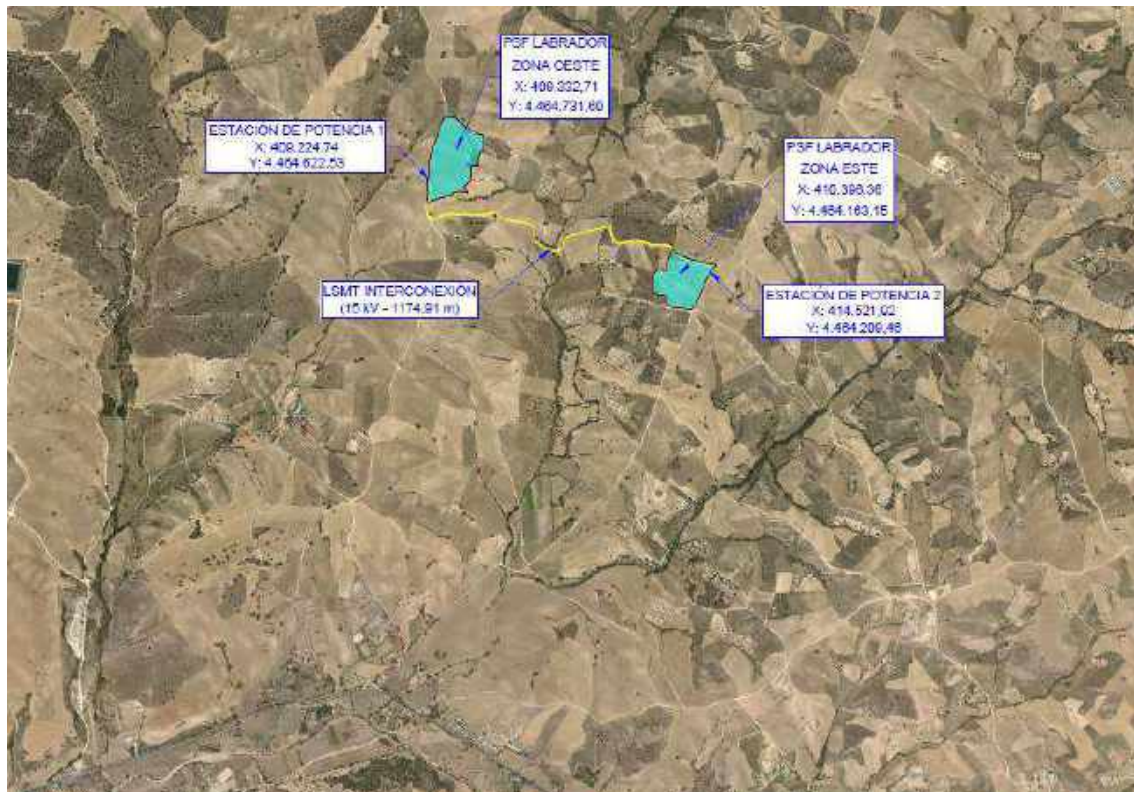


Ilustración 3. Parcelas Planta Solar Fotovoltaica Labrador

### 2.3. Descripción Física

La Comunidad de Madrid se extiende desde el Sistema Central hasta el valle del Tajo, en una extensa y constante pendiente. Con el objetivo de facilitar el estudio del relieve de la autonomía madrileña, éste se ha dividido en tres grandes unidades: la sierra, la llanura del río Tajo y el piedemonte, que separa entre sí a las dos primeras unidades.

La sierra, situada en la zona norte de la región, está formada por la totalidad de la sierra de Guadarrama, la parte más occidental de la sierra de Ayllón conocida como Somosierra, y el área oriental de la sierra de Gredos. Todas ellas dan lugar a un paisaje típicamente montañoso, donde las altitudes máximas, respectivas a cada una de las tres sierras, están representadas en el pico de Peñalara (2.428 m) considerado como el más elevado del territorio madrileño, el pico de Peña Cebollera (2.129 m) y el Alto del Mirlo (1.770 m). Otras elevaciones destacadas son el pico de La Maliciosa (2.227 m), Cabeza de Hierro Mayor (2.383 m) y Siete Picos (2.138 m), todas ellas localizadas en la sierra de Guadarrama. Esta alineación montañosa junto con la sierra de La Cabrera forma un ángulo abierto hacia el este, creando el valle del río Lozoya.

Respecto a la segunda unidad, la llanura del río Tajo, se encuentra configurada por campiñas, páramos y vegas articulados alrededor de este río. Es aquí donde la autonomía presenta sus cotas más bajas: 430 m en el cauce del río Alberche, a su paso por Villa del Prado. En cuanto al piedemonte, se trata de una zona de transición entre la sierra y las arenosas llanuras del Tajo. Su extensión comprende desde el norte de la

región, en la confluencia de los ríos Jarama y Lozoya, hasta el suroeste de la comunidad madrileña, de manera que dibuja una franja paralela a la sierra.

El territorio que abarca la Comunidad de Madrid pertenece a la cuenca hidrográfica del Tajo, cuyo curso atraviesa la zona meridional de la región pasando por Belmonte del Tajo, Brea del Tajo, Fuentidueña del Tajo y Aranjuez. También existen otras cuatro cuencas hidrográficas menores subsidiarias del Tajo, que son las correspondientes al Jarama, Guadarrama, Alberche y Tiétar. Todos ellos tienen su nacimiento en el Sistema Central y desembocan en el Tajo. Entre otros, también destacan los afluentes del Jarama: el Lozoya, Guadalix, Manzanares, Henares y Tajuña.

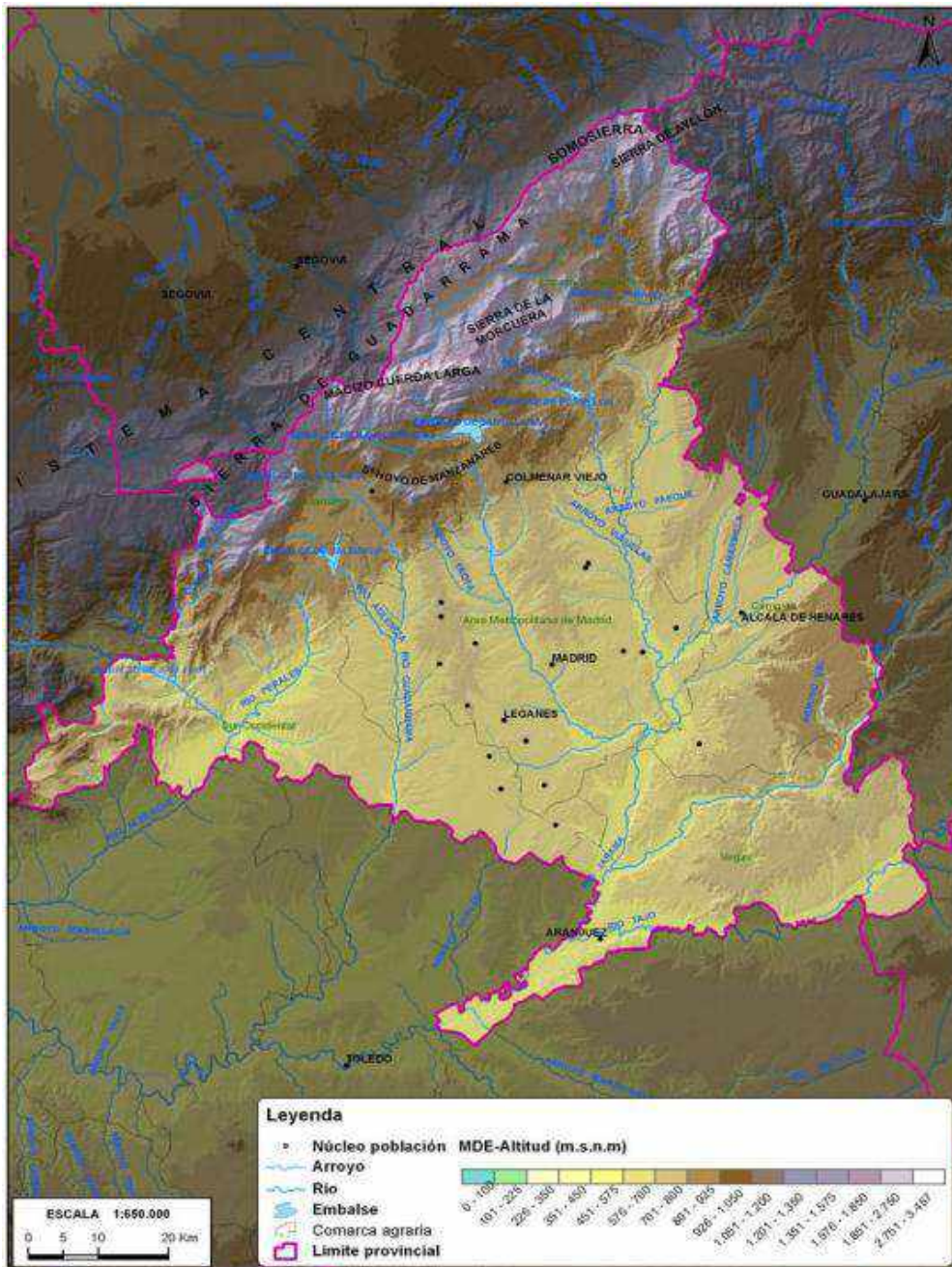


Ilustración 4. Mapa de relieve e hidrografía.

## Hidrología

La depresión del Tajo constituye la segunda unidad de relieve de la Comunidad de Madrid. Es una gran fosa que se formó durante la era terciaria como compensación a la elevación de la cordillera central. Los materiales sedimentarios que la constituyen sobrepasan, precisamente en la Comunidad de Madrid, el millar de metros de espesor. El relleno comporta series relativamente monótonas, principalmente neógenas y terrenos cuaternarios localizados en los márgenes de los principales ríos. Materiales que afloran, principalmente, en el fondo de las fosas del Lozoya y Guadalix-Redueña; jalona en el norte del Cerro de San Pedro y se extiende en el contacto con los macizos antiguos entre los ríos Perales y Aulencia, y al Este de Colmenar Viejo en dirección a Torrelaguna.

El Tajo presenta un mínimo acusado en invierno, en Enero, un máximo en Abril y un mínimo principal en verano, régimen que se ve acentuado tras su confluencia con el Jarama, que duplica su caudal al aportarle este más de cincuenta metros cúbicos por segundo. Cuando el Jarama entra en el Tajo lleva consigo aguas del Lozoya, Guadalix y Manzanares, que tienen su origen en la Comunidad de Madrid. El Henares y el Tajuña, por su parte, nacen en Guadalajara.

El Jarama nace en la escorrentías del Pico de Las Tres Provincias a 2.63 metros de altitud y vierte sus aguas en el Tajo, cerca de Aranjuez, tras un recorrido de 190 kilómetros, casi todos ellos en la provincia de Madrid. Iniciado su curso, el Jarama engruesa rápidamente su caudal por las aportaciones de sus afluentes Horcajo, Ermito (o Hermito) y Berbellido procedentes de la sierra de Ayllón. En este primer tramo, desde su nacimiento hasta el pueblo de La Hiruela, forma el límite entre las provincias de Madrid y Guadalajara, siendo un bello río de montaña el cual se abre difícilmente paso entre las estribaciones montañosas. Después de recibir las aguas de su afluente el Berbellido, penetra en la provincia de Guadalajara, siguiendo la dirección Oeste/Este, sobre Terrenos Pizarrosos y en sus márgenes se ven bellos pueblos de montaña, tales como Colmenar de la Sierra o Matallana. En las cercanías de esta localidad, tributa el Jaramilla, procedente de Peña Tiñosa, formando ambos el embalse de Matallana. Desde aquí inflexiona hacia el sur para recorrer la angosta fosa y ser nuevamente represado en El Vado. Cerca de Retiendas abandona la alineación montañosa para entrar en la meseta y dirigirse al Suroeste, paralelamente a la alineación montañosa de la Sierra de Guadarrama.

Llegado a Uceda recibe al Lozoya, sirviendo desde este punto, en algunos tramos, como nuevo límite de las provincia de Madrid y Guadalajara. El perfil va suavizándose y discurre por un amplio valle que se agranda a medida que avanza. En su recorrido de 190 kilómetros de régimen pluvionival, recibe por la derecha, los ríos Lozoya, Guadalix y Manzanares y los arroyos Vallosera, Palancar, Concha, Hoces, Reduvia, San Vicente, Morenillo, Viñuelas, Quiñones, Vega, Valdebeba y Cañada. Por la izquierda hace lo propio con los ríos Berbellido y Jaramilla y con los arroyos Soto, Venta, Lugar, Conrayado, Matarrubia, Pajar, San Benito, Valdejudios, Galga, Valtoron, Peaque,



Cerrada, Quemadas y Anchuelo. Su curso está regulado por los embalses de El Vado (Campillo de Ranas) y Valdentaes (Uceda).

Conocido en su origen como río de La Angostura, el Lozoya tiene su nacimiento en las escorrentías de la tercera Guadarramilla (Bola del Mundo), recibe aportaciones por su izquierda del río Peñalara que atraviesa las antiguas morrenas del glaciar de Peñalara, el río se dirige hacia el Este por la fosa tectónica comprendida entre la sierra de la Cuerda Larga al Sur y Montes Carpetanos al Norte, por tierras de labor y bosques de pinos, fresnos, álamos, etc. A la altura de Lozoya, sus aguas son contenidas en el embalse de La Pinilla y más abajo, en los de Rioquillo, Puentes Viejas y El Villar. En el primero se le incorpora el río Grande de Horcajo, procedente de Somosierra. A partir del embalse del Atazar, en el que se le incorpora por la izquierda el río de La Puebla y el pantano de El Pontón de la Oliva, tributando poco después en el Jarama al norte de Uceda.

Las primeras aguas del río Manzanares tienen su origen en la vertiente este de la tercera Guadarramilla (2.257 metros) (Bola del Mundo), a la altura del Ventisquero de la Condesa (2.200 metros). Cerca de este paraje, junto a la margen izquierda de las fuentes del río, se pueden observar las ruinas del antiguo casetón de la R.S.E. Alpinismo Peñalara, que sirvió de refugio a montañeros y esquiadores durante bastantes años. Su recorrido se inicia en dirección noroeste-sureste, sobre un cauce estrecho y superficial, bellamente encajonado entre abruptas laderas constituidas por abundantes canchales de grandes proporciones. En el tramo comprendido entre su nacimiento y la desembocadura de su primer afluente, el arroyo de Valdeartín, discurre el río sobre un fondo de pequeños guijarros y con alguna vegetación acuática, siendo sus aguas limpias, transparentes y de rápida corriente.

Toma a continuación dirección este, recibiendo por su izquierda las aguas del arroyo Simón de Los Chorros, a 1.300 metros, que a su vez recibe las aguas del arroyo de La Mata. Pasado el primero se dirige al sur donde deposita sus aguas del arroyo de Los Hoyos de la Sierra (1.200 m.), llamado antiguamente el arroyo del Cuervo. Las aguas de este arroyo también recogen las provenientes de los arroyos de La Covacha y El Chivato y éste último, a su vez, del de La Peña. Por la derecha toma las aguas La Garganta.

Continúa el Manzanares hacia el sureste, tributándole por la izquierda el arroyo de La Majadilla, que a su vez, recibe las aguas de los arroyos de Los hoyos y de La Dehesilla para, a continuación, entrar en el singular paraje conocido como Garganta Camorza, donde el Manzanares vuelve a encajonarse entre multitud de canchales graníticos formando un espacio de notable encanto. Sigue su curso rumbo al este hasta alcanzar el paraje del Tranco donde toma dirección sur. A la derecha deja la ermita de la Peña Sacra y alcanza el Molino de Manzanares. Entra en Manzanares El Real, al sureste y a los pocos metros forma el Embalse de Santillana. Pasado Madrid, el río describe un amplio arco hacia el este para tributar en el Jarama, tras un recorrido de ochenta kilómetros.

El Henares nace en la vertiente suroeste de la Sierra Ministra, a unos 3,5 kilómetros del pueblo de Horna (Guadalajara), a 1.800 metros de altitud. Este río surge

en forma de varios manaderos llamados «Fuentes del Henares» en el paraje indicado que señala un hito o mojón conmemorativo instalado en el año 1877 por la dirección del Instituto Geográfico Nacional durante el reinado de Alfonso XIII. En sus tramos superior y medio en la provincia de Guadalajara discurre en dirección noroeste, suroeste, por un amplio valle excavado entre formaciones de margas del micceno, aunque en algunas zonas la erosión fluvial ha puesto al descubierto formaciones calizas y areniscas. La ribera derecha del río, en terreno más suave y regular por la izquierda, se encuentra cubierta de una serie de terrazas escalonadas sobre las que se asientan cultivos de cereales y vid y pequeñas huertas de regadío, alimentadas por una red de canales, entre los que figuran los de Baides y Henares. Entre los afluentes de esta orilla del río, que riegan la vertiente sur, de la Cordillera Central, sobresalen los ríos Salado, Cañamares, Bornoba y Sorbe. En la vertiente izquierda, los integrantes de la red subsidiaria del Henares son de trayecto más corto y gran pendiente y cauce profundo, encajado en los páramos alcarreños. Los más importantes son el Dulce y Badiel. Antes de iniciar su tramo inferior, el río cruza el municipio de Guadalajara; posteriormente discurre por la provincia de Madrid y atraviesa Alcalá de Henares y San Fernando de Henares, cuyos topónimos derivan de este hidromino, donde desemboca en la margen izquierda del río Jarama, a 550 metros de altitud, tras 160 kilómetros de curso. Desde la antigüedad, el valle del Henares ha sido utilizado por diversas culturas, como el principal paso natural, entre las depresiones del Tajo y del Ebro.

El Tajuña tiene sus primeras fuentes en terrenos mesozoicos, en Maranchón (Guadalajara). Cruza esta provincia de Castilla-La Mancha encajonado en dirección noroeste-suroeste. A medida que penetra en la Comunidad de Madrid se va apreciando un ligero ensanchamiento de su valle, pero no es hasta alcanzar la localidad de Morata de Tajuña, donde alcanza el kilómetro de anchura, el río, cuya superficie casi se triplica cuando desemboca en el Jarama. Forma una amplia vega por la que divaga. Se une a este último más abajo de Titulcia. Su cauce, ancho y plano, va formando en sus riberas, unas amplias vegas.

En la confluencia de los arroyos Valle, Miraflores y Endrinal, nace el Guadalix. En su primer tramo discurre en dirección oeste-este, a través de los términos de Guadalix de la Sierra y Pedrezuela, donde se desvía su sentido hacia el sur, para bañar los términos de San Agustín de Guadalix y San Sebastián de los Reyes, donde desemboca en el Jarama por su margen derecha. En su curso alto está regulado por el Embalse de El Vellón (situado en los términos de Guadalix de la Sierra y Pedrezuela). Son tributarios del río Guadalix los arroyos Valdesalices, Valdemoro y Fresnera.

En el término municipal de El Escorial nace el río Aulencia. En su curso alto recibe las aguas del arroyo del Batán. Sobre él se localizan los embalses de Granjilla I y Granjilla II y el de Valmayor, en la confluencia del río con el arroyo Ladrón. Es afluente del río Guadarrama por su margen derecha.

El Perales es afluente del Alberche por la izquierda. Tiene su nacimiento en la vertiente oriental de Las Machotas, a 1.105 metros de altitud. Deja a su derecha el municipio de Perales de Milla y a su izquierda Aldea del Fresno. Discurre en dirección noroeste-suroeste, sirviendo en parte de límite natural, con la comarca de la Sierra de Madrid. Tiene una longitud de unos 35 kilómetros. Afluyen al Perales por la izquierda los

arroyos Quijorna, Palomero y Grande. Por la derecha, el Pradejón y de La Yunta, con su tributario el Colmenar. En torno a su cauce se suceden de forma de abanico, niveles de terrazas escalonadas.

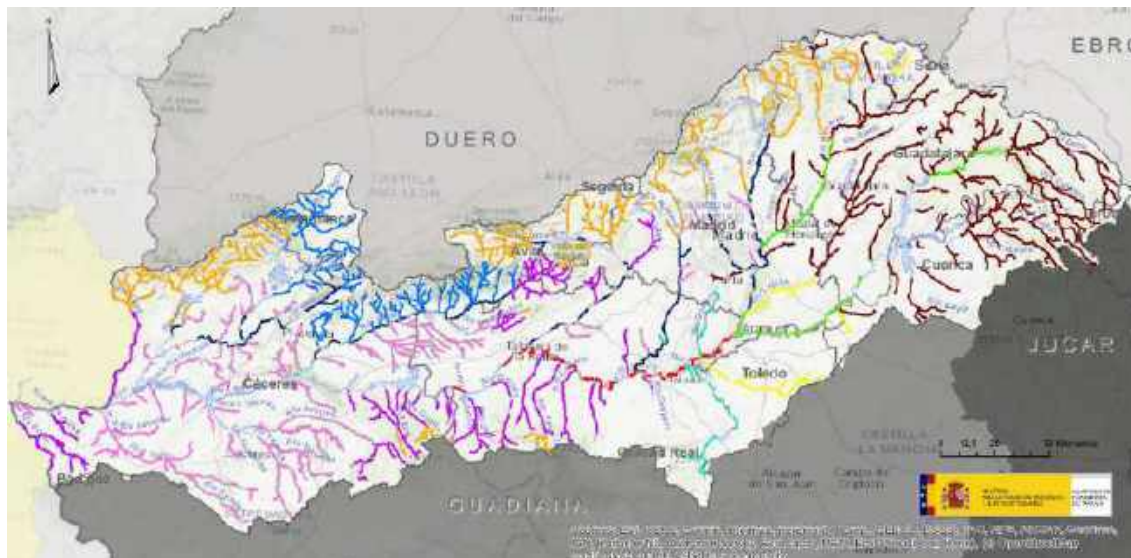


Ilustración 5. Red Hidrográfica Confederación del Tajo

## Edafología

El grupo de suelos más representativo que se asienta sobre la Comunidad de Madrid, según la Taxonomía americana del USDA-NRCS que se detalla en el Anexo I, es el Xerochrept, ocupando el 53% de la superficie total. Este Inceptisol se localiza principalmente en dos áreas, en la franja nord-occidental y en el extremo sur-oriental, coincidiendo con las comarcas de Campiña y Las Vegas.

El siguiente tipo de suelos en orden de importancia es el Haploxeralf (19% de la superficie), caracterizado por su color rojizo, que se ubica en la parte central tapizando todo el área metropolitana de Madrid. En las principales cuencas de los ríos que discurren por el territorio madrileño se asienta la asociación de suelos Xerorthent + Xerofluvent, ocupando el 16% de la superficie total.

Además, se dan otros sistemas edáficos minoritarios, del orden de los Inceptisoles como son el Xerumbrept y el Cryumbrept, representando el 6% y 4%, respectivamente. El primero se caracteriza por situarse en zonas de regímenes de humedad seco, en cambio el otro se asocia a regiones más frías.

Las características principales de los suelos predominantes son las siguientes:

- Xerochrept: son suelos profundos (100-150 cm). Presentan un bajo contenido en materia orgánica, su pH es ligeramente ácido y la textura es franco-arenosa.
- Haploxeralf: son suelos profundos (100-150 cm). El pH es ligeramente neutro.

Presentan poca materia orgánica y la textura es franco-arcillo-arenosa.

- Xerorthent: son moderadamente básicos pero algunos son ácidos. Tienen un contenido en materia orgánica medio. Son, en general, suelos profundos y su textura es franca o arcillosa.
- Ustochrept: son suelos moderadamente básicos. Presentan poco contenido en materia orgánica. Tienen una profundidad media (50-100 cm) y su textura es francoarcillosa.
- Xerofluvent: son suelos profundos (100-150 cm). Presentan un contenido medio en materia orgánica, su pH es ligeramente ácido y la textura es franco-arenosa.
- Xerumbrept: son los Umbrepts de climas mediterráneos. Son suelos profundos (100-150 cm). Ricos en materia orgánica y moderadamente ácidos. Textura francoarcillosa.
- Cryumbrept: son los Umbrepts fríos localizados generalmente en altas altitudes.

Ricos en materia orgánica. Tienen una profundidad media (50-100 cm). Son moderadamente ácidos. Textura franco-arenosa.

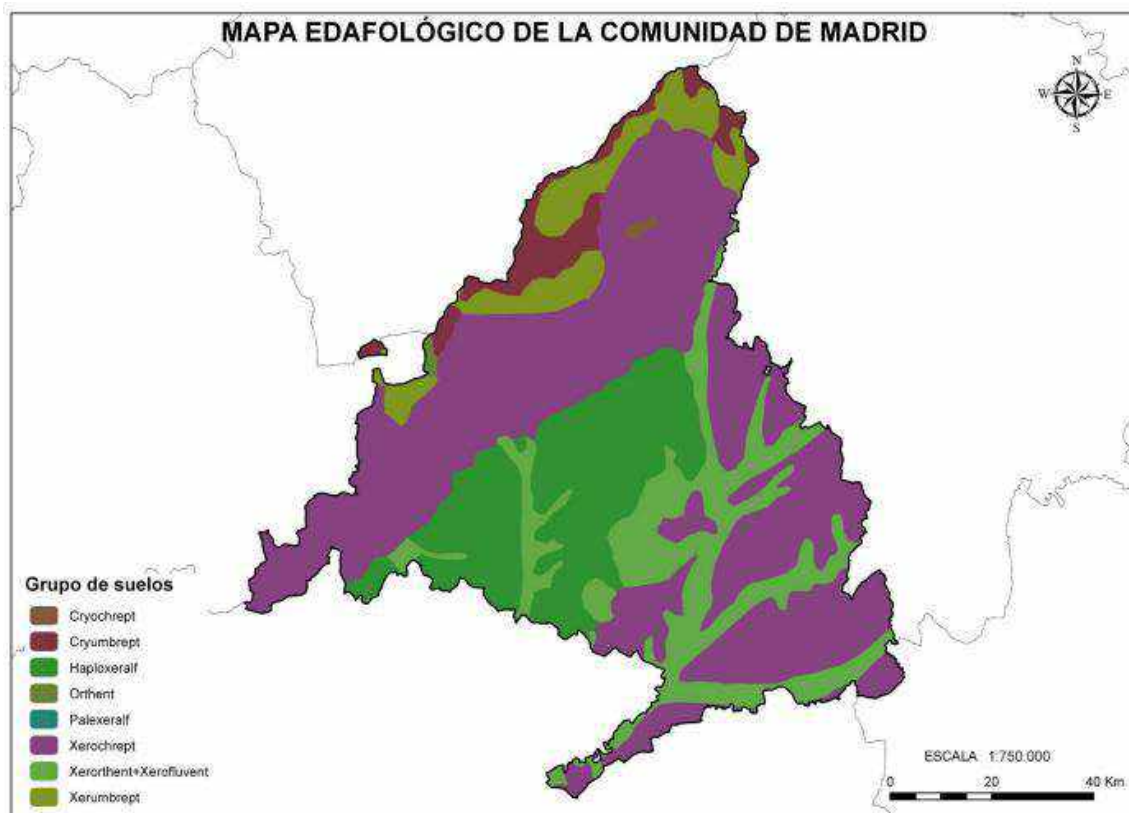


Ilustración 6. Mapa de Edafología

## Climatología

El clima que define a la Comunidad de Madrid es el resultado conjunto de la interacción de la orografía propia de este área, junto con las condiciones de la dinámica atmosférica del centro peninsular. El sistema montañoso de la Sierra actúa frecuentemente como un muro que contiene a los frentes de lluvia oceánicos, impidiendo su desplazamiento hacia el interior. El clima de tipo mediterráneo se hace presente en la mayor parte de la región, presentando variaciones desde las zonas más bajas, donde es más cálido y seco, hasta los municipios serranos, más fríos y húmedos. Hay que destacar que en el área urbana de Madrid el clima se ve modificado por el efecto de una isla de calor, ya que la energía calorífica generada por la actividad humana incrementa los valores térmicos. La consecuencia de ello se refleja en el aumento de las temperaturas nocturnas.

Los datos climáticos de las 52 estaciones pluviométricas (41 de ellas termopluviométricas) repartidas por toda la provincia, a las que el MAGRAMA tiene acceso, se exponen en las Comarcas Agrarias correspondientes, y proporcionan los datos referidos a la serie de años de 1960-1996. Según el resumen de estos valores, la precipitación anual media para toda la provincia es de 576,9 mm, siendo concretamente la estación de Navacerrada “Puerto” la que presenta un mayor valor (1.349,8 mm). La pluviometría máxima en 24 h está registrada en esta misma estación con 76,3 mm. En lo que a la temperatura se refiere, dichas estaciones arrojan una temperatura media anual de 13,1 °C. El mes más cálido es julio con una temperatura media anual de 23,5 °C, y el más frío enero, con 4,8 °C. La temperatura media mensual de mínimas absolutas y la media de las mínimas del mes más frío se encuentran registradas en la ya mencionada estación de Navacerrada “Puerto” con -12,5 °C y -3,2 °C, respectivamente. La temperatura media de máximas del mes más cálido obtenida en la estación de Ambite de Tajuña es de 36,4 °C.

Para evaluar las posibilidades de los diferentes cultivos de secano de una zona se puede acudir a la clasificación agroclimática de J. Papadakis que se detalla en el Anexo III, la cual establece en función del rigor invernal (tipo de invierno), calor estival (tipo de verano) y la aridez y su variación estacional, zonas aptas para determinados cultivos “tipo”. Para ello, se basa exclusivamente en los parámetros meteorológicos anteriormente comentados: temperatura media de las máximas, temperatura media de las mínimas, temperatura media de las mínimas absolutas y la precipitación mensual.

De esta forma y según dicha ecología de los cultivos establecida por Papadakis, la Comunidad de Madrid cuenta con 3 tipos climáticos principales: Mediterráneo templado, Mediterráneo continental y Mediterráneo templado fresco. El tipo Mediterráneo templado domina casi la totalidad de la autonomía, exceptuando el área de la sierra de Guadarrama y Somosierra, en la franja noroeste, donde se define el tipo Mediterráneo templado fresco. También aparecen dos importantes áreas correspondientes al Mediterráneo continental; la primera de ellas se localiza en el extremo suroeste de la región ocupando la mitad de la comarca Sur Occidental, mientras que la segunda se adentra por el sur hasta alcanzar gran parte del área metropolitana de Madrid.

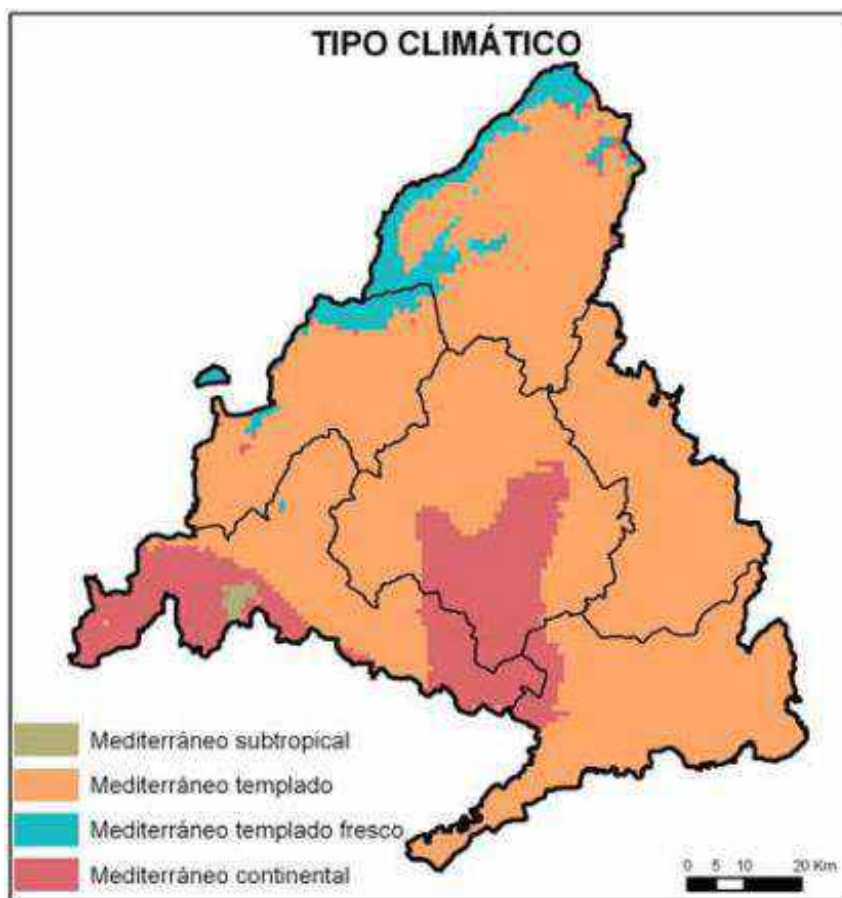


Ilustración 7. Clasificación Agroclimática de Papadakis

## Geología

La sierra de Madrid, situada en la franja noroeste del territorio, cuenta con un sustrato geológico compuesto por rocas muy diversas como son las plutónicas, metamórficas y sedimentarias. Éstas se caracterizan por tener una gran antigüedad, ya que datan del Paleozoico y Mesozoico, aunque las rocas más antiguas corresponden a los gneises y esquistos, definidas como rocas metamórficas que en algunos casos pueden superar los 500 millones de años. Las pizarras y cuarcitas del norte de la Comunidad les siguen en antigüedad. Éstas últimas pertenecen a las rocas sedimentarias, y su formación proviene de los materiales depositados en el fondo de un océano en el periodo Ordovícico, época donde la Península Ibérica formaba parte del supercontinente conocido como Gondwana. Pertenecientes a las rocas plutónicas aparecen los granitos que componen la sierra de Madrid, cuya formación está fechada en el periodo Carbonífero, más concretamente durante la llamada orogenia varisca, que dio lugar a los relieves que obligaron al mar a retroceder. Los conjuntos montañosos formados gracias a esta orogenia se fueron erosionando durante más de 200 millones de años hasta que en el Cretácico el área central de la península, correspondiente a Madrid y Segovia, volvió a quedar cubierta por el mar. Hasta el fin del Cretácico se formaron arenas, calizas y dolomías en las costas y mares tropicales de aquella época. Las extensas capas compuestas por estos materiales y depositadas en el fondo del mar

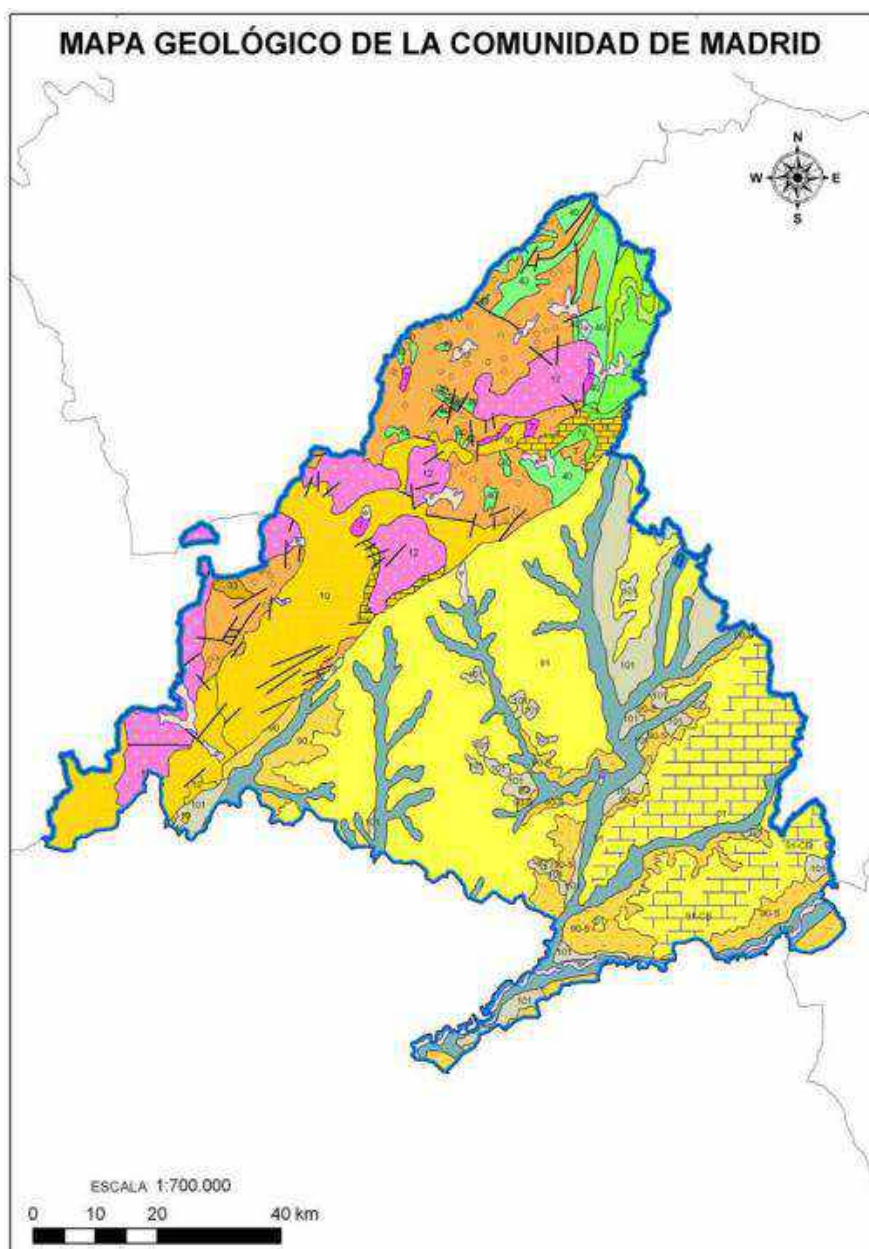
durante el Cretácico superior, se plegaron y fracturaron más adelante de manera que actualmente se pueden observar algunos restos en pequeñas franjas adosadas a los principales relieves.

Las actuales alineaciones montañosas de la Península Ibérica, incluyendo el Sistema Central, provienen de la orogenia alpina acaecida a finales del Cretácico, hace 80 millones de años. Durante el Plioceno, esta orogenia tuvo otra consecuencia: se produjo un basculamiento gradual de la conocida como placa ibérica hacia el océano Atlántico, de manera que las cuencas sedimentarias del interior peninsular, correspondientes al Duero y al Tajo, comenzaron a “vaciar” hacia el oeste dando lugar al drenaje de las cuencas hidrográficas y configurando el relieve actual. Pero durante este proceso no solo se dio lugar a sistemas montañosos, si no que al mismo tiempo que se formaban las cordilleras, comenzaba la erosión de las mismas. Así, los torrentes que descendían del Sistema Central arrastraban el sedimento para posteriormente depositarlo en las zonas más bajas.

La Cuenca de Madrid ocupa aproximadamente dos tercios del territorio madrileño, dentro de la cual se enclava la misma ciudad. Esta vasta depresión tectónica estuvo recibiendo durante millones de años los sedimentos procedentes de los relieves circundantes. En esta cuenca pueden diferenciarse, desde el punto de vista geológico, dos grupos: el primero de ellos, de mayor antigüedad, está formado principalmente por sedimentos aluviales y lacustres depositados durante el Terciario, periodo durante el cual la cuenca estaba cerrada y sin salida al mar. En cuanto al segundo grupo, está compuesto por materiales más recientes: sedimentos de predominancia fluvial depositados durante el Cuaternario, cuando el río Tajo ya había alcanzado la cuenca de Madrid debido a su erosión remontante, y el agua y los sedimentos de esta cuenca se desplazaban al océano Atlántico al igual que en la actualidad, conformando la presente morfología.

La franja central de la Comunidad de Madrid está compuesta por arcosas y conglomerados del Mioceno, que en un principio se depositaron en abanicos aluviales procedentes de los relieves de la sierra. En cambio, los yesos y calizas destacan en el tercio sureste del territorio, depositados en lagos por la evaporación del agua, mientras que las arcillas y los limos también adquieren gran importancia en este área, aunque sus depósitos se formaron por decantación del sedimento en suspensión en el agua de los ríos. Entre las formaciones fluviales del Cuaternario destacan las gravas de relleno de los propios canales fluviales, junto con los limos y arenas de las llanuras de inundación fluvial.

En la figura siguiente se representa el mapa de geología de la zona de estudio.



*Ilustración 8. Mapa de Geológico Comunidad Madrid.*



### 3. ESTUDIO HIDROLÓGICO

#### 3.1. Cálculo de las cuencas de estudio.

Para el estudio hidráulico se han estudiado las cuencas aportantes de la red fluvial que puede influir en la zona de estudio.

A continuación, pasamos a obtener los caudales de los periodos de retornos de estudio (10, 100 y 500 años) a través d La Norma 5.2-IC Drenaje Superficial publicada por el Ministerio de Fomento, en su versión más reciente del año 2016 (aprobada por la Orden FOM/298/2016).

#### 3.2. Datos

##### Ortofotos

Primeramente, seleccionaremos las ortofotos necesarias de la zona de estudio. En la sección de descarga del Instituto Geográfico Nacional (IGN) en la dirección [www.ign.es](http://www.ign.es), haremos clic en búsqueda avanzada y seleccionaremos ortofotos PNOA Máxima Actualidad, y elegiremos la foto que nos interese, para nuestro caso se han utilizado una ortofoto en formato ECW:

Denominación de Archivos
PNOA_MA_OF_ETRS89_HU30_h25_0581_1.tif

Tabla 3. Archivos Ortofotos IGN



Ilustración 9. Ortofoto PNOA Máxima Actualidad (IGN)

## Modelos digitales del terreno

Para la elaboración de la cuenca se necesita un Modelo digital del terreno, en adelante MDT, con la suficiente superficie para obtener las cuencas de estudios.

Para la obtención de las cuencas de estudios se ha utilizado el siguiente MDT.

### - Modelo Digital del Terreno – MDT05

Este modelo pertenece al instituto Geográfico Nacional (IGN) y cuenta con las siguientes características:

**Descripción:** modelo digital del terreno 1ª Cobertura con paso de malla de 5 m.

**SGR:** ETRS89 en la Península, Islas Baleares, Ceuta y Melilla, y REGCAN95 en las Islas Canarias (ambos sistemas compatibles con WGS84). Proyección UTM en el huso correspondiente. También huso 30 extendido para hojas en los husos 29 y 31. Alturas ortométricas.

**Ud. descarga:** hojas del MTN50

**Formato:** COG (Cloud Optimized GeoTIFF)

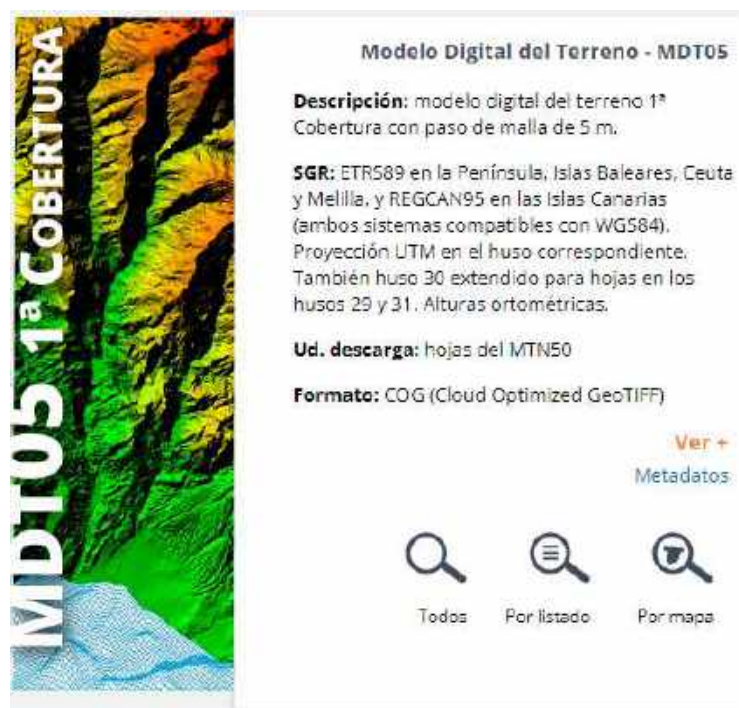


Ilustración 10. Modelo Digital del Terreno (IGN)

Para la elaboración del MDT se ha utilizado el siguiente archivo.

Denominación de Archivos
PNOA_MDT05_ETRS89_HU30_0558_LID.tif
PNOA_MDT05_ETRS89_HU30_0581_LID.tif

Tabla 4. Archivos MDT-05 IGN

### 3.3. Definición de las cuencas de estudio

A continuación, se va enumerar y a ilustrar los pasos (los más representativos), que habrá que seguir para la determinación de las cuencas de estudio:

- Incorporación del MDT05 en ArcGIS descargado y descrito con anterioridad.
- Relleno del Modelo Digital del Terreno, evitando de esta manera, posibles errores en los datos, que nos darían lugar a sumideros y otros defectos de diferente índole.

### 3.4. Tratamiento de datos

Una vez descargados los MDT05 del IGN en formato ASC, se procede a la conversión del mismo a un formato Ráster para su posterior tratamiento. Para ello se utiliza la Herramienta ArcToolbox que incluye el programa, obteniendo así un modelo Ráster del Terreno.



Ilustración 11. Archivo Ráster.

### 3.4.1 Obtención red drenaje y cuencas de estudios

Una vez obtenido el archivo Ráster realizaremos las siguientes acciones a través de la herramienta de hidrología que posee el programa ArcMap.

**Fill (Relleno):** Se crea un archivo para corregir los posibles errores que normalmente contiene el Modelo Digital de Elevaciones (MDT). Al realizar esta acción conseguimos corregir las depresiones existentes en el MDT.

**Dirección de Flujo:** Con este paso averiguaremos cuáles son las direcciones del flujo que seguirá el agua, todo ello a nivel de celda, por la cuenca.

**Acumulación de Flujo:** Con este archivo crearemos obtendremos la acumulación de agua para obtener la red de drenaje.

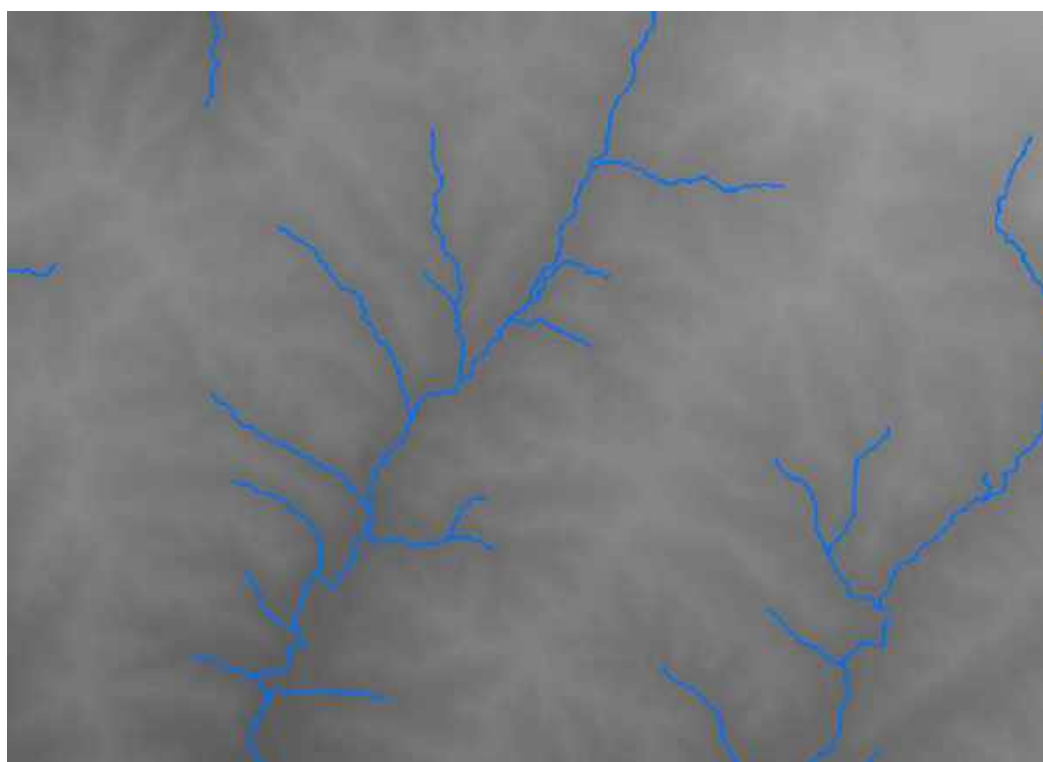


Ilustración 12. Red obtenida MDT

Se ha realizado el estudio de las redes marcadas como Dominio Público Hidráulico y no de las privadas para ver la influencia de la mismas en la implantación de la Planta Solar Fotovoltaica.

Para la comprobación de las redes hidráulicas se han tenido en cuenta los siguientes visores:

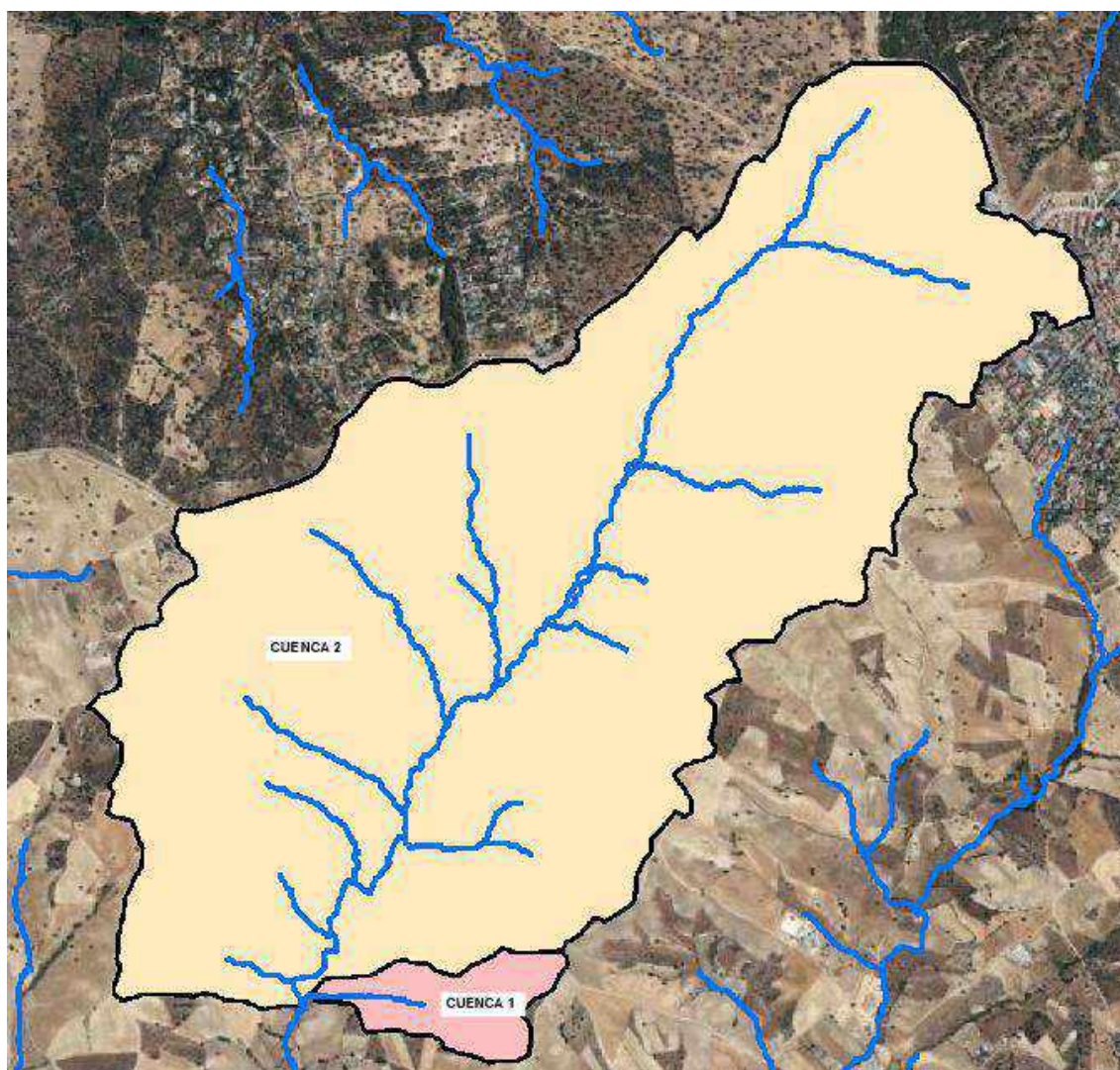
- Instituto Geográfico Nacional (IGN). <https://www.ign.es/web/ign/portal>  
IGR Hidrografía. <https://visor-hidrografia.ign.es/hidrografia/>
- Sistema Nacional Cartografía Zonas Inundables.(SNCZI). <https://sig.mapama.gob.es/snczi/>

- Visor Confederación Hidrográfica del Tajo  
<https://www.chtajo.es/Paginas/default.aspx>

### 3.4.2 Cuencas de estudio

Para la zona de estudio hemos identificados cinco cuencas con sus sendas redes de drenaje que son las posibles redes potenciales de afectar a las parcelas de la zona de estudio.

A continuación, se muestran los datos de cada una de las cuencas hidrológicas que se van a estudiar.



*Ilustración 13. Cuencas Conjunta zona de Estudio*

<b>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS CUENCA DE ESTUDIO. CUENCA 1. ARROYO INNOMINADO</b>	
Superficie	0,204 Km <sup>2</sup>
Longitud Red Drenaje	0,745 km
Punto Alto	622,596 m
Punto Bajo	593,187 m
Pendiente Media del Tramo	3,95 %

*Tabla 5. Características Físicas Cuenca 1*

<b>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS CUENCA DE ESTUDIO. CUENCA 2. ARROYO DE LA RETAMOSA</b>	
Superficie	5,706 Km <sup>2</sup>
Longitud Red Drenaje	4,159 km
Punto Alto	658,382 m
Punto Bajo	593,057 m
Pendiente Media del Tramo	1,57 %

*Tabla 6. Características Físicas Cuenca 2*

## 4. CALCULO CAUDALES CUENCAS DE ESTUDIO

En el presente apartado se va a proceder a realizar el cálculo del caudal máximo aportado por la cuenca para los periodos de retornos de estudios, en este caso para T 10, 100 y 500 años.

### 4.1. Método de cálculo

Para la obtención del caudal máximo circulante por los cursos fluviales, se procederá a seguir las directrices marcadas en la Orden FOM/298/2016 de 15 de febrero, por la que se establece la nueva Instrucción de carreteras 5.2-IC “Drenaje Superficial”.

En dicha instrucción nos indica la metodología para la obtención de los caudales asociados a distintos periodos de retornos, dependiente del tamaño y naturaleza de las cuencas.

Así de este modo nos establece que:

En cuencas de área inferiores a cincuenta kilómetros cuadrados ( $A < 50 \text{ Km}^2$ ):

- Utilización de datos sobre caudales máximos proporcionados por la Administración Hidráulica.

- Si la Administración Hidráulica no dispone de datos sobre caudales máximos se debe aplicar el método racional.

En cuencas de áreas superiores o igual a cincuenta kilómetros cuadrados ( $A > 50 \text{ Km}^2$ ):

- Cuando existan estaciones de aforo próximas, que se consideren suficientemente representativas, se utilizará el método estadístico.

- Cuando los caudales no puedan estimarse a partir de estaciones de aforo, se debe aplicar los métodos hidrológicos adecuados a las características de la cuenca, que se deben contractar con la información de que se disponga sobre caudales de avenidas. En la realización de estos estudios se tendrán en cuenta la información disponible sobre avenidas históricas o grandes eventos de precipitación.

A continuación, se aprecia un esquema resumen de lo descrito anteriormente.

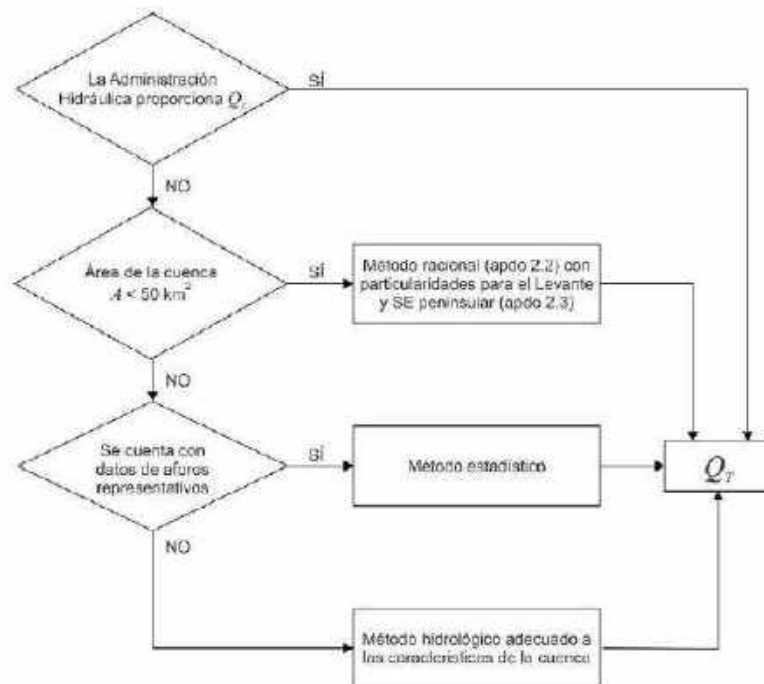


Ilustración 14. Cuadro resumen de metodología de obtención de caudales

Con lo mencionado en el párrafo anterior y aplicado a nuestra zona de estudio, y al disponer de cuencas de área inferior a 50 km<sup>2</sup>, debemos aplicar el Método Racional.

#### 4.2. Cálculo de las precipitaciones máxima diarias

Al no disponer de ninguna estación de aforo en la zona de estudio, como de ninguna estación meteorológica que contenga información representativa, se ha optado por la utilización del “Mapa de máximas lluvias diarias en la España peninsular, del Ministerio de Fomento”.

El mapa representa dos familias de líneas que definen el valor medio de la ley de frecuencias de máximas precipitaciones diarias puntuales (Pm) y el coeficiente de variación Cv de dicha ley.

La siguiente imagen reproduce un fragmento de la casilla “**3-3. MADRID**”, correspondiente a la zona donde se ubica el presente proyecto.



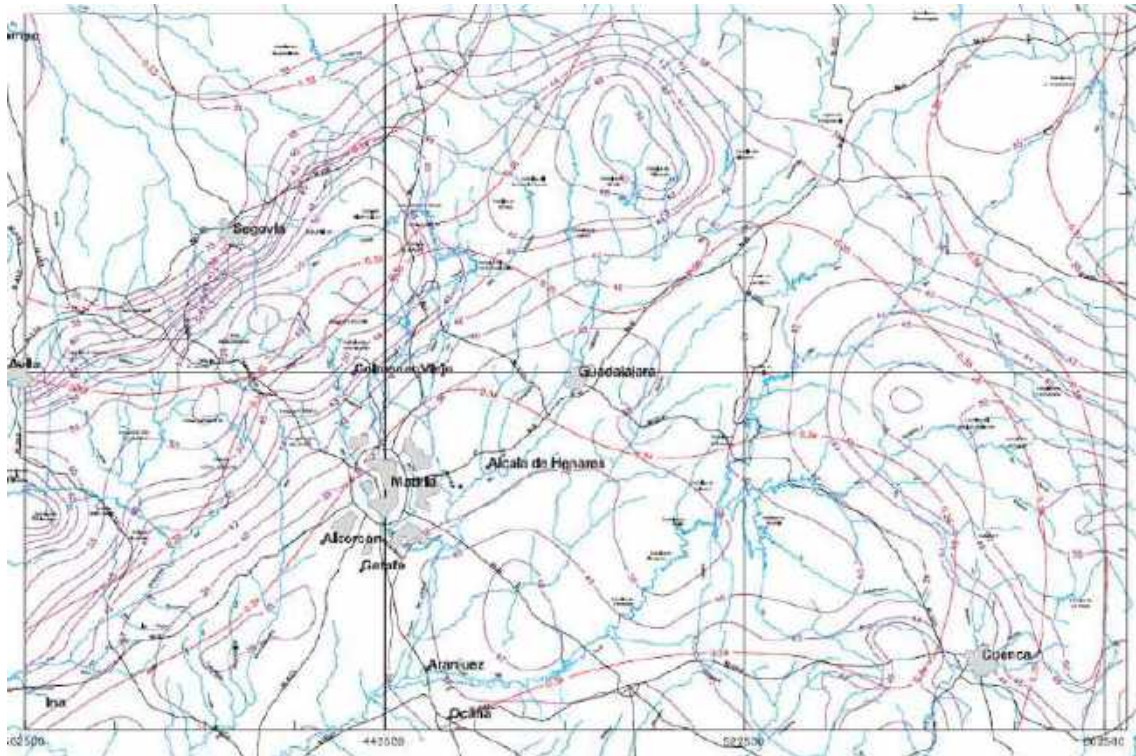


Ilustración 15. Mapa de Máximas Lluvias diarias en la España Peninsular

El parámetro CV permite determinar el factor  $K_T$ , función de CV y T, que multiplicado por el valor medio P, da como resultado la precipitación máxima diaria asociada a cada período de retorno T.

Para nuestro caso se han determinado un valor de **CV = 0,34** y un valor medio de precipitaciones de **40 mm**.

### 4.3. Método racional

#### 3.4.1 Fórmula general de cálculo

Siguiendo el método racional, el caudal máximo anual  $Q_T$ , correspondiente a un período de retorno T, se calcula mediante la fórmula:

$$Q_T = \frac{I(T, t_c) \cdot C \cdot A \cdot K_t}{3,6}$$

Donde:

$Q_T$  (m<sup>3</sup>/s) = Caudal máximo anual correspondiente al período de retorno T, en el punto de desagüe de la cuenca.

$I(T, t_c)$  (mm/h) = Intensidad de precipitación correspondiente al período de retorno considerado T, para una duración del aguacero igual al tiempo de concentración  $t_c$ , de la cuenca.

$C$  (adimensional) = Coeficiente medio de escorrentía de la cuenca o superficie considerada.

$A$  (Km<sup>2</sup>) = Área de la cuenca o superficie considerada.

$K_t$  (adimensional) = Coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación.

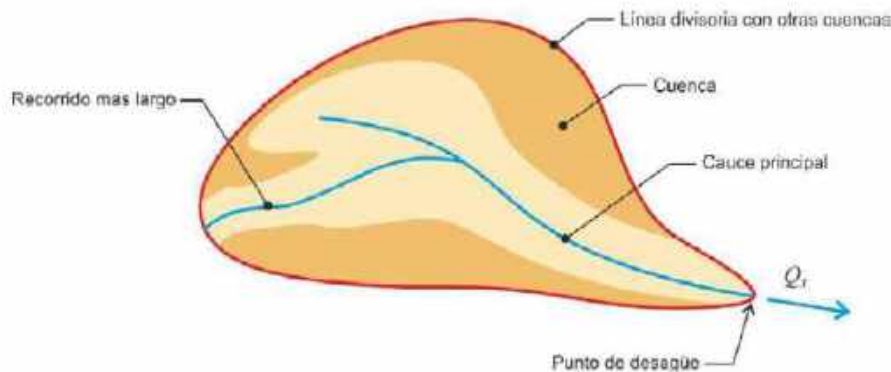


Ilustración 16. Esquema de cuenca por el Método Racional

### 3.4.2 Cálculo del tiempo de concentración

Se entiende por tiempo de concentración el tiempo que tarda en llegar al punto considerado, la gota de agua caída en el punto más desfavorable de la cuenca. En el caso normal de cuencas en las que predomine el tiempo de recorrido del flujo canalizado por una red de cauces definidos, el tiempo de concentración relacionado con la intensidad media de la precipitación se podrá deducir de la fórmula siguiente

Las diversas metodologías existentes para determinar el tiempo de concentración de una cuenca a partir de sus parámetros morfométricos han sido determinadas a partir de ajustes empíricos de registros hidrológicos.

El tiempo de concentración de la cuenca es muy importante porque en los modelos lluvia-escorrentía, la duración de la lluvia se asume igual al tiempo de concentración de la cuenca, puesto que es para esta duración cuando la totalidad de la cuenca está aportando al proceso de escorrentía, por lo cual se espera que se presenten los caudales máximos. Las diversas metodologías existentes para determinar el tiempo ajustes empíricos de registros hidrológicos.

Debido a las diferentes formas como fueron concebidas estas expresiones, la variabilidad de los resultados entre una y otra puede ser bastante alta, razón por la cual el criterio del analista juega un papel fundamental en la definición del tiempo de concentración de una determinada cuenca.

- **Instrucción 5.2 I.C. Drenaje Superficial Instrucción Carreteras**

$t_c$ : Tiempo de concentración en horas,

$L_c$ : Longitud del cauce principal en kilómetros,

$J_c$ : Pendiente media del cauce.

$$t_c = 0,3 \cdot L_c^{0,76} \cdot J_c^{-0,19}$$

- **Williams**

A: área de la cuenca en millas cuadradas,

L: distancia en línea recta desde el sitio de interés al punto más alto en millas.

$S_o$ : diferencia de cotas entre los puntos más extremos dividida por L en porcentaje,

d: diámetro de una cuenca circular con área A en millas.

$$T_c = \frac{L A^{0.4}}{D S_o^{0.2}}$$

- **Kirpich**

Desarrollada a partir de información del SCS en siete cuencas rurales de Tennessee con canales bien definidos y pendientes empinadas (3 a 10%).

L: longitud desde la estación de aforo hasta la divisoria siguiendo en cauce principal en kilómetros.

$S_o$ : diferencia de cotas entre los puntos extremos de la corriente en m/m.

$$T_c = 0.066 \left( \frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0.77}$$

- **California Culverts Practice**

Esencialmente es la ecuación de Kirpich; desarrollada para pequeñas cuencas montañosas en California.

L = longitud del curso de agua más largo (m),

H = diferencia de nivel entre la divisoria de aguas y la salida (m).

$$t_c = 0.0195 \left( \frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$$

- **Giandotti**

T<sub>c</sub> = tiempo de concentración (horas)

S = área de la cuenca (km<sup>2</sup>)

L = longitud del cauce principal (km)

i = elevación media de la cuenca o diferencia de nivel principal (m).

$$T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5L}{0.8\sqrt{H}}, \text{ Siempre que } \frac{L}{3600} \geq T_c \geq \frac{L}{3600 + 1.5}$$

- **Ecuación de retardo SCS**

Ecuación desarrollada por el SCS a partir de información de cuencas de uso agrícola; ha sido adaptada a pequeñas cuencas urbanas con áreas inferiores a 800 Ha; se ha encontrado que generalmente es buena cuando el área se encuentra completamente pavimentada; para áreas mixtas tiene tendencia a la sobreestimación; se aplican factores de ajuste para corregir efectos de mejoras en canales e impermeabilización de superficies; la ecuación supone que  $t_c = 1.67 \times$  retardo de la cuenca.

L = longitud hidráulica de la cuenca mayor trayectoria de flujo (m),

CN = Número de curva SCS,

S = pendiente promedio de la cuenca (m/m).

$$t_c = \frac{0.0136.L^{0.8}\left(\frac{1000}{CN} - 9\right)^{0.7}}{S^{0.5}}$$

- **Ventura-Heras**

$t_c$ = tiempo de concentración (horas),  $i$ = pendiente media del cauce principal (%),  
 $S$ = área de la cuenca (km<sup>2</sup>),  $L$ = longitud del cauce principal (km),  $a$ = alejamiento medio

$$T_c = a \frac{S^{0.5}}{i}, \text{ Siendo } 0.05 \leq a \leq 0.5$$

$$a = \frac{L}{\sqrt{S}}$$

- **Bransby-Williams**

$T$ = tiempo de concentración (horas),  $L$ = distancia máxima a la salida (km),  $D$ =  
diámetro del círculo de área equivalente a la superficie de la cuenca (km<sup>2</sup>),  $M$ = área de  
la cuenca (km<sup>2</sup>),  $F$ = pendiente media del cauce principal (%)

$$T = \frac{L}{1.5 D} \sqrt[5]{\frac{M^2}{F}}$$

- **Passini**

$t_c$ = tiempo de concentración (horas),  $i$ = pendiente media del cauce principal (%),  
 $S$ = área de la cuenca (km<sup>2</sup>),  $L$ = longitud del cauce principal (km),  $a$ = alejamiento medio

$$T_c = a \frac{(SL)^{1/3}}{i^{0.5}}, \text{ Siendo } 0.04 \leq a \leq 0.13$$

$$a = \frac{L}{\sqrt{S}}$$

- **Izzard**

Desarrollada experimentalmente en laboratorio por el Bureau of Public Roads para flujo superficial en caminos y Áreas de céspedes; los valores del coeficiente de retardo varían desde 0.0070 para pavimentos muy lisos hasta 0.012 para pavimentos de concreto y 0.06 para superficies densamente cubiertas de pasto; la solución requiere de procesos iterativos; el producto de  $i$  por  $L$  debe ser  $\leq 3800$ .

$i$  = intensidad de lluvia (mm/h),  $c$  = coeficiente de retardo,  $L$  = longitud de la trayectoria de flujo (m),  $S$  = pendiente de la trayectoria de flujo (m/m).

$$t_c = \frac{525 \cdot (0.0000276 \cdot i + c) \cdot L^{0.33}}{S^{0.333} \cdot i^{0.667}}$$

- **Federal Aviation Administration**

Desarrollada de información sobre el drenaje de aeropuertos recopilada por el Corps of Engineers: el método tiene como finalidad el ser usado en problemas de drenaje de aeropuertos pero ha sido frecuentemente usado para flujo superficial en cuencas urbanas.

$C$  = coeficiente de escorrentía del método racional,

$L$  = longitud del flujo superficial (m),

$S$  = pendiente media del tramo

$$t_c = 0.7035 \frac{(1.1 - C) \cdot L^{0.50}}{S^{0.333}}$$

- **Ecuaciones de onda cinemática Morgali y Linsley, Aron y Erborge**

Ecuación para flujo superficial desarrollada a partir de análisis de onda cinemática de la escorrentía superficial desde superficies desarrolladas; el método requiere iteraciones debido a que tanto  $I$  (Intensidad de lluvia) como  $T_c$  son desconocidos, la superposición de una curva de intensidad – duración – frecuencia da una solución gráfica directa para  $T_c$

$L$  = longitud del flujo superficial (m),  $n$  = coeficiente de rugosidad de Manning,  $I$  = intensidad de lluvia, mm/h,  $S$  = pendiente promedio del terreno (m/m).

$$t_c = \frac{7 \cdot L^{0.6} \cdot n^{0.6}}{I^{0.4} \cdot S^{0.3}}$$

De todos los tiempos de concentración expuestos el que se adecua mejor a las características de la zona de estudio es el método de la Instrucción 5.2 I.C. Drenaje Superficial Instrucción Carreteras

$$t_c = 0,3 \cdot L_c^{0,76} \cdot J_c^{-0,19}$$

Para la aplicación de la fórmula necesitaremos la longitud del tramo de río y la pendiente del mismo, datos ya obtenidos.

**Consultar valores de tiempo de concentración en el anejo de cálculos.**

#### 4.4. Intensidad de precipitación

Se La intensidad de precipitación I (T,t) correspondiente a un período de retorno T, y a una duración del aguacero t, a emplear en la estimación de caudales por el método racional, la obtenemos mediante la siguiente fórmula:

$$I(T, t) = I_d \cdot F_{int}$$

Donde:

$I_d$  (mm/h) = Intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente al período de retorno T.

$F_{int}$  (adimensional) = Factor de intensidad.

La intensidad de precipitación a considerar en el cálculo del caudal máximo anual para el período de retorno T, en el punto de desagüe de la cuenca QT, es la que corresponde a una duración del aguacero igual al tiempo de concentración ( $t = t_c$ ) de dicha cuenca.

##### 4.4.1 Intensidad media diaria

Las Intensidades de lluvia a partir de las Precipitaciones máximas diarias  $P_d$ , según Duración de precipitación y Frecuencia de la misma serían las siguientes:

$$I = \frac{P \text{ [mm]}}{t_{duracion} \text{ [h]}}$$

**Consultar tabla de intensidad media diaria en anejo de cálculos.**

### Factor reductor (KA) de la precipitación por área de la cuenca

El factor reductor de la precipitación por área de la cuenca KA, tiene en cuenta la no simultaneidad de la lluvia en toda su superficie. Se obtiene a partir de la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} \text{Si } A < 1 \text{ km}^2 & \quad K_A = 1 \\ \text{Si } A \geq 1 \text{ km}^2 & \quad K_A = 1 - \frac{\log_{10} A}{15} \end{aligned}$$

En nuestro caso, y para cada una de las cuencas obtendremos el siguiente valor de KA. para cada una de las cuencas.

### Consultar valores de factor reductor por área de las cuencas en el anejo de cálculos.

#### 4.4.2 Intensidad media diaria de precipitación corregida (Id)

La intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente al período de retorno T, se obtiene mediante la fórmula.

$$I_d = \frac{P_d \cdot K_A}{24}$$

Donde:

Pd = Precipitación diaria correspondiente al periodo de retorno T (mm).

KA = Factor reductor de la precipitación por área de la cuenca (adimensional).

### Consultar tablas de intensidad media diaria y corregidas en anejo de cálculos.

#### 4.4.3 Factor de intensidad Fint.

Según la definición de la Normativa, el factor de intensidad introduce la torrencialidad de la lluvia en el área de estudio y depende de:

- La duración del aguacero t.
- El período de retorno T, si se dispone de curvas intensidad – duración - frecuencia (IDF) aceptadas por la Dirección General de Carreteras, en un pluviógrafo situado en el entorno de la zona de estudio que pueda considerarse representativo de su comportamiento.

Se tomará el mayor valor de los obtenidos de entre los que se indican a continuación:



$$F_{int} = \max(F_a, F_b)$$

Donde:

- $F_a$  (adimensional) = Factor obtenido a partir del índice de torrencialidad ( $I_1/I_d$ ).
- $F_b$  (adimensional) = Factor obtenido a partir de las curvas IDF de un pluviógrafo próximo.

#### 4.4.4 Obtención de $F_a$

$$F_a = \left( \frac{I_1}{I_d} \right)^{3,5287 - 2,5287t^{0,1}}$$

Donde:

- $F_a$  (adimensional): Factor obtenido a partir del índice de torrencialidad ( $I_1/I_d$ ).

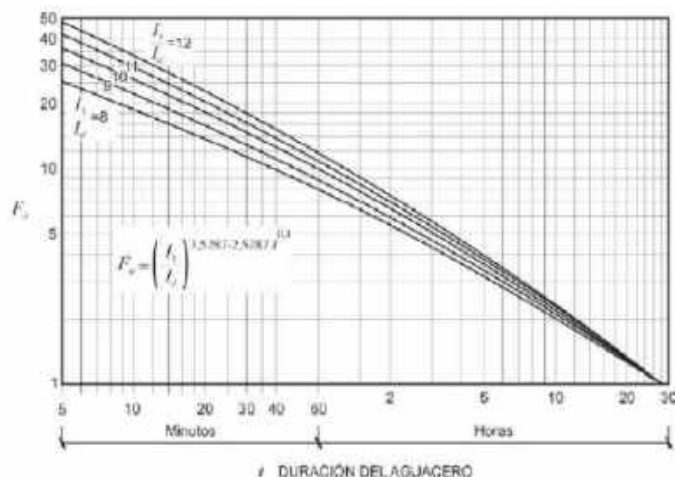


Ilustración 17. Factor  $F_a$

-  $I_1/I_d$  (adimensional): Índice de torrencialidad que expresa la relación entre la intensidad de precipitación horaria y la media diaria corregida. Su valor se determina en función de la zona geográfica, a partir del siguiente mapa del Índice de Torrencialidad ( $I_1/I_d$ ).

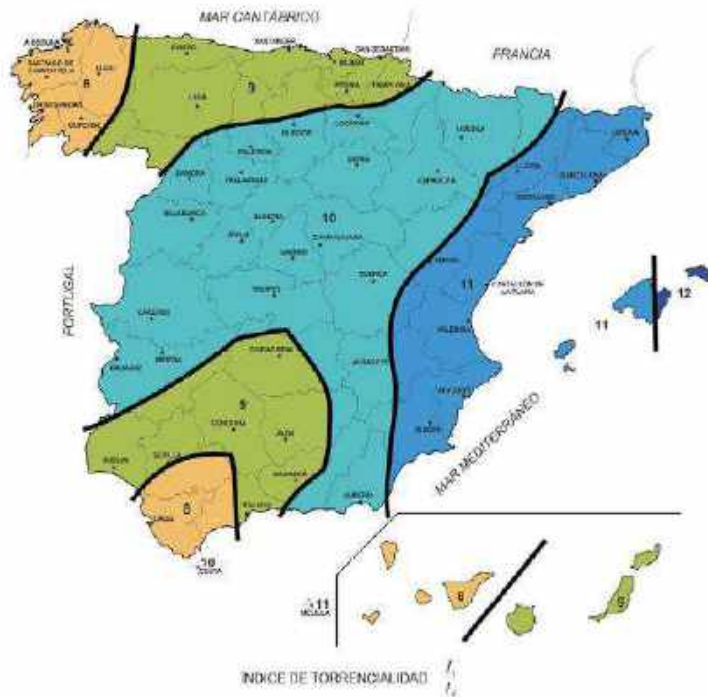


Ilustración 18. Mapa Índice de Torrencialidad

- t (horas): Duración del aguacero.

Para la obtención del factor  $F_a$ , se debe particularizar la expresión para un tiempo de duración del aguacero igual al tiempo de concentración ( $t=t_c$ ).

En nuestro caso, el Índice de Torrencialidad ( $I_{ID}$ ) adquiere el **valor 8**

Considerando que se debe particularizar la expresión para que el tiempo de duración del aguacero sea igual al tiempo de concentración ( $t=t_c$ ), obtenemos el siguiente valor.

**Consultar valores de factor de reducción de la precipitación por área de la cuenca en el anejo de cálculos.**

#### 4.4.5 Obtención de $F_b$ (adimensional)

Factor obtenido a partir de las curvas IDF de un pluviógrafo próximo.

$$F_b = k_b \frac{I_{IDF}(T/t_c)}{I_{IDF}(T/24)}$$

Donde:

- IIDF (T,tc) (mm/h) = Intensidad de precipitación correspondiente al período de retorno T y al tiempo de concentración tc, obtenido a través de las curvas IDF del pluviógrafo “Figura 2.5 Obtención del factor Fb”.

- IIDF (T,24) (mm/h) = Intensidad de precipitación correspondiente al período de retorno T y a un tiempo de aguacero igual a veinticuatro horas (t=24), obtenido a través de curvas IDF “Figura 2.5 Obtención del factor Fb”.

- kb (adimensional) = Factor que tiene en cuenta la relación entre la intensidad máxima anual en un período de veinticuatro horas y la intensidad máxima anual diaria. En defecto de un cálculo específico se puede tomar kb=1,13.

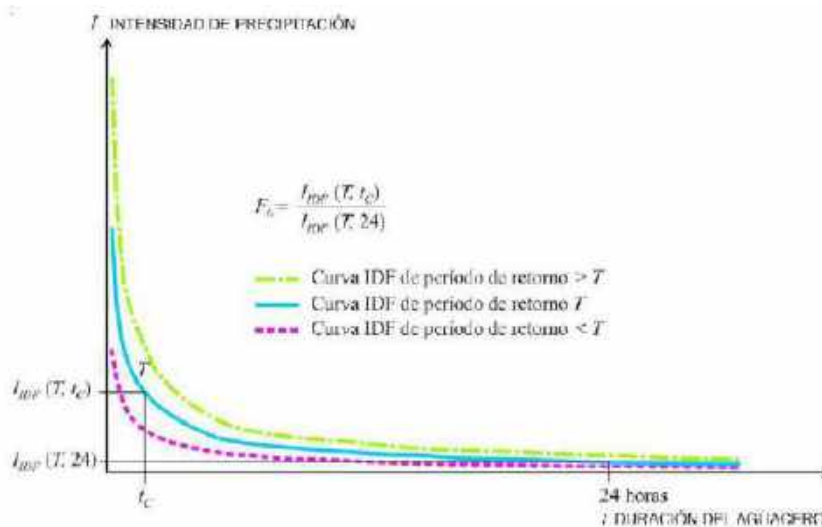


Ilustración 19. Obtención de Fb

#### 4.4.6 Las curvas intensidad-duración-frecuencia (IDF)

El estudiar las precipitaciones y conocer su distribución temporal permite realizar los estudios de crecidas o proporcionar modelos precipitación-escorrentía, proporcionando una correcta información para realizar un adecuado diseño y dimensionamiento de las obras civiles.

Para ello, es necesario conocer las intensidades de precipitación, para distintos períodos de retorno. La falta de la disponibilidad de registros de caudales, o la insuficiente duración de éstos, como para hacer los análisis de frecuencia requeridos, requiere utilizar la información pluviométrica de las estaciones distribuidas en las zonas de estudio.

Las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) permiten conocer el comportamiento de las precipitaciones a través de una curva que indica la intensidad media en función de la duración y la frecuencia, aportando así, patrones de conductas de las lluvias. Son curvas que resultan de unir los puntos representativos de la

intensidad media en intervalos de diferente duración, y correspondientes todos ellos a una misma frecuencia o período de retorno (Témez, 1978).

Además, es importante considerar otras variables, como son la intensidad de precipitación, la frecuencia o la probabilidad de excedencia de un determinado evento. La intensidad, según Ven te Chow (1994), se define como la profundidad de precipitación, por unidad de tiempo (mm/hr):

$$i = \frac{P}{Td}$$

Es preciso señalar, que cuando sólo se dispone de un pluviómetro en una estación, sólo se podrá conocer la intensidad media en 24 horas. Como se comprenderá, esta información puede inducir a grandes errores por defecto, por cuanto las lluvias de corta duración son, en general, las más intensas. Es natural entonces que las determinaciones de intensidades de lluvia se hagan a partir de los registros proporcionados por los pluviógrafos.

#### 4.5. Construcción de las curvas IDF

La construcción de las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) puede realizarse de diversas maneras. La primera, llamada de intensidad - período de retorno, relaciona estas dos variables para cada duración por separado, mediante alguna de las funciones de distribución de probabilidad usadas en hidrología. Otra manera, relacionando simultáneamente la intensidad, la duración y el período de retorno en una familia de curvas. Otra forma es el planteado por Témez (1978), el cual relaciona las intensidades de precipitación para distintos períodos de retorno.

Estas metodologías, permiten dibujar las curvas IDF de aquellas zonas en las que exista información pluviométrica, seleccionando los coeficientes de duración y frecuencia de la estación más cercana.

Otra forma de desarrollar las curvas IDF es a través de una forma analítica propuesta por Aparicio (1997). Dicho autor plantea la alternativa de obtener una ecuación que genere las curvas IDF a través de un modelo de regresión lineal múltiple ponderada, extrapolando la ecuación generada, a zonas que carezcan de registros pluviográficos y que se encuentren relativamente cerca.

$$I = \frac{kT^m}{D^n}$$

Siendo **k**, **m** y **n** constantes de regresión lineal múltiple, **T** es el período de retorno en años, **D** la duración en minutos u horas, **I** la intensidad de precipitación en mm/hr.

Luego, aplicando los logaritmos a la ecuación propuesta, se pretende llegar a un modelo de regresión lineal múltiple, expresada en la ecuación:

$$\log I = \log k + m \log T - n \log D$$

$$y = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2$$

Donde

$$y = \log I \quad a_0 = \log k$$

$$X_1 = \log T \quad a_1 = m$$

$$X_2 = \log D \quad a_2 = -n$$

En función del cambio de variable realizado, se realiza otra regresión de potencia entre las columnas del periodo de retorno (T) y el término constante de regresión (d), para obtener valores de la ecuación:

**Consultar las tablas de regresión de los datos y regresión potencial para los periodos de retorno de estudio en el anejo de cálculos.**

En función de las duraciones de aguacero, podemos establecer un cuadro de Intensidades de lluvia de nuestra cuenca de aportación y calcular el factor Fb y el factor de intensidad.

$$F_b = k_b \frac{I_{IDF}(T, t_c)}{I_{IDF}(T, 24)}$$

**Consultar las tablas de intensidades para los periodos de retorno de estudio y factor Fb y factor de intensidad en el anejo de cálculos.**

#### 4.6. Coeficiente de escorrentía

##### 4.6.1 Fórmula de cálculo

El coeficiente de escorrentía C, define la parte de la precipitación de intensidad I(T, tc) que genera el caudal de avenida en el punto de desagüe de la cuenca.

El coeficiente de escorrentía C, se obtendrá mediante la siguiente formula, representada gráficamente en la figura.

$$\text{Si } P_d \cdot K_A > p_0 \quad C = \frac{\left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_0} - 1\right) \left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_0} + 23\right)}{\left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_0} + 11\right)^2}$$

$$\text{Si } P_d \cdot K_A \leq p_0 \quad C = 0$$

Donde:

- C (adimensional) = Coeficiente de escorrentía.
- Pd (mm) Precipitación diaria correspondiente al período de retorno T considerado).
- Ka (adimensional) Factor reductor de la precipitación por área de la
- P0 (mm) Umbral de escorrentía.

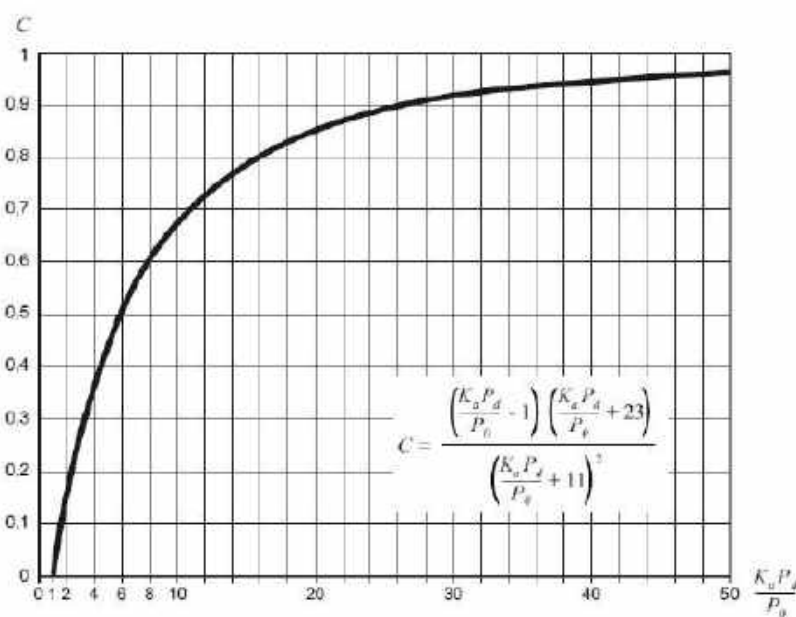


Ilustración 20. Determinación del Coeficiente de Escorrentía

#### 4.7. Umbral de escorrentía

El umbral de escorrentía P0, representa la precipitación mínima que debe caer sobre la cuenca para que se inicie la generación de escorrentía. Se determinará mediante la siguiente fórmula:

$$P_0 = P_0^i \cdot \beta$$

Donde:

- $P_0$  (mm) = Umbral de escorrentía.
- $P_{0i}$  (mm) = Valor inicial del umbral de escorrentía.
- $\beta$  (adimensional) = Coeficiente corrector del umbral de escorrentía.

### Valores de $P_0$

Los servicios de Mapas de Cultivos y Aprovechamientos (MCA) contienen información del Mapa de usos y sobrecargas del terreno, englobada en los siguientes temas:

- Mapa de Cultivos 1980-1990: Los datos agrarios de este MCA se corresponden a la década de los años 80 y su digitalización se realizó durante los años 90.
- Mapa de Cultivos 2000-2010

El Mapa de Cultivos y Aprovechamientos de España a escala 1:50.000 de los años 2000-2010, generado por el antiguo Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA), corresponde a una cartografía a nivel nacional sobre los usos y aprovechamientos del suelo.

Este mapa es la actualización de la anterior versión del Mapa de Cultivos y Aprovechamiento (MCA) de los años 1980-1990. En esta cartografía se delimitan y describen los cultivos y aprovechamientos del suelo de todo el territorio nacional, mediante el empleo de códigos, que se agrupan en usos y sobrecargas. Los códigos empleados son textos que llevan asociados superíndices y subíndices, con el fin de describir de forma precisa el cultivo representado. Así, los subíndices y superíndices empleados son:

- subíndices y superíndices numéricos, indican porcentajes de ocupación del suelo y de cabida cubierta respectivamente;
- en masas forestales se pueden encontrar también los superíndices “r” (replantación), “mb” (monte bajo), “lz” (latizal) y “f” (fustal). Los cultivos y aprovechamientos especificados en el mapa se agrupan

Los cultivos y aprovechamientos especificados en el mapa se agrupan en los siguientes usos:

- SUPERFICIE CULTIVADA: - Cultivos Herbáceos en secano y regadío. - Cultivos forzados y Huerta. - Frutales en secano y regadío. - Viñedo en secano y regadío. - Olivar en secano y regadío. - Prados. Pastizales. Matorrales.
- ESPECIES FORESTALES: - Coníferas. - Viveros. - Frondosas.
- IMPRODUCTIVOS: - Improductivos de infraestructuras. - Improductivos agua.

El propósito de esta cartografía es básico para el desarrollo de estudios agronómicos, medioambientales, de diseño de infraestructuras y estudios hidráulicos, permitiendo obtener información georreferenciada y alfanumérica, con el nivel de detalle que se desee y limitada a cualquier división administrativa (municipios, provincias, CCAA y

nacional).

El método de trabajo para la elaboración del mapa de Cultivos y Aprovechamientos 2000-2010 es el siguiente: recopilación de la información existente y preparación de la cartografía básica. Se trata de obtener la información digital y en papel de las antiguas hojas del MCA 1:50.000 procedente del antiguo Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA), de obtener la información digital del Mapa forestal 1:50.000, de obtener las ortofotografías digitales clasificadas por hoja 1:50.000, de obtener las imágenes de satélite de primavera y de verano, de la obtención de diversos ráster con información de diferentes registros: Registro Oleícola , Registro Vitícola, Registro Citrícola, Registro Frutos Cáscara , caracterización de regadíos, etc. Esta información de partida es variable por zonas y se integra en el software Dinamap.

Se teselan y fotointerpretan las zonas donde se observa un uso homogéneo, con integración de la información disponible. Producción de diversas salidas graficas e informes que componen las Carpetas de Visita a Campo por hoja 50.000.

Trabajo de campo en el que se visitan los recintos que no se han podido codificar durante el trabajo de gabinete. En la digitalización de los recintos de usos sobre ortofoto, se presta especial atención en garantizar la continuidad de las líneas, carreteras, ríos, en las hojas colindantes. Confrontación de la información gráfica y alfanumérica con corrección de errores, incorporación, tanto de la información gráfica como alfanumérica a la Web.

La inclusión de estos servicios en este visor GIS permite a los usuarios interesados consultar el Mapa de Cultivos y Aprovechamientos de toda España, además de la combinación con otros servicios y obtener información auxiliar de otras capas que permiten saber en cada momento en qué ámbito espacial nos encontramos. Se denomina Tesela a la unidad mínima de recogida de información en el Mapa de Cultivos y Aprovechamientos, cada uno de los recintos o polígonos que componen esta cartografía, con unas características homogéneas en su interior.

La serie cartográfica del Mapa de Cultivos y Aprovechamientos que aquí se presenta, posee una precisión de escala 1/50.000, la misma que la cartografía en formato analógico. La posibilidad de trabajar con ella en formato digital, nos permite analizarla mediante procedimientos informáticos y acceder a las distintas hojas individualizadas o a aquéllas que cubren cada municipio mediante un sistema de menús y opciones accesibles mediante el puntero del ratón.

En función de la resolución de pantalla que estemos utilizando, al seleccionar una hoja 1/50.000 el resultado obtenido será diferente. Si estamos trabajando con una resolución de 800 x 640, 1152 x 864 o de 1024 x 768 al seleccionar una hoja y centrarse



ésta en pantalla lo que podremos ver es una versión generalizada de los usos de la hoja. En este caso tendremos que hacer zoom para ver una parte de la hoja con más detalle. Si la resolución es de 1280 x 1024 o mayor, al seleccionar la hoja y centrarla en pantalla podremos ver la hoja del MCA menos generalizada. Por ello hemos de tener en cuenta que al seleccionar una hoja 50.000 o un municipio quizá tengamos que hacer zoom para alcanzar una escala de más detalle y poder visualizar los datos en su pleno detalle.

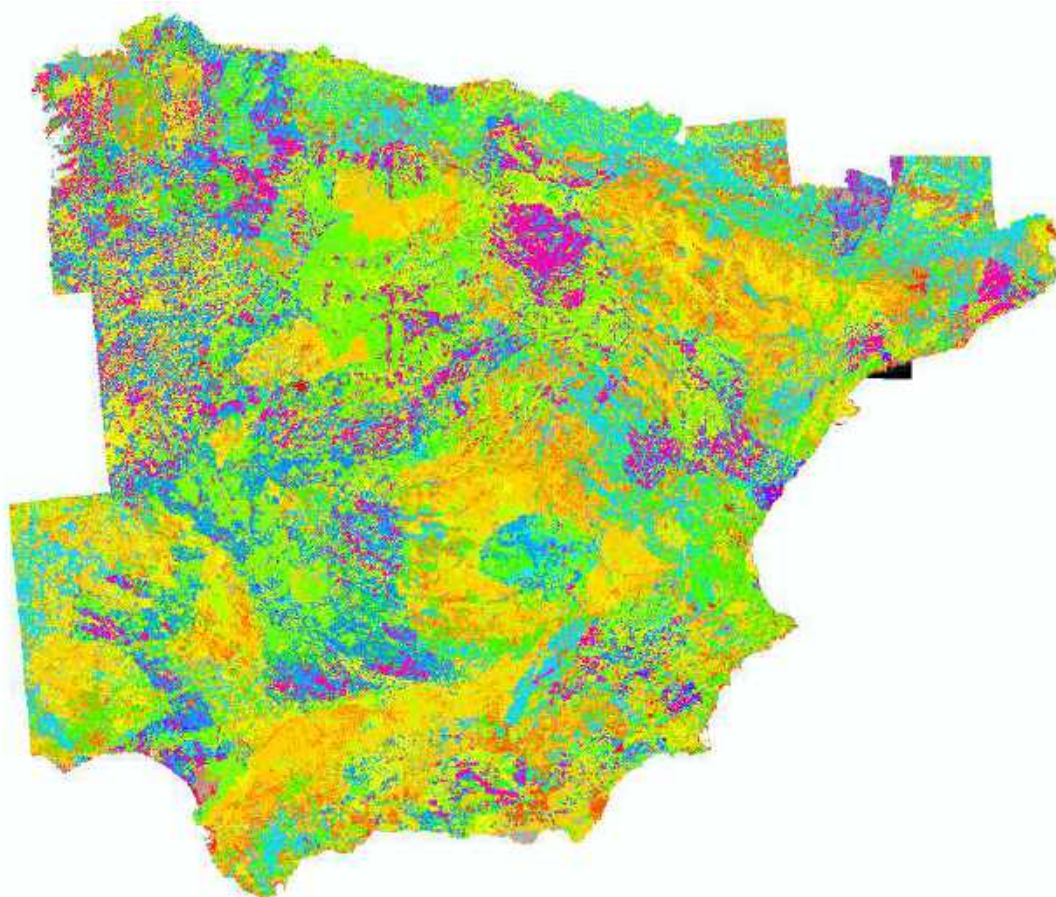


Ilustración 21. Mapa de Cobertura y Uso de la Tierra (MIAMBIENTE)

**Consultar la tabla de la distribución según el tipo de suelo y determinación ponderada del umbral de escorrentía en el anejo de cálculos.**

**Coeficiente de corrector del umbral de escorrentía  $\beta$**

Según la Norma 5.2 IC, al no disponer de información suficiente en la propia cuenca de cálculo o en cuencas próximas similares, para llevar a cabo la calibración, se recomienda tomar el valor del coeficiente corrector a partir de los datos de la tabla 5, correspondientes a las regiones de la misma.



Región	Valor medio $\beta_m$	Desviación respecto al valor medio para el intervalo de confianza del			Período de retorno T (años), F:				
		50%	67%	90%	2	5	25	100	500
11	0,50	0,20	0,30	0,50	0,80	0,90	1,13	1,34	1,59
12	0,45	0,20	0,25	0,45	0,75	0,90	1,14	1,33	1,56
13	0,50	0,15	0,25	0,40	0,74	0,90	1,15	1,34	1,55
21	1,20	0,20	0,35	0,55	0,74	0,88	1,18	1,47	1,80
22	1,80	0,15	0,20	0,35	0,74	0,90	1,12	1,27	1,37
23	0,70	0,20	0,35	0,55	0,77	0,89	1,10	1,24	1,32
24	1,10	0,15	0,20	0,35	0,76	0,90	1,14	1,30	1,53
26	0,60	0,15	0,20	0,35	0,82	0,92	1,12	1,26	1,48
31	0,90	0,20	0,30	0,50	0,87	0,93	1,10	1,26	1,45
32	1,00	0,20	0,30	0,50	0,82	0,91	1,12	1,31	1,54
39	2,15	0,25	0,40	0,65	0,70	0,80	1,15	1,30	1,52
41	1,20	0,20	0,25	0,45	0,91	0,96	1,00	1,00	1,00
42	2,25	0,20	0,35	0,55	0,67	0,86	1,10	1,40	1,78
511	2,15	0,10	0,15	0,20	0,81	0,91	1,12	1,30	1,59
512	0,70	0,20	0,30	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
57	0,55	0,20	0,25	0,45	0,89	0,94	1,08	1,22	1,30
60	2,10	0,25	0,35	0,60	0,68	0,87	1,10	1,30	1,50
61	2,50	0,25	0,35	0,60	0,77	0,91	1,10	1,30	1,17
71	1,20	0,15	0,20	0,35	0,82	0,84	1,00	1,20	1,20
72	2,10	0,30	0,45	0,70	0,87	0,88	1,00	-	-

Ilustración 22. Regiones consideradas para la caracterización del coeficiente corrector del umbral de escorrentía

Considerando entonces, la **REGIÓN 32**, zona donde se sitúa nuestra zona de estudio, se establece, salvo justificación por el organismo de cuenca, que el valor del coeficiente corrector del umbral de escorrentía a adoptar en el cálculo se debe corresponder con el valor medio  $\beta_m$  recogido en la tabla 2.5, sin efectuar correcciones asociadas al nivel de confianza del ajuste estadístico utilizado. Teniendo en cuenta esto, determinamos para nuestro caso el valor de **1,00**.

**Consultar tablas de coeficientes de umbrales de escorrentía, coeficientes corregidos y coeficientes de escorrentía de los distintos periodos de retorno en el anejo de cálculos.**

#### 4.8. Coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación

El coeficiente Kt tiene en cuenta la falta de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación. Se obtendrá a través de la siguiente expresión:

$$K_t = 1 + \frac{t_c^{1,25}}{t_c^{1,25} + 14}$$

El coeficiente Kt tiene en cuenta la falta de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación. Se obtendrá a través de la siguiente expresión:

Donde:

-  $K_t$  = Coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación (adimensional).

-  $t_c$  = Tiempo de concentración de la cuenca.

**Consultar la tabla del coeficiente de distribución temporal de la precipitación en el anejo de cálculos.**

#### 4.9. Cálculo caudales de estudio.

El caudal máximo anual  $Q_T$ , correspondiente a un período de retorno  $T$ , se calcula mediante la fórmula:

$$Q_T = \frac{I(T, t_c) \cdot C \cdot A \cdot K_t}{3,6}$$

Donde dichos valores se han ido calculando en los puntos anteriores. Sustituyendo los mismos en la fórmula de cálculo, obtenemos el valor de nuestro caudal en la zona de salida de nuestra cuenca.

Aplicando la ecuación anterior obtenemos:

#### Cuenca de Estudio 1. Arroyo innominado.

T años	$I(T, t_c) =$ (mm/h)	A (km <sup>2</sup> )	Coef. Escorrentia (C)	$K_t$	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
2	24.27724047	0.20	0.1044	1.0252	0.1472
5	31.87044663	0.20	0.1742	1.0252	0.3226
10	37.38800128	0.20	0.2200	1.0252	0.4778
25	45.11257779	0.20	0.2779	1.0252	0.7283
50	50.70895465	0.20	0.3160	1.0252	0.9307
100	57.11982768	0.20	0.3559	1.0252	1.1811
200	63.95108582	0.20	0.3948	1.0252	1.4667
500	73.1732843	0.20	0.4419	1.0252	1.8786

Tabla 7. Caudales de estudio. Cuenca 1

## Cuenca de Estudio 2. Arroyo de la Retamosa

T años	I (T, t <sub>c</sub> ) = (mm/h)	A (km <sup>2</sup> )	Coef. Escorrentia (C)	Kt	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
2	9.778438749	5.71	0.1039	1.1414	1.8388
5	12.83684654	5.71	0.1737	1.1414	4.0346
10	15.05921898	5.71	0.2194	1.1414	5.9787
25	18.1705404	5.71	0.2773	1.1414	9.1170
50	20.42466102	5.71	0.3153	1.1414	11.6525
100	23.00684615	5.71	0.3553	1.1414	14.7894
200	25.75835489	5.71	0.3942	1.1414	18.3689
500	29.47289168	5.71	0.4413	1.1414	23.5304

Tabla 8. Caudales de estudio. Cuenca 2

A continuación, se muestra una tabla resumen con cada uno de los caudales y periodos de retornos de estudio.

Cuenca de Estudio	Periodo de retorno	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
Cuenca 1. Arroyo innominado	T 10 años	0,4778
	T 100 años	1,1811
	T 500 años	1,8786
Cuenca 2. Arroyo de la Retamosa	T 10 años	5,9787
	T 100 años	14,7898
	T 500 años	23,5304

Tabla 9. Resumen caudales cuencas

## 5. ESTUDIO HIDRÁULICO

### 5.1. Definición del problema

A continuación, vamos a trabajar a de tramo de estudio, con el fin de delimitar la zona inundable y el comportamiento hidráulico para los periodos de retorno de 10, 100 y 500 años.

### 5.2. Obtención ortofoto y modelo digital del terreno

Vamos a obtener la ortofoto de la zona de estudio y el MDT (modelo digital del terreno) sobre el cual vamos a trabajar. En nuestro ejemplo podemos obtener la ortofoto del Instituto Geográfico Nacional (IGN).

Si queremos obtener la ortofoto del IGN nos iremos a la página del Instituto Geográfico Nacional (IGN) en la dirección [www.ign.es](http://www.ign.es)

Primeramente, seleccionaremos la Ortofoto necesaria de la zona de estudio. En la sección de descarga de la mencionada página, haremos clic en búsqueda avanzada y seleccionaremos Ortofotos PNOA Máxima Actualidad, y elegiremos la foto que nos interese, para nuestro caso elegiremos la ortofoto en formato ECW siguiente que previamente hemos adaptado su tamaño a la zona de estudio a través de un programa Sig:



Ilustración 23. Ortofoto PNOA Máxima Actualidad (IGN)

Para el archivo de MDT partiremos de los ficheros digitales con información altimétrica de la nube de puntos LIDAR distribuidos en ficheros de 2x2 km de extensión del IGN (Instituto Geográfico Nacional) del Ministerio de Fomento del gobierno de España.



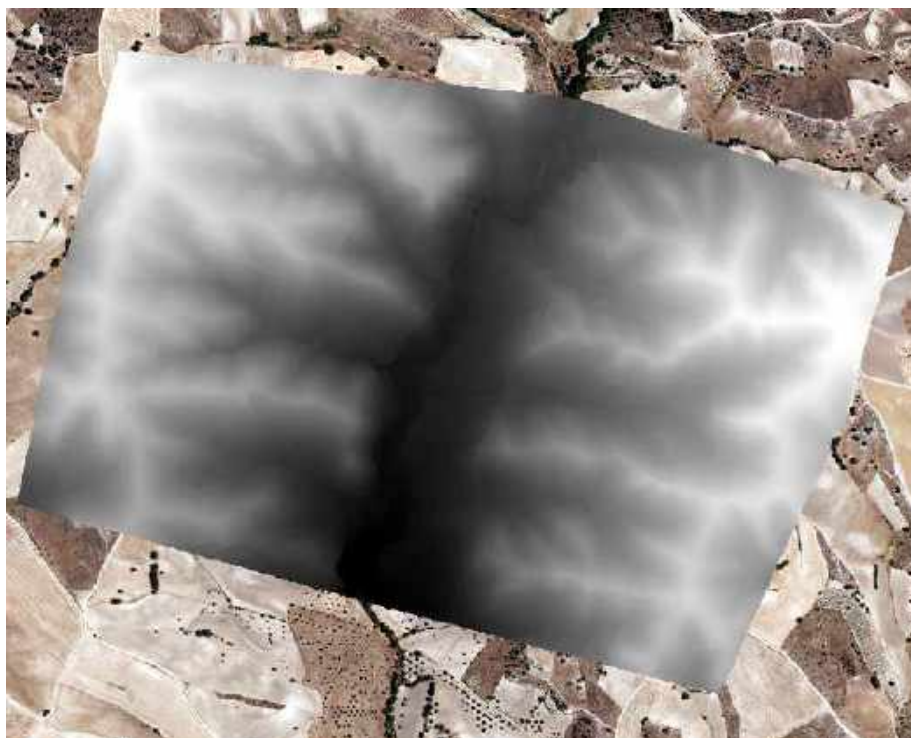
Ilustración 24. Modelo Digital Terreno-MDT02 (IGN)

En nuestro caso y para la zona de estudio, utilizaremos:

Denominación de Archivos
MDT02-ETRS89-HU30-0581-1-COB2.tif

Tabla 10. Archivos Ortofotos IGN

Mediante varios procesos se obtiene una superficie Ráster del terreno, es decir, una representación de superficies continuas derivada de una estructura de datos espacial generada a partir de procesos de triangulación.



*Ilustración 25. Recorte Lidar Zona de Estudio*

Una vez obtenido el archivo Ráster de la zona que se va a estudiar, se convierte a través de la herramienta “Raster to ASCII”, a un formato tipo texto (.txt) para poder incorporarlo al programa Iber.

### **5.3. Geometría del modelo**

En este apartado y a partir del archivo ASCII creado con anterioridad, procedemos a crearnos la geometría de nuestro modelo. Pero antes y para facilitarnos esta labor vamos a incorporar una imagen de fondo la cual nos servirá de guía en el resto de los procesos.

Una vez cargada la ortofoto en el proyecto, el siguiente paso será importar el archivo ASCII, es decir, el MDT. Para incorporarlo utilizaremos la herramienta “Crear RTIN”, ubicada en Herramientas Iber /RTIN/Crear RTIN.

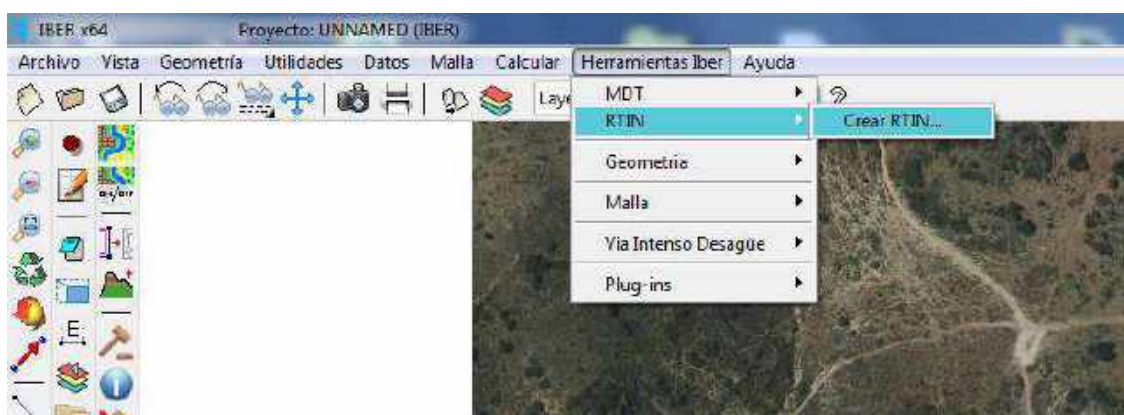


Ilustración 26. Herramientas crear RTIN.

Al realizar esta opción nos emergerá la ventana Archivo RTIN creado en la que hay que introducir los siguientes datos.

**Archivo MDT original:** Pulsamos en 'Buscar' y seleccionamos el archivo del terreno que queremos utilizar (como ya sabemos debe estar en formato ASCII).

**Tolerancia:** Se trata de la máxima diferencia (indicada en metros en vertical) que vamos a permitir que exista entre el MDT y la geometría que se va a crear. En este caso le asignamos un valor de 0.1 (10 cm).

**Lado máximo y mínimo:** Tendremos que establecer el tamaño máximo y mínimo que podrán tener los triángulos que se van a generar. Para este ejemplo indicamos un lado máximo de "25" y un lado mínimo de "1".

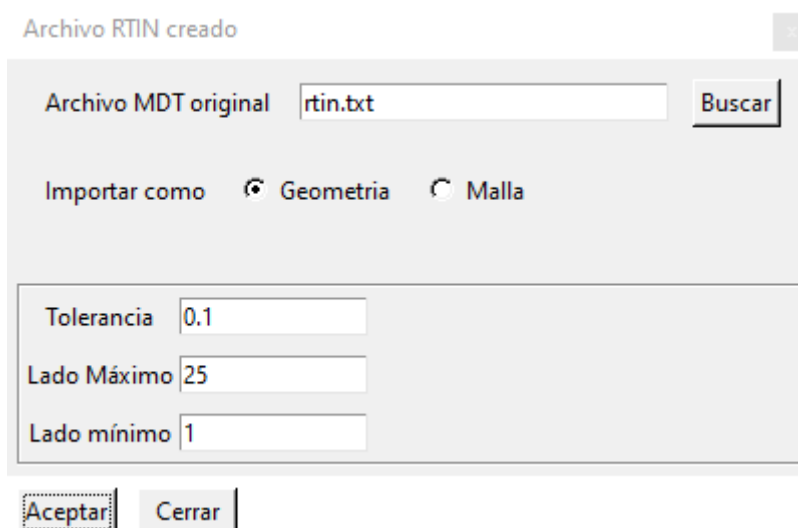


Ilustración 27. Importación archivo ASCII

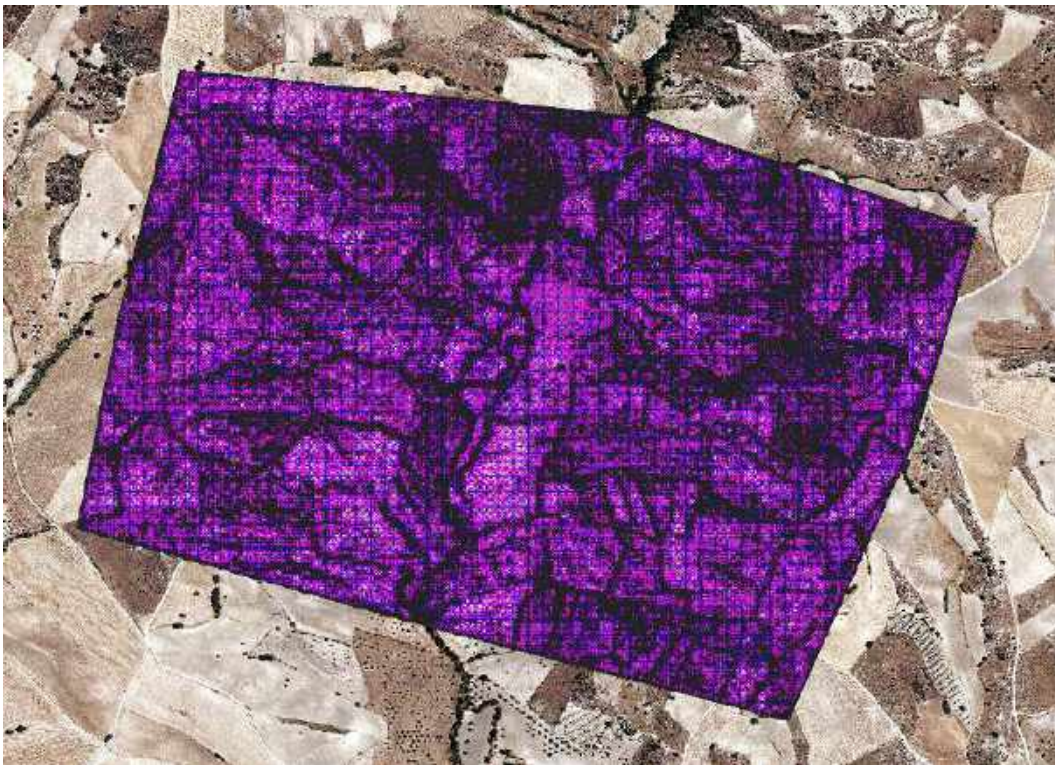
Una vez que el programa lee el archivo de partida procedente del Modelo Digital del Terreno anteriormente mencionado da la opción de colapsar la geometría.



El colapso de geometría es un mecanismo utilizado por el programa para corrección de posibles errores que puedan contener la geometría a generar, por lo que es un paso importante en el modelo que siempre hay que realizar

Una vez aceptada a la opción de “Colapsar la geometría” nos emerge una ventana de Geometría Colapsada y nos pregunta que si queremos “Mallar la geometría”. Le decimos que “No” ya que ese paso lo haremos posteriormente una vez introducido todos los datos del programa.

Una vez realizado todos los procesos obtenemos la geometría de la zona de estudio tal como se muestra en la siguiente imagen.



*Ilustración 28. Geometría importado RTIN*

#### **5.4. Parámetros a introducir en el modelo**

A continuación, vamos a explicar todos los pasos y parámetros necesarios para la computación en los modelos Iber.

- **Condiciones iniciales**

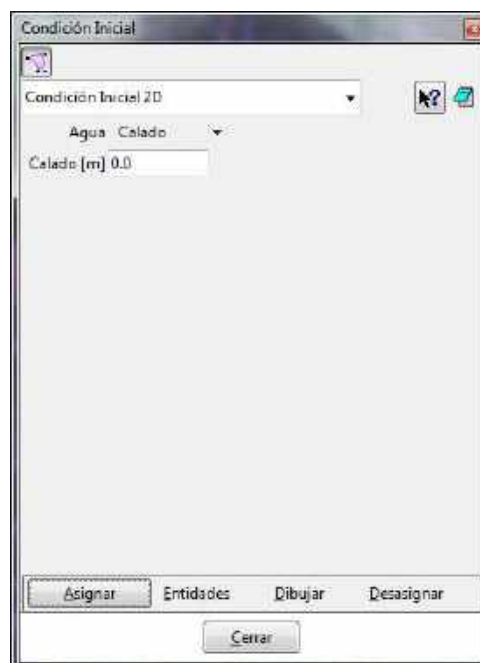
Las condiciones iniciales reflejan el estado del terreno al inicio de la simulación, es decir, indican si el terreno está seco o mojado. Como condición inicial Iber permite fijar un calado (diferencia de cotas de la lámina de agua y el terreno) o una cota (cota absoluta del agua respecto el sistema de referencia del MDT).

Es muy importante que tengamos claro cuál es el dato de partida que queremos fijar para no establecer una cota como calado o al contrario. Si el suelo se encuentra

seco al inicio de la simulación, será indiferente establecer un calado de 0 o una cota de 0 pero si queremos simular la existencia de una lámina de agua tendremos que diferenciar si el dato que tenemos es el de la profundidad del agua, o la cota que alcanza. Si nos equivocamos y asignamos un valor de cota como calado observaremos que los resultados no son acordes a la realidad.

Siguiendo con nuestro modelo vamos a realizar una simulación del territorio completamente seco al inicio de la simulación que es como se recomienda realizar este tipo de computaciones. Para ello seleccionaremos la opción para introducir las condiciones **iniciales Datos – Hidrodinámica – Condiciones Iniciales**.

Al clicar en esta opción nos emerge la ventana Condición Inicial.



*Ilustración 29. Condición inicial*

Lo primero que observamos es que las condiciones iniciales se asignan a las superficies, no a las líneas como en el caso de las condiciones de contorno.

Indicamos una Condición Inicial 2D con "Calado 0", pulsamos en "Asignar" y seleccionamos todas las superficies dibujando un recuadro que seleccione toda la geometría para por último darle a la tecla ESC, quedando asignada la condición inicial en toda la geometría.

## 5.5. Condiciones de entrada

En la condición de entrada vamos a introducir cada uno de los caudales punta que hemos obtenido del cálculo de las cuencas de estudio y los distintos periodos de retorno. Cada modelo Iber utilizado se corresponderá a un periodo de retorno dado, no siendo posible la computación de varios periodos de retornos en un mismo archivo como si es posible en programa de similares características tipo Hec-Ras.

A tenor de los caudales obtenidos en los cálculos anteriores podría ser muy importante la simulación de esta red de drenaje, ya que puede tener consecuencias para una parte de la zona de estudio.

Por lo tanto, solo introduciremos los caudales punta para cada una de las cuencas en cada uno de los periodos de retorno estudiados T100 y T500 años.

Simularemos un régimen subcrítico con caudal constante para cada periodo de retorno estudiado. Por tanto, nos acercamos a la zona de entrada del modelo.

Una vez ubicada la zona por donde entrará el flujo de agua, seleccionamos la opción para introducir las condiciones de contorno hidrodinámicas; es decir nos dirigimos a **Datos / Hidrodinámica / Condiciones de Contorno**.

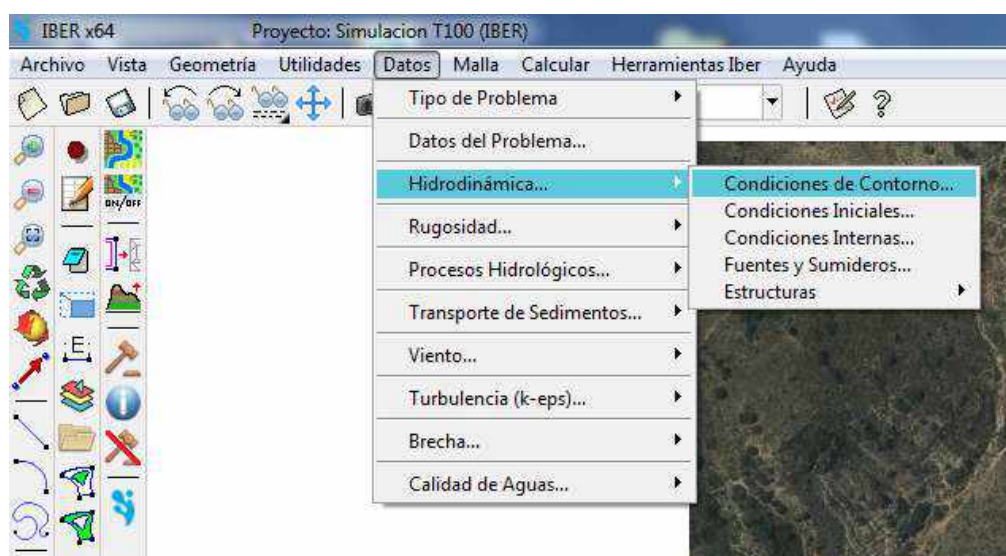


Ilustración 30. Condiciones de contorno

Al hacer clic nos emerge la ventana Análisis 2D, tal como se muestra en la figura, en la cual se nos presenta varias opciones para establecer las condiciones:

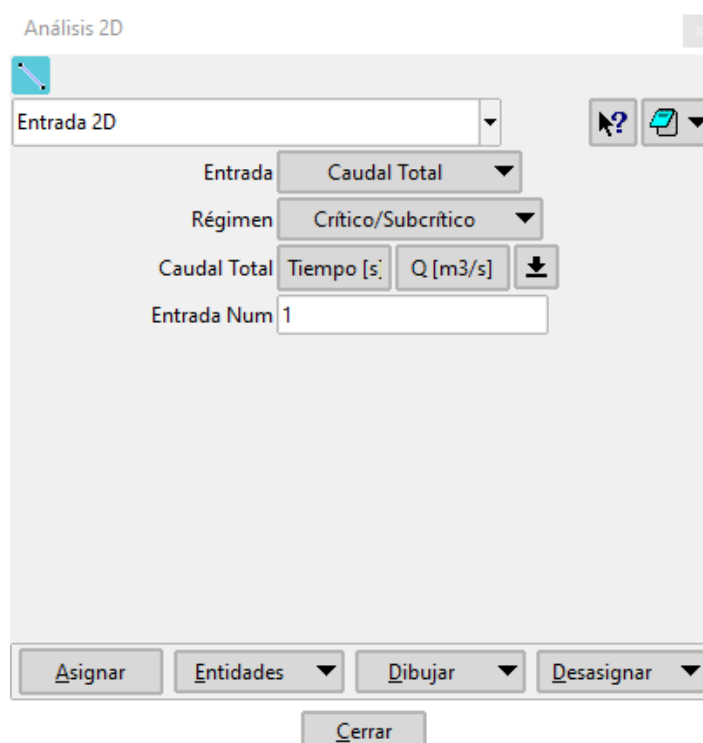



Ilustración 31. Ventana análisis 2D

**Tipo de condición:** Tendremos que seleccionar si vamos a establecer una condición de Entrada o de Salida; seleccionamos "Entrada 2D" en el desplegable.

**Entrada:** Tipo de dato de entrada; en nuestro caso simulamos un caudal constante por lo que tenemos que indicar "Caudal Total" para cada periodo de retorno estudiado (T = 10, T = 100 años y T500 años).

**Régimen:** Régimen de flujo a la entrada. Nosotros simularemos un régimen subcrítico a la entrada (seleccionamos "crítico/Subcrítico")

**Total Discharge:** Caudal total de entrada. Aquí tenemos que indicar el valor de caudal total de entrada. Para introducirlo pulsamos en el icono de la flecha  y se desplegará una tabla donde indicaremos el caudal en función del tiempo. Como vamos a simular un caudal constante, únicamente introducimos el dato correspondiente en la columna Q (m<sup>3</sup>/s) dejando la columna de tiempo a 0.

**Entrada núm.:** Número de entrada. Mediante esta casilla podemos introducir varios caudales, de tal forma que, si quisiéramos simular otro caudal diferente, escribiríamos "2" y rellenaríamos los datos de nuevo.

Una vez introducidos los datos, tenemos que indicar al programa el lugar por donde entra el agua. La asignación de las condiciones de contorno (entrada/salida) se realiza sobre las líneas (tal y como indica el icono de la ventana de análisis 2D) no sobre

superficies. El programa entenderá que la dirección de flujo es perpendicular al contorno de entrada, es decir, a la línea o líneas seleccionadas.

Pulsamos sobre el botón de **Asignar** y seleccionamos el conjunto de líneas por donde entra el agua al modelo.

En ocasiones al realizar una asignación seleccionaremos sin querer alguna superficie de más en la geometría. En caso de que esto ocurra, como es nuestro caso, Iber presenta una herramienta de gran utilidad con la que podemos eliminarlas aquellas entidades no deseadas. Para ello hacemos clic con el botón derecho en cualquier lugar de la pantalla y clicamos en **Contextual – Ventana de Selección**

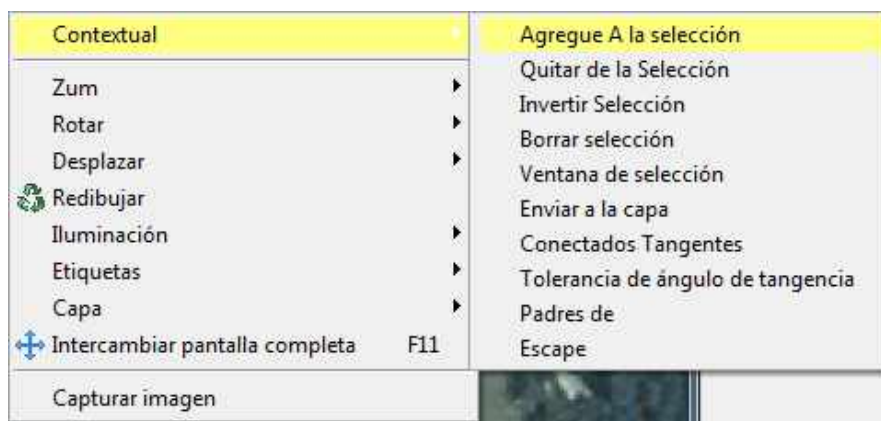


Ilustración 32. Ventana contextual

Al realizar esta acción, nos emerge la Ventana de Selección. Donde nos aparecerán las siguientes opciones:

**Modo** indicamos "Quitar".

**Filtro** seleccionamos "Superentidades".

Y en **Valor** escribimos "2".

Esta herramienta permite eliminar de la selección todas las líneas (superentidades) que forman parte de 2 superficies (Valor 2). Como las del extremo sólo forman parte de una superficie, utilizando esta opción podemos quedarnos únicamente con las líneas que nos interesan quedando tal como se muestra en las siguientes figuras.

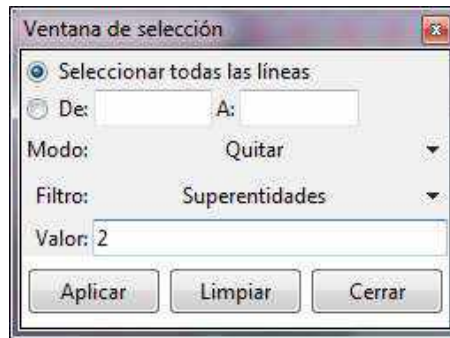


Ilustración 33. Ventana de selección

Por último, hacemos clic en **Terminar** o en la tecla Esc del teclado. Para asegurarnos que lo hemos realizado correctamente y que líneas hemos seleccionado como condición de entrada vamos a colorearlas haciendo clic dentro de la ventana **Análisis 2D – Dibujar – Colores**.

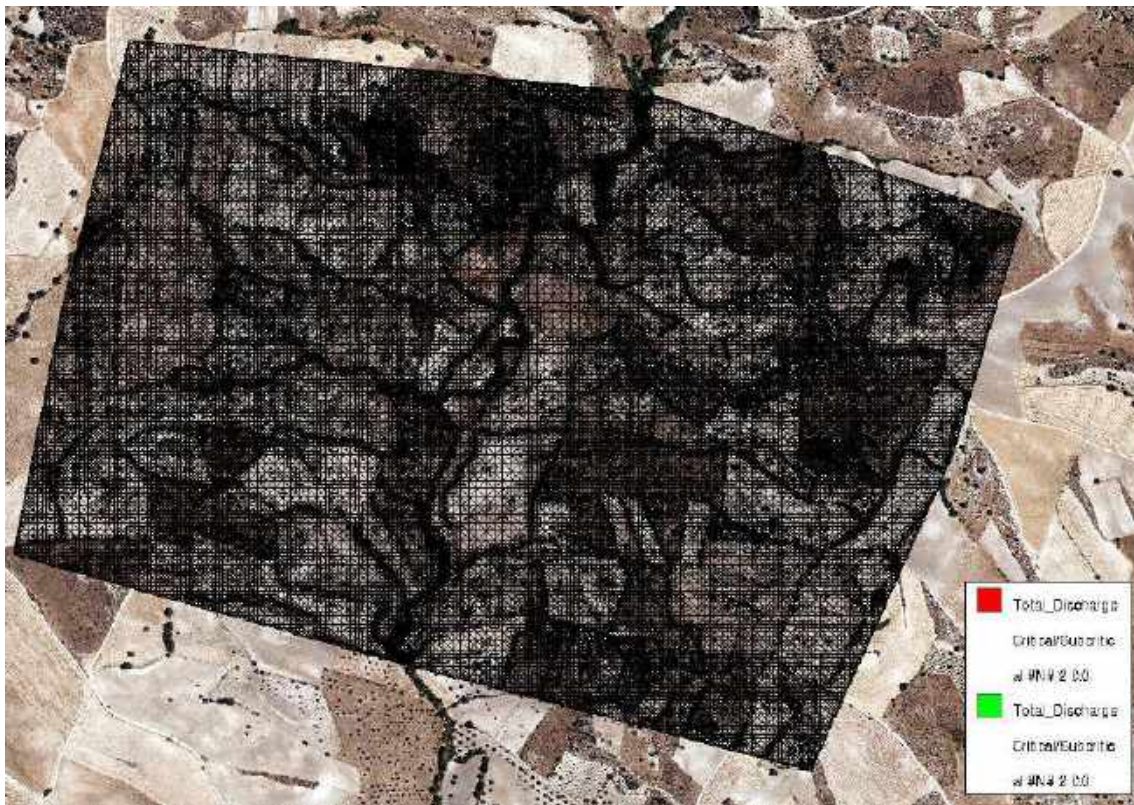


Ilustración 34. Condiciones entrada de caudales en iber.

Este mismo procedimiento lo debemos repetir para cada una de las simulaciones de estudio, variando tan solo el caudal.

## 5.6. Condiciones de salida

El proceso para asignar las condiciones a la salida es exactamente el mismo. El régimen de flujo que vamos a simular es nuevamente subcrítico, de manera que en la ventana emergente no vamos a modificar ningún parámetro, lo dejamos por defecto. Lo único por tanto que debemos realizar es determinar las líneas por donde saldrá el flujo que en nuestro caso lo colocaremos en todo el perímetro de la malla de estudio.

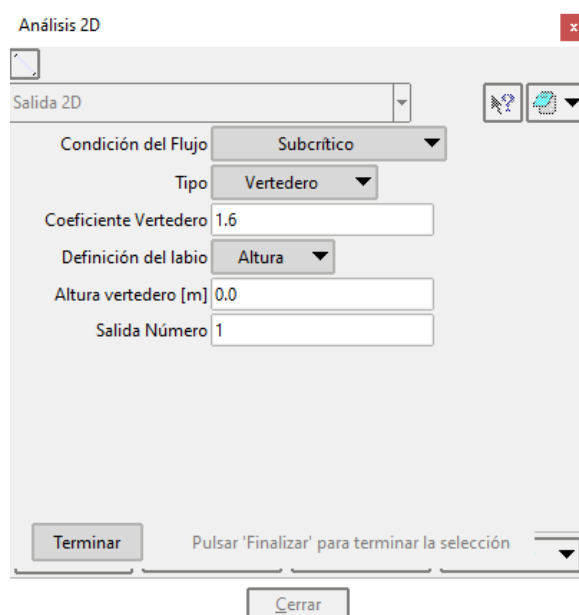


Ilustración 35. Ventana de condiciones de salida

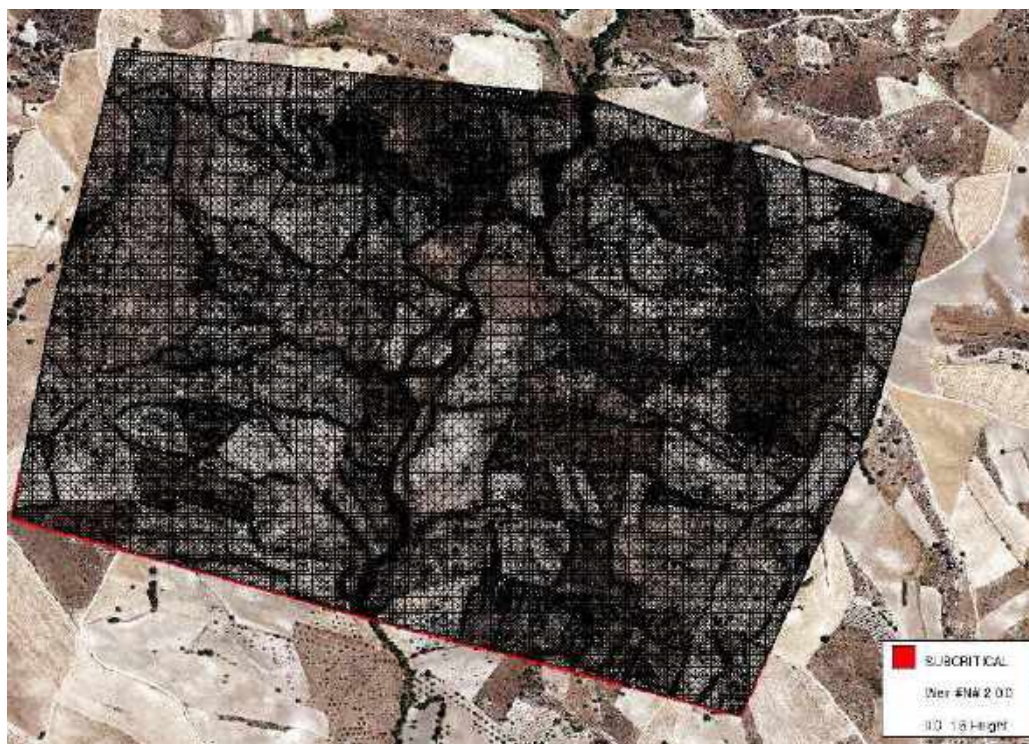


Ilustración 36. Condición de salida de Iber

## • Rugosidad

Iber asigna la rugosidad a través de un coeficiente de rugosidad de Manning. El valor del número de Manning es representativo de la resistencia que ofrece una superficie al fluido; es decir, de la rugosidad de esa superficie. Esto implica que, a mayor rugosidad de la superficie, mayor será la resistencia que ofrece al flujo y el valor de Manning será más alto.

La rugosidad del terreno asociado al modelo, puede ser introducida mediante tres procedimientos diferentes:

- **Asignación Manual:** podemos escoger un uso del suelo y asignarlo a las superficies que conforman la geometría del modelo.
- **Manning Variable:** los datos de rugosidad se introducen en forma de tabla y son asignados con base en el caudal específico o el calado.
- **Asignación Automática:** consiste en la asignación de la rugosidad desde mediante la información contenida en un archivo ASCII o un archivo XY dbase. En ambos casos, deberemos disponer de un archivo \*.csv que contenga la lista de los usos del suelo del programa, localizado en el mismo directorio y con el mismo nombre que el archivo ASCII o XY dbase.

La rugosidad de las superficies por las que discurren las inundaciones se expresa como valores del coeficiente de rugosidad de Manning. Para obtenerlas, se hace una equivalencia entre las coberturas del suelo que recogidas en el Mapa de Ocupación del Suelo de España (SIOSE 2018) obtenido a través del centro de descarga del Instituto Geográfico Nacional (IGN).

Los valores de “n” según la tabla de equivalencia descrita en la “Guía Metodológica para el desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (Anejo V, Tabla 1)”.

Para la zona de estudio se tienen los siguientes valores de coberturas y rugosidades.

Descripción Coberturas	Codigo Siose	N manning
Cultivo herbáceo	210	0,045
Viñedo	233	0,050
Combinación de cultivo leñoso	236	0,060
Combinación de cultivos	250	0,045
Combinación de cultivos con vegetación	260	0,045
Bosque de frondosas	311	0,12
Pastizal o Herbazal	320	0,050
Matorral	330	0,070

Tabla 11. Manning Siose Iber



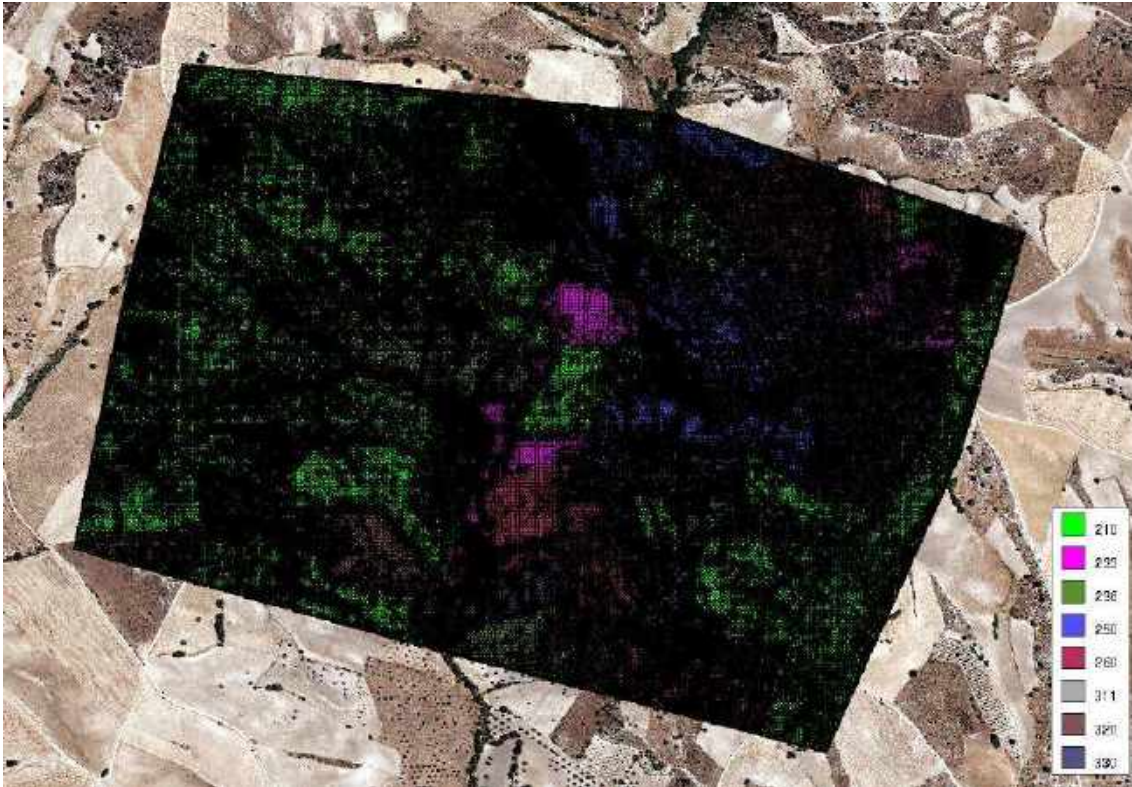


Ilustración 37. Manning Iber

### 5.7. Tipos de malla programa iber

Iber trabaja con tres tipos de mallas: no estructuradas, estructuradas y una combinación de ambas (malla mixta).

#### - No Estructuradas

Están formadas por elementos que pueden tener 3 o 4 lados y que se pueden combinar dentro de la misma malla. Este tipo de malla se adapta muy bien a cualquier geometría, ya que no es necesario que la malla tenga ningún tipo de organización o estructura interna. Esta característica las hace especialmente indicadas para su utilización en hidráulica fluvial y por lo general se aplica un mallado de este tipo a las llanuras de inundación.

#### - Estructuradas

Están formadas por elementos de 4 lados distribuidos de manera ordenada de forma que a cada elemento de la malla se le puede asignar una fila y una columna. Por lo general este tipo de mallado se aplica a los cauces.

## 5.8. Creación malla iber

Para generar la malla Iber cuenta con diferentes opciones, pero en cualquier caso el tipo de malla que utilicemos, así como el tamaño de los elementos dependerá del mayor o menor detalle que necesitemos. Para lograr un mayor detalle tendremos que generar un mayor número de elementos lo que implicará establecer un tamaño de elemento menor.

Para generar la malla en Iber vamos a seguir los siguientes pasos. Iremos a la barra de herramientas y seguiremos la ruta **Malla / Estructurada / Superficies / Asignar número de divisiones**,

Se procederá a la división y creación de la malla quedando tal como aparece en la siguiente figura tras la creación de la Malla a través de la opción **Malla/Generar Malla**.



*Ilustración 38. Malla del modelo*

Para comprobar la precisión de la malla resultante y estar seguro de que vamos en buen camino podemos realizar dicha comprobación. Para ello hacemos clic en **Malla / Dibujar / Tamaños / Superficies**.

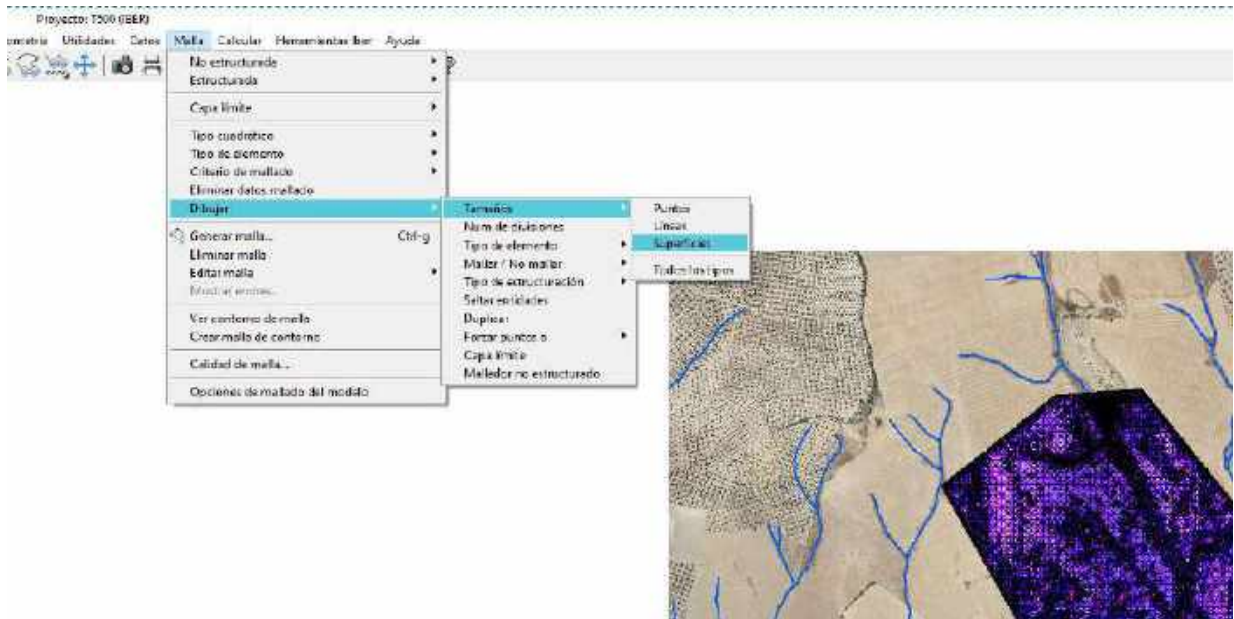


Ilustración 39. Dibujo tamaño superficie

Al hacer esta acción se nos colorea la malla y nos genera una leyenda con el tamaño de malla. En el estudio podemos comprobar que el tamaño de malla se encuentra comprendido entre **1,14 y 9,16 m**.

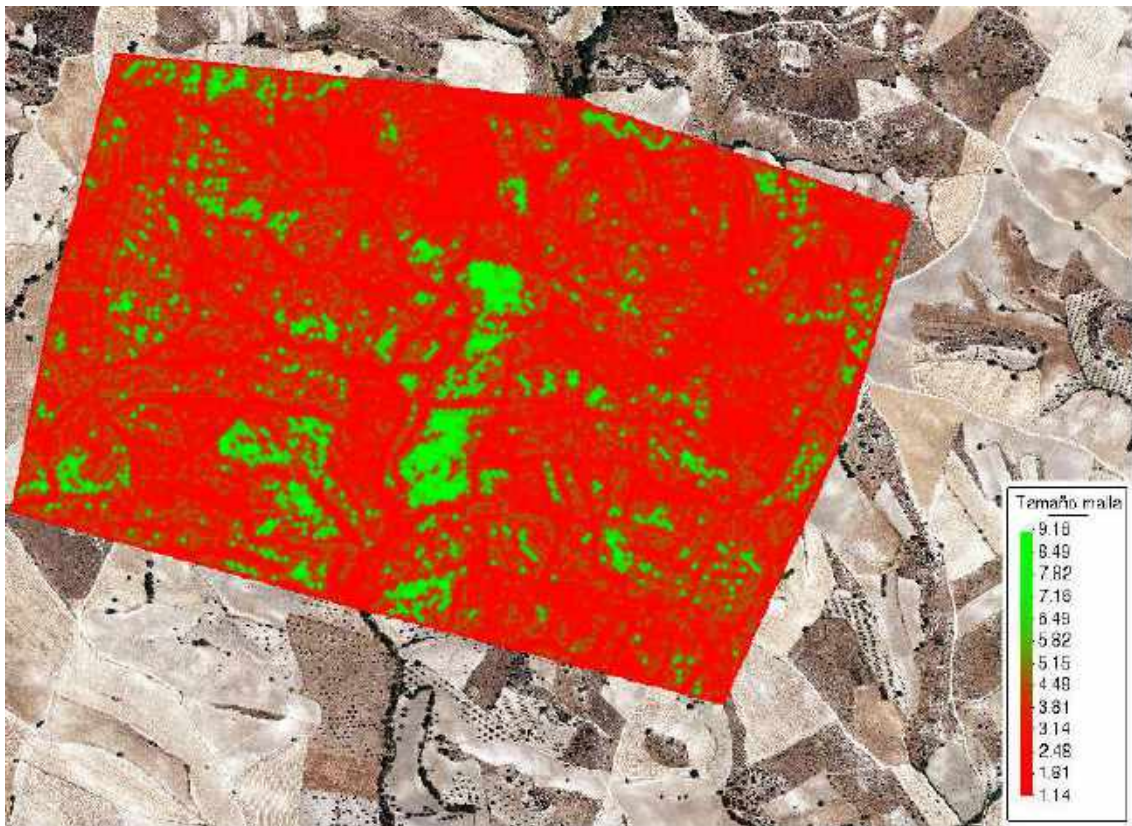


Ilustración 40. Visualizador tamaño malla

## 5.9. Datos del problema

Los datos del problema recogen una serie de parámetros configurables para realizar la simulación del modelo en Iber. Mediante ellos podemos establecer parámetros de tiempo, una serie de parámetros generales del propio funcionamiento del programa y la configuración de resultados a generar **Datos / Datos del problema**.

- **Parámetros de tiempo**

En esta pestaña indicamos los parámetros de tiempo para realizar la simulación:

- Simulación: Podemos comenzar una nueva simulación o continuar con una que ya se ha ejecutado hasta un instante concreto.
- Instante inicial (s): Primer instante del que queremos obtener los resultados.
- Tiempo máximo de simulación (s): Último instante que queremos simular.
- Intervalo de resultados (s): Aquí debemos indicar cada cuantos segundos queremos que el programa nos muestre los resultados. Cuanto menor sea el intervalo, más tiempo tardará en realizarse el cálculo.
- Opciones de tiempo: Podemos ocultar las opciones de tiempo o mostrarlo.

Realizamos una nueva simulación comenzando en el instante 0 s (instante inicial) y terminando 5000 s tiempo suficiente para visualizar el comportamiento del fluido dentro de la zona de estudio.

Y en cuanto al intervalo de cálculo estimamos cada 15 segundos.

Datos

Parámetros de Tiempo	General	Resultados	Peligrosidad per
Instante Inicial [s]	<input type="text" value="0"/>		
Tiempo máximo de simulación [s]	<input type="text" value="5000"/>		
Intervalo de Resultados [s]	<input type="text" value="15"/>		
IberPlus Enabled			

Ilustración 41. Ventana de computación

## 5.10. Parámetros generales

Mediante la pestaña General se realizan una serie de configuraciones generales de la simulación. En cualquier caso, nosotros dejaremos todas las opciones que aplica el programa por defecto.

- Número de procesadores: Iber puede lanzar un cálculo paralelo con el número de procesadores que se desee. Si se indica un número de procesadores mayor al existente Iber utilizará el máximo de procesadores posibles. En nuestro caso al tener un ordenado de 8 núcleos, hemos dedicados todos a la computación del programa.
- Esquema numérico: Tenemos la opción de escoger un esquema numérico de primer orden, o de segundo orden (para más información ver Manual de referencia).
- CFL: Valor del número de Courant-Friedrichs-Levy para conseguir un esquema numérico estable.
- Límite Seco - Mojado: Umbral para considerar que un elemento está seco y que no se debe realice ningún cálculo hidrodinámico en él. Iber aplica por defecto un umbral de 0.01 metros lo que significa que se considerará que un elemento está seco cuando presenta una lámina de agua menor de 1 cm.
- Método de secado: Existen 3 métodos aplicables:
  - o Normal: Iber considerará un elemento como seco cuando éste tenga un "calado negativo", de manera que para que vuelva a estar mojado el elemento debe llenar antes este "calado negativo". Es un método robusto y con el cual el tiempo de cálculo no depende del proceso de secado-mojado.
  - o Estricto: Impide que exista el "calado negativo" por lo que se gana precisión en el proceso de mojado y secado. Este método reduce el incremento de tiempo de cálculo por lo que aumenta el tiempo de cálculo total.
  - o Hidrológico. Es el método recomendado al realizar cálculos hidrológicos ya que en estos casos los otros dos métodos pueden producir inestabilidades.
- Opciones generales: Podemos mostrarlas u ocultarlas.

## 5.11. Pestaña resultados

En esta pestaña seleccionamos los resultados que deseamos obtener en la simulación:

- Forzar resultados a vértices. Por defecto Iber calcula los resultados para cada elemento de la malla, pero si queremos podemos forzarlo de manera que los calcule para cada uno de los vértices.

- Sin resultados en los elementos secos. Por defecto estará activado de manera que Iber no sacará resultados en los elementos que estén secos.
- Selección de resultados. Iber sólo creará archivos de resultados para los resultados seleccionados mediante las casillas.

El resto de pestañas son referentes a los módulos de sedimentos y turbulencia, al cálculo de la vía intenso desagüe y a la rotura de presas.

Se establecieron los datos del problema en cada uno de los modelos que vamos a simular.

Se calculó los resultados para cada elemento de la malla y se obvió los resultados en los elementos secos. Por otro lado, los resultados que se generaron fueron el calado y máximo calado, la velocidad, cota del agua, número de Froude, máximo calado, máxima velocidad, máxima cota del agua y la Peligrosidad.

Una vez establecidos todos estos datos, pulsamos en **Aceptar**.

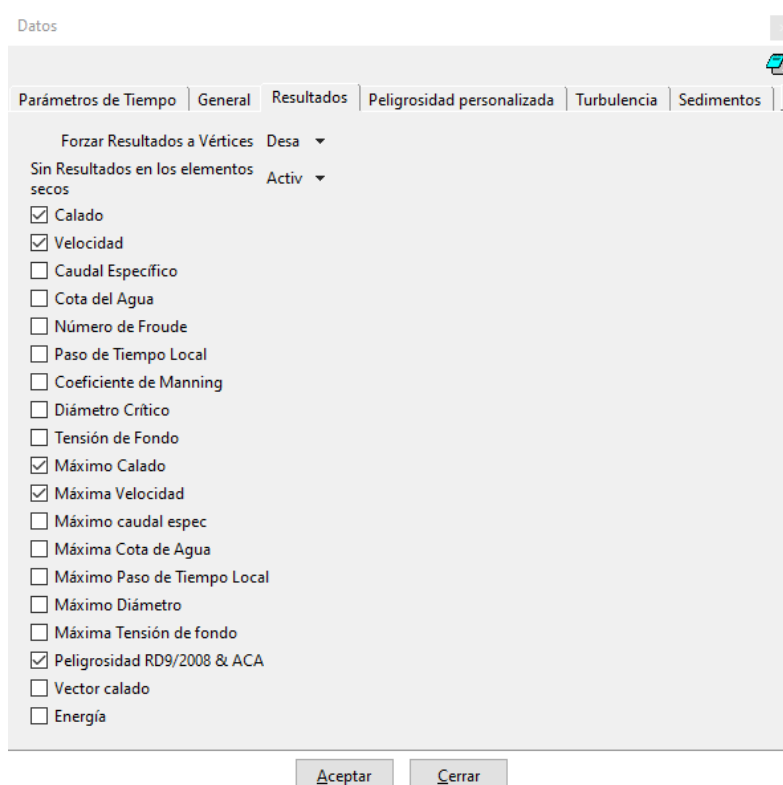


Ilustración 42. Ventana de selección datos de computación

## 5.12. Cálculo del modelo

Una vez introducida toda la información en el modelo (datos hidrodinámicos, rugosidad y datos del problema) se procede con la simulación para los periodos de retorno de 10, 100 y 500 años.

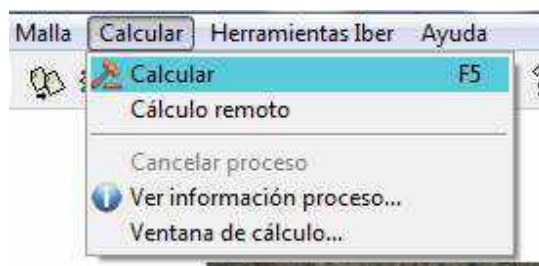



Ilustración 43. Proceso de cálculo

## 5.13. Post-proceso

Mientras el programa está calculado, Iber nos permite pasar al post-proceso para ver los resultados. Para ello pulsamos en el icono  o si la simulación ha terminado, pulsaremos en "Post-proceso".

Durante la simulación podemos ir intercambiando entre pre-proceso y post-proceso para ver cómo va la simulación.

Una vez terminada la simulación en el programa nos saldrá una ventana emergente llamada Información del Proceso donde nos dice que el proceso ha finalizado. A continuación, pasaremos a Post-proceso a través del icono para comprobar los resultados.

## 6. DELIMITACIÓN MÁXIMA CRECIDA ORDINARIA

### 6.1. Definición dominio público hidráulico

En el Real Decreto 9/2008, de 11 de enero, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, indica que «El artículo 4 queda redactado del siguiente modo:

1. Álveo o cauce natural de una corriente continua o discontinua es el terreno cubierto por las aguas en las máximas crecidas ordinarias (artículo 4 del texto refundido de la Ley de Aguas). La determinación de ese terreno se realizará atendiendo a sus características geomorfológicas, ecológicas y teniendo en cuenta las informaciones hidrológicas, hidráulicas, fotográficas y cartográficas que existan, así como las referencias históricas disponibles.

2. Se considerará como caudal de la máxima crecida ordinaria la media de los máximos caudales anuales, en su régimen natural producidos durante diez años consecutivos, que sean representativos del comportamiento hidráulico de la corriente y que tengan en cuenta lo establecido en el apartado 1.»

### 6.2. Máxima crecida ordinaria

#### Artículo 4.

1. Álveo o cauce natural de una corriente continua o discontinua es el terreno cubierto por las aguas en las máximas crecidas ordinarias (artículo 4 del texto refundido de la Ley de Aguas). La determinación de ese terreno se realizará atendiendo a sus características geomorfológicas, ecológicas y teniendo en cuenta las informaciones hidrológicas, hidráulicas, fotográficas y cartográficas que existan, así como las referencias históricas disponibles.

2. En los tramos de cauce donde exista información hidrológica suficiente, se considerará caudal de la máxima crecida ordinaria la media de los máximos caudales instantáneos anuales en su régimen natural, calculada a partir de las series de datos existentes y seleccionando un período que incluirá el máximo número de años posible y será superior a diez años consecutivos. Dicho periodo será representativo del comportamiento hidráulico de la corriente y en su definición se tendrá en cuenta las características geomorfológicas, ecológicas y referencias históricas disponibles.

#### Artículo 5.

1. Son de dominio privado los cauces por los que ocasionalmente discurran aguas pluviales, en tanto atraviesen, desde su origen, únicamente fincas de dominio particular.

2. El dominio privado de estos cauces no autoriza hacer en ellos labores ni construir obras que puedan hacer variar el curso natural de las aguas en perjuicio del interés público o de tercero, o cuya destrucción por la fuerza de las avenidas pueda ocasionar daños a personas o cosas (art. 5 del TR de la LA).



## Artículo 6.

1. Se entiende por riberas las fajas laterales de los cauces públicos situadas por encima del nivel de aguas bajas y por márgenes los terrenos que lindan con los cauces.

2. La protección del dominio público hidráulico tiene como objetivos fundamentales los enumerados en el artículo 92 del texto refundido de la Ley de Aguas. Sin perjuicio de las técnicas específicas dedicadas al cumplimiento de dichos objetivos, las márgenes de los terrenos que lindan con dichos cauces están sujetas en toda su extensión longitudinal:

a) A una zona de servidumbre de cinco metros de anchura para uso público, que se regula en este reglamento.

b) A una zona de policía de cien metros de anchura, en la que se condicionará el uso del suelo y las actividades que en él se desarrollen.

3. La regulación de dichas zonas tiene como finalidad la consecución de los objetivos de preservar el estado del dominio público hidráulico, prevenir el deterioro de los ecosistemas acuáticos, contribuyendo a su mejora, y proteger el régimen de las corrientes en avenidas, favoreciendo la función de los terrenos colindantes con los cauces en la laminación de caudales y carga sólida transportada.

4. En las zonas próximas a la desembocadura en el mar, en el entorno inmediato de los embalses o cuando las condiciones topográficas o hidrográficas de los cauces y márgenes lo hagan necesario para la seguridad de personas y bienes, podrá modificarse la anchura de dichas zonas en la forma que se determina en este Reglamento.

## Artículo 7.

1. La zona de servidumbre para uso público definida en el artículo anterior tendrá los fines siguientes:

a) Protección del ecosistema fluvial y del dominio público hidráulico.

b) Paso público peatonal y para el desarrollo de los servicios de vigilancia, conservación y salvamento, salvo que por razones ambientales o de seguridad el organismo de cuenca considere conveniente su limitación.

c) Varado y amarre de embarcaciones de forma ocasional y en caso de necesidad.

2. Los propietarios de estas zonas de servidumbre podrán libremente sembrar y plantar especies no arbóreas, siempre que no deterioren el ecosistema fluvial o impidan el paso señalado en el apartado anterior.

Las talas o plantaciones de especies arbóreas requerirán autorización del organismo de cuenca.

3. Con carácter general no se podrá realizar ningún tipo de construcción en esta zona salvo que resulte conveniente o necesaria para el uso del dominio público

hidráulico o para su conservación y restauración. Solo podrán autorizarse edificaciones en zona de servidumbre en casos muy justificados.

Las edificaciones que se autoricen se ejecutarán en las condiciones menos desfavorables para la propia servidumbre y con la mínima ocupación de la misma, tanto en su suelo como en su vuelo. Deberá garantizarse la efectividad de la servidumbre, procurando su continuidad o su ubicación alternativa y la comunicación entre las áreas de su trazado que queden limitadas o cercenadas por aquélla.

**A tenor de lo expuesto en el citado reglamento, las instalaciones deberán respetar el Dominio Público Hidráulico y la Zona de Servidumbre de paso de los Cauces públicos (5 m de anchura medidos horizontalmente desde la coronación del talud de la margen del río), que debe quedar libre para uso público, según se determina en los Arts.6 y 7 del R.D.P.H), dejando una zona de terreno libre de 5,00 metros de anchura como mínimo al lado del cauce.**

## 7. RESULTADOS

A continuación, pasamos a analizar los resultados obtenidos en la fase de cálculo para las simulaciones realizadas.

### 7.1. Resultados T10 años

#### Calado

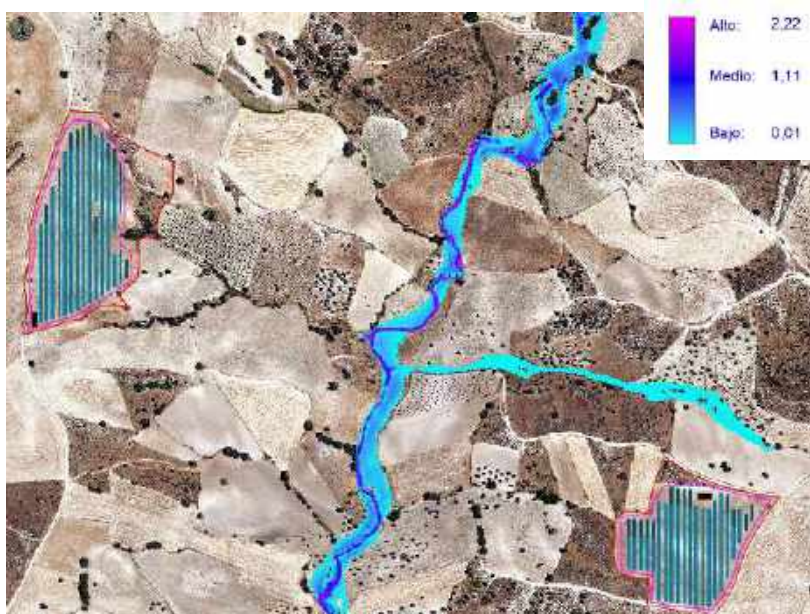


Ilustración 44. T10 Calado

#### Velocidad

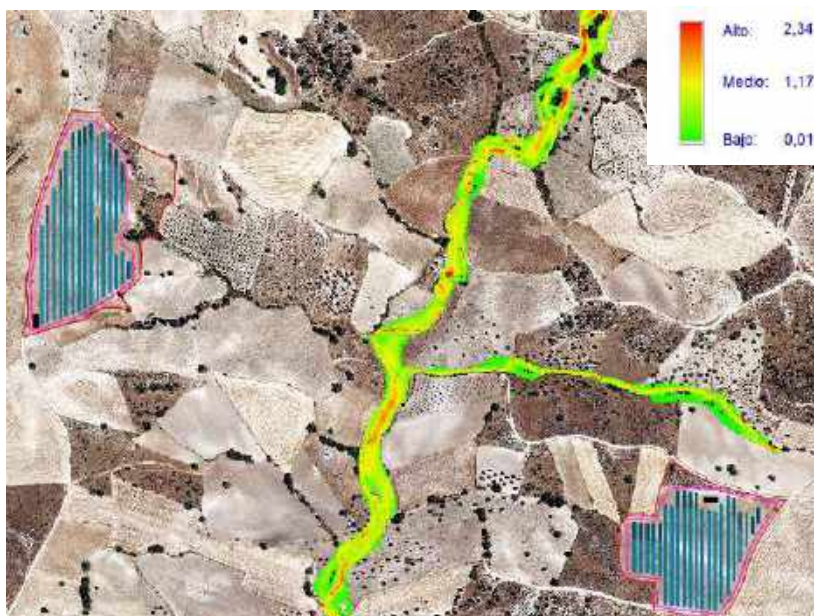


Ilustración 45. T10 Velocidad

## 7.2. Resultados T100 años

### Calado

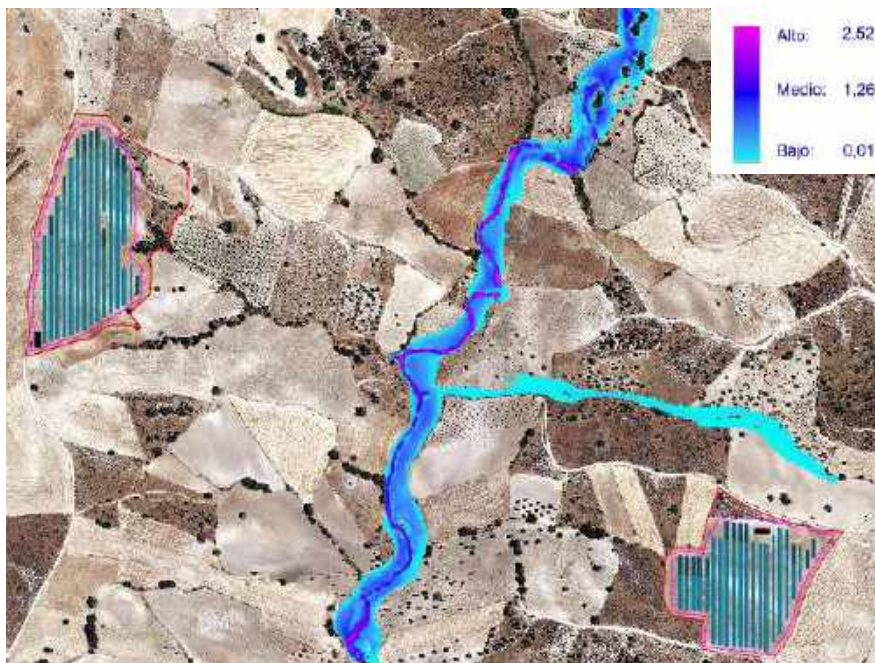


Ilustración 46. T100 Calado

### Velocidad

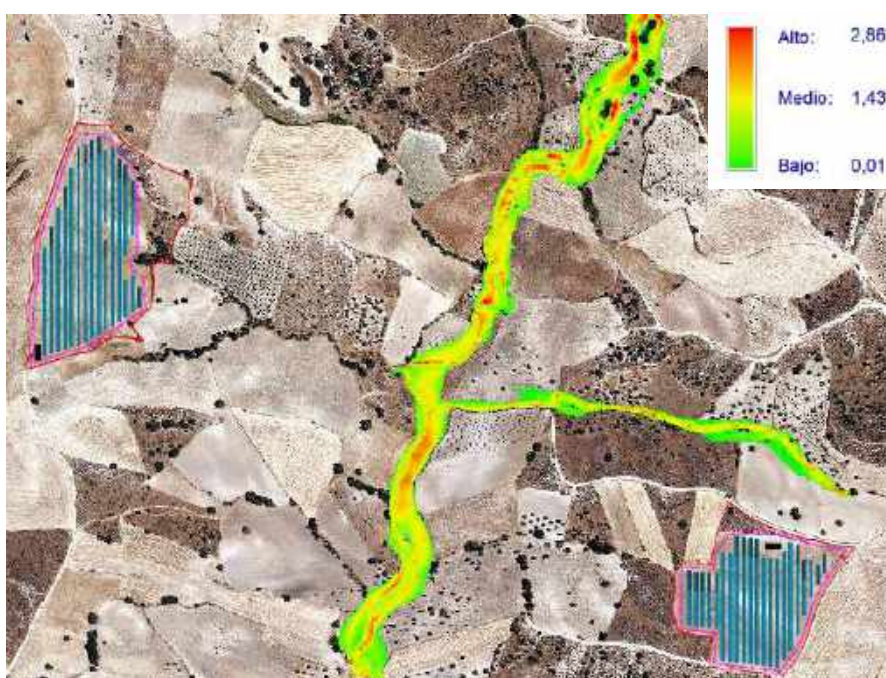


Ilustración 47. T100 Velocidad

### 7.3. Resultados T500 años

#### Calado

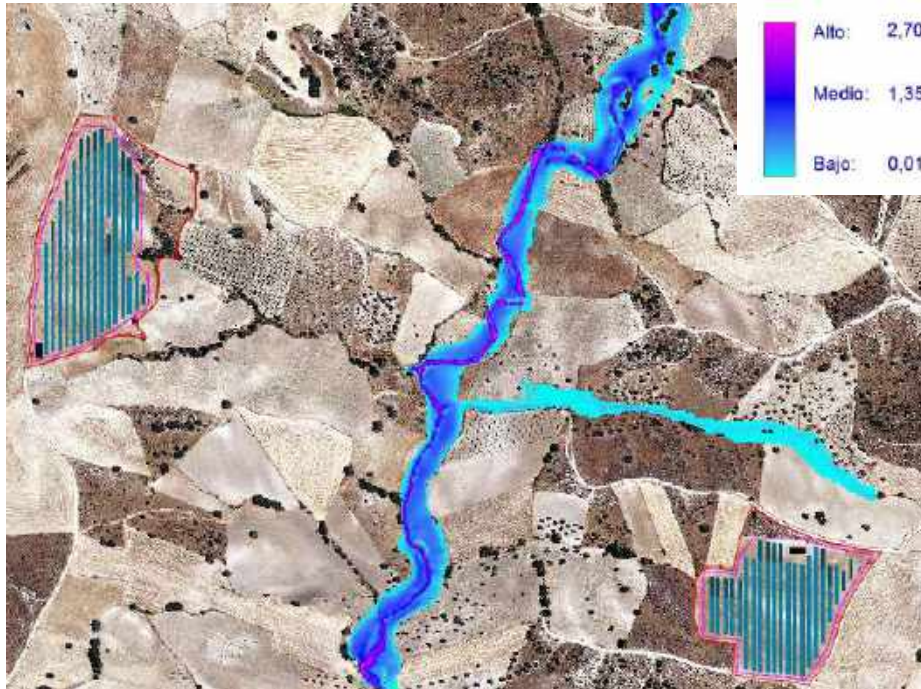


Ilustración 48. T500 Calado

#### Velocidad

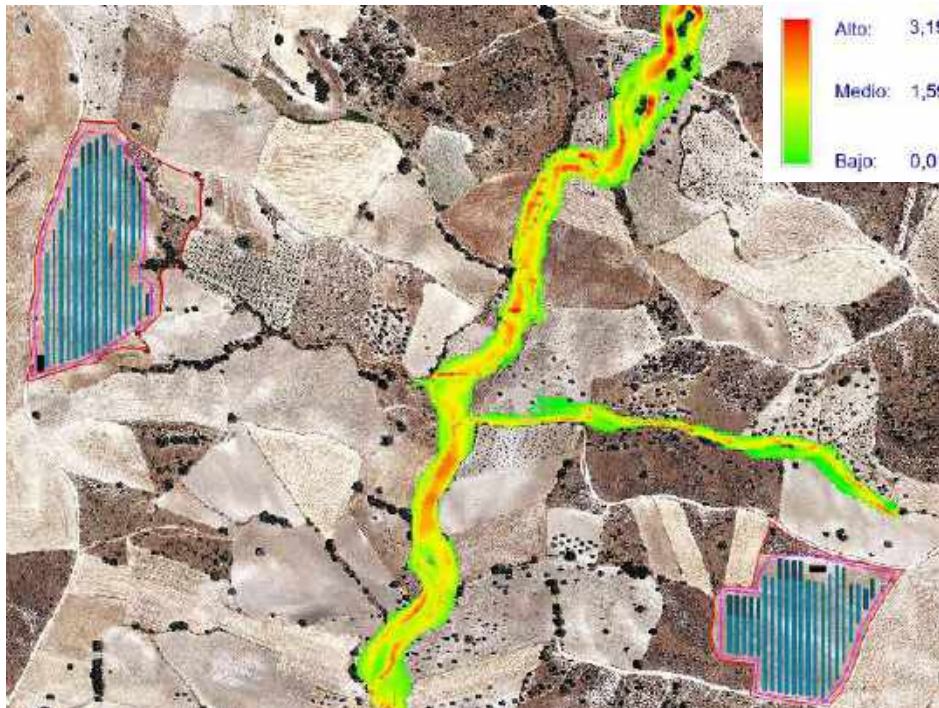


Ilustración 49. T500 Velocidad

## **8. CONCLUSIONES ESTUDIO INUNDABILIDAD**

Para concluir el presente estudio se analizarán los resultados obtenidos en la fase de cálculo.

### **8.1. Conclusiones obtenidas**

Como hemos visto con anterioridad, para el estudio de inundabilidad de la zona de estudio, se ha supuesto el período de retorno  $T=10$ ,  $T=100$ ,  $T=500$  años. En lo que, como podemos observar en el apartado anterior, podemos establecer la siguiente conclusión:

A la vista de los resultados obtenidos para las avenidas de inundabilidad en el período de retorno de 10, 100 y 500 años no se produce ningún tipo de afección sobre la zona de estudio como consecuencia de las avenidas de los periodos mencionados.

Todas las instalaciones se encuentran fuera de las zonas de inundación de los periodos de retorno estudiados.

De igual modo, la instalación también queda fuera de la zona de la Zona de Servidumbre.

Así mismo al encontrarse las instalaciones fuera de la zona de T100 años, no es necesario calcular la Zona de Flujo Preferente, quedando fuera de la misma.

## 9. DATOS DE CÁLCULOS CUENCAS DE ESTUDIO

### 9.1. Datos generales de las cuencas

#### Cuenca 1

DATOS MORFOLÓGICOS	
Área =	0.20 km <sup>2</sup>
Longitud =	0.745 km
Pendiente =	0.0395 m/m

Calculadora de pendientes	
Cota alta =	622.60 m
Cota baja =	593.19 m
Longitud =	744.70 m
Pendiente =	0.0395 m/m

	Cota (m)		Desnivel (m)	Área (Km <sup>2</sup> )	Longitud (Km)	Pendiente (m/m)	Pendiente (%)
	Máxima	Mínima					
Cuenca de estudio 1	622.596	593.187	29.409	0.204	0.745	0.039	3.95

#### Cuenca 2

DATOS MORFOLÓGICOS	
Área =	5.71 km <sup>2</sup>
Longitud =	4.159 km
Pendiente =	0.0157 m/m

Calculadora de pendientes	
Cota alta =	658.38 m
Cota baja =	593.06 m
Longitud =	4158.65 m
Pendiente =	0.0157 m/m

	Cota (m)		Desnivel (m)	Área (Km <sup>2</sup> )	Longitud (Km)	Pendiente (m/m)	Pendiente (%)
	Máxima	Mínima					
Cuenca de estudio 2	658.382	593.057	65.325	5.706	4.159	0.016	1.57

## 9.2. Tiempo de concentración

### Cuenca 1

$L_c$ (Km)	$J_c$ (m/m)	$t_c$ (horas)
0.745	0.0395	0.443

### Cuenca 2

$L_c$ (Km)	$J_c$ (m/m)	$t_c$ (horas)
4.159	0.0157	1.951

## 9.3. Cálculo precipitaciones máximas diarias

### Cuenca 1 -2

$P^* =$	40	mm/h
$C_v =$	0.34	

Periodo de retorno Años	Precipitación media (mm)	$C_v$	$K_t$	$P_t = K_t * P^*$
2	40.000	0.340	0.924	36.960
5	40.000	0.340	1.213	48.520
10	40.000	0.340	1.423	56.920
25	40.000	0.340	1.717	68.680
50	40.000	0.340	1.930	77.200
100	40.000	0.340	2.174	86.960
200	40.000	0.340	2.434	97.360
500	40.000	0.340	2.785	111.400



#### 9.4. Distribución probabilidades pluviométricas

Cuenca 1 -2

T Años	Precip. diaria Máxima (mm)
2	36.960
5	48.520
10	56.920
25	68.680
50	77.200
100	86.960
200	97.360
500	111.400

#### 9.5. Tabla de regresión I-D-T

Cuenca 1 -2

T 10 Años

<b>Periodo de retorno para T = 10 años</b>						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	2.3717	7.2724	0.8636	6.2804	52.8878
2	1080	2.8776	6.9847	1.0570	7.3826	48.7863
3	720	3.7947	6.5793	1.3336	8.7741	43.2865
4	480	4.8382	6.1738	1.5765	9.7332	38.1156
5	360	5.7869	5.8861	1.7556	10.3336	34.6462
6	300	6.4889	5.7038	1.8701	10.6666	32.5331
7	240	7.3996	5.4806	2.0014	10.9691	30.0374
8	180	8.7277	5.1930	2.1665	11.2506	26.9668
9	120	11.0994	4.7875	2.4069	11.5230	22.9201
10	60	17.0760	4.0943	2.8377	11.6184	16.7637
10	4980	70.4606	58.1555	17.8689	98.5315	346.9435
<b>Ln (d) =</b>	<b>5.3715</b>	<b>d =</b>	<b>215.1875</b>	<b>n =</b>	<b>-0.6164</b>	

T 100 Años

<b>Periodo de retorno para T = 100 años</b>						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	3.6233	7.2724	1.2874	9.3624	52.8878
2	1080	4.3963	6.9847	1.4808	10.3427	48.7863
3	720	5.7973	6.5793	1.7574	11.5624	43.2865
4	480	7.3916	6.1738	2.0003	12.3497	38.1156
5	360	8.8409	5.8861	2.1794	12.8281	34.6462
6	300	9.9134	5.7038	2.2939	13.0839	32.5331
7	240	11.3048	5.4806	2.4252	13.2918	30.0374
8	180	13.3339	5.1930	2.5903	13.4514	26.9668
9	120	16.9572	4.7875	2.8307	13.5519	22.9201
10	60	26.0880	4.0943	3.2615	13.3536	16.7637
10	4980	107.6468	58.1555	22.1069	123.1779	346.9435
<b>Ln (d) =</b>	<b>5.7953</b>	<b>d =</b>	<b>328.7545</b>	<b>n =</b>	<b>-0.6164</b>	

T 500 Años

<b>Periodo de retorno para T = 500 años</b>						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	4.6417	7.2724	1.5351	11.1637	52.8878
2	1080	5.6319	6.9847	1.7284	12.0727	48.7863
3	720	7.4267	6.5793	2.0051	13.1919	43.2865
4	480	9.4690	6.1738	2.2480	13.8788	38.1156
5	360	11.3257	5.8861	2.4271	14.2860	34.6462
6	300	12.6996	5.7038	2.5416	14.4966	32.5331
7	240	14.4820	5.4806	2.6729	14.6492	30.0374
8	180	17.0813	5.1930	2.8380	14.7375	26.9668
9	120	21.7230	4.7875	3.0784	14.7377	22.9201
10	60	33.4200	4.0943	3.5092	14.3677	16.7637
10	4980	137.9008	58.1555	24.5837	137.5818	346.9435
<b>Ln (d) =</b>	<b>6.0430</b>	<b>d =</b>	<b>421.1505</b>	<b>n =</b>	<b>-0.6164</b>	

## 9.6. Coeficiente de regresión

Cuenca 1 -2

<b>Resumen de aplicación de regresión potencial</b>		
<b>Periodo de Retorno (años)</b>	<b>Término ccte. de regresión (d)</b>	<b>Coef. de regresión [n]</b>
2	139.72821237820	-0.61638608809
5	183.43108399865	-0.61638608809
10	215.18749590279	-0.61638608809
25	259.64647256858	-0.61638608809
50	291.85654749992	-0.61638608809
100	328.75447371235	-0.61638608809
200	368.07193606985	-0.61638608809
500	421.15051025247	-0.61638608809
<b>Promedio =</b>	<b>275.97834154785</b>	<b>-0.61638608809</b>

<b>Regresión potencial</b>						
<b>Nº</b>	<b>x</b>	<b>y</b>	<b>ln x</b>	<b>ln y</b>	<b>ln x*ln y</b>	<b>(lnx)^2</b>
1	2	139.7282	0.6931	4.9397	3.4239	0.4805
2	5	183.4311	1.6094	5.2118	8.3881	2.5903
3	10	215.1875	2.3026	5.3715	12.3684	5.3019
4	25	259.6465	3.2189	5.5593	17.8948	10.3612
5	50	291.8565	3.9120	5.6763	22.2057	15.3039
6	100	328.7545	4.6052	5.7953	26.6884	21.2076
7	200	368.0719	5.2983	5.9083	31.3039	28.0722
8	500	421.1505	6.2146	6.0430	37.5548	38.6214
8	892	2207.8267	27.8542	44.5052	159.8280	121.9388
<b>Ln (K) =</b>	<b>4.8836</b>	<b>K =</b>	<b>132.1034</b>	<b>m =</b>	<b>0.1952</b>	

**Termino constante de regresión (K) = 132.1034**  
**Coef. de regresión (m) = 0.195178**

## 9.7. Factor Fa

### Cuenca 1

$(l_1/l_d)$	$t = t_c$ (horas)	$F_a$
10	0.443	15.7644

### Cuenca 2

$(l_1/l_d)$	$t = t_c$ (horas)	$F_a$
10	1.951	6.6868

## 9.8. Factor de intensidad

### Cuenca 1

T	$F_a$	$F_b$	$F_{int}$
2	15.7644	13.23489	15.76444186
5	15.7644	13.23489	15.76444186
10	15.7644	13.23489	15.76444186
25	15.7644	13.23489	15.76444186
50	15.7644	13.23489	15.76444186
100	15.7644	13.23489	15.76444186
200	15.7644	13.23489	15.76444186
500	15.7644	13.23489	15.76444186

### Cuenca 2

T	$F_a$	$F_b$	$F_{int}$
2	6.6868	5.30773	6.686800823
5	6.6868	5.30773	6.686800823
10	6.6868	5.30773	6.686800823
25	6.6868	5.30773	6.686800823
50	6.6868	5.30773	6.686800823
100	6.6868	5.30773	6.686800823
200	6.6868	5.30773	6.686800823
500	6.6868	5.30773	6.686800823

## 9.9. Intensidad media de precipitación corregida

### Cuenca 1

T	I <sub>d</sub> (mm)	F <sub>int</sub>	I (T, tc) (mm/h)
2	1.5400	15.7644	24.2772
5	2.0217	15.7644	31.8704
10	2.3717	15.7644	37.3880
25	2.8617	15.7644	45.1126
50	3.2167	15.7644	50.7090
100	3.6233	15.7644	57.1198
200	4.0567	15.7644	63.9511
500	4.6417	15.7644	73.1733

### Cuenca 2

T	I <sub>d</sub> (mm)	F <sub>int</sub>	I (T, tc) (mm/h)
2	1.4623	6.6868	9.7784
5	1.9197	6.6868	12.8368
10	2.2521	6.6868	15.0592
25	2.7174	6.6868	18.1705
50	3.0545	6.6868	20.4247
100	3.4406	6.6868	23.0068
200	3.8521	6.6868	25.7584
500	4.4076	6.6868	29.4729

## 9.10. P<sub>0</sub> cuenca de estudio

### Cuenca 1

Umbral de escorrentía (P <sub>0</sub> <sup>i</sup> )	Superficie (km <sup>2</sup> )	P <sub>0</sub> *Sup.	Ponderación P <sub>0</sub> <sup>i</sup>
22	0.203989	4.487758	
Σ	0.203989	4.487758	22.00

## Cuenca 2

Umbral de escorrentía ( $P_0^i$ )	Superficie (km <sup>2</sup> )	$P_0$ *Sup.	Ponderación $P_0^i$
1	0.004836	0.004836	
14	0.048296	0.676144	
17	0.695886	11.830062	
21	2.141302	44.967342	
22	2.815757	61.946654	
$\Sigma$	5.706077	119.425038	20.93

## 9.11. Umbral de escorrentía

### Cuenca 1

T	Umbral de escorrentía corregido ( $P_0^i$ )	Coef. Correct. de umbral de escorrentía	Umbral de escorrentía ( $P_0$ )
2	22.00	1	22
5	22.00	1	22
10	22.00	1	22
25	22.00	1	22
50	22.00	1	22
100	22.00	1	22
200	22.00	1	22
500	22.00	1	22

## Cuenca 2

T	Umbral de escorrentia corregido ( $P^i_0$ )	Coef. Correct. de umbral de escorrentia	Umbral de escorrentia ( $P_0$ )
2	20.93	1	20.92944732
5	20.93	1	20.92944732
10	20.93	1	20.92944732
25	20.93	1	20.92944732
50	20.93	1	20.92944732
100	20.93	1	20.92944732
200	20.93	1	20.92944732
500	20.93	1	20.92944732

## 9.12. Coeficiente de escorrentía

### Cuenca 1

T	Umbral de escorrentia ( $P_0$ )	$P_d * K_a$	Coef. Escorrentia (C)
2	22	36.96	0.104379584
5	22	48.52	0.174236309
10	22	56.92	0.219994066
25	22	68.68	0.277926743
50	22	77.2	0.315959071
100	22	86.96	0.355946911
200	22	97.36	0.394817235
500	22	111.4	0.441947879

### Cuenca 2

T	Umbral de escorrentía (P <sub>0</sub> )	P <sub>d</sub> *K <sub>a</sub>	Coef. Escorrentía (C)
2	20.92944732	35.09638408	0.103940109
5	20.92944732	46.07349989	0.173725496
10	20.92944732	54.04995081	0.219443895
25	20.92944732	65.21698211	0.27733542
50	20.92944732	73.30738234	0.315346173
100	20.92944732	82.57525866	0.355316132
200	20.92944732	92.45086457	0.394173936
500	20.92944732	105.7829326	0.44129605

### 9.13. Coeficiente K<sub>t</sub>

#### Cuenca 1

t <sub>c</sub>	K <sub>t</sub>
0.443	1.0252

#### Cuenca 2

t <sub>c</sub>	K <sub>t</sub>
1.951	1.1414

### 9.14. Caudales de estudio

Cuenca de Estudio	Periodo de retorno	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
Cuenca 1	T 10 años	0,4778
	T 100 años	1,1811
	T 500 años	1,8786
Cuenca 2	T 10 años	5,9787
	T 100 años	14,7898
	T 500 años	23,5304



## ESTUDIO DRENAJE

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. **Objetivo del estudio de drenaje**

El propósito de esta parte del estudio es calcular el riesgo estadístico real de inundación en las parcelas de estudio a través de una red de drenaje interna, así como la elevación topográfica de la lámina del agua. Así pues, las inundaciones en la parcela de estudio provocadas por la lluvia serán analizadas dejando caer una lluvia en el interior de las parcelas y comprobar las escorrentías que se producen en el terreno, incluyendo los caudales procedentes de las cuencas de estudios que afecta a la zona de estudio.

Para ello estudiaremos el periodo de retorno de 50 años y comprobar su comportamiento hidráulico para analizar la necesidad de colocación de una red de drenaje que evite los posibles riesgos a las futuras instalaciones.

Por lo tanto realizaremos una simulación hidráulica de toda la cuenca que vierte hacia la zona estudio dejando caer una lluvia para el periodo de retorno de estudio (T50 años) incluyendo el caudal punta del arroyo de la Retamosa

## 2. CÁLCULO DE LAS PRECIPITACIONES

En este apartado determinaremos las precipitaciones máximas diarias de la zona de estudio para el periodo de retorno de 50 años.

Al no disponer de ninguna estación de aforo en la zona de estudio, como de ninguna estación meteorológica que contenga información representativa. Se ha optado por la utilización de la información recogida en el “Mapa de máximas lluvias diarias en la España peninsular”, del Ministerio de Fomento-Dirección General de Carreteras.

El mapa representa dos familias de líneas que definen el valor medio de la ley de frecuencias de máximas precipitaciones diarias puntuales ( $P_m$ ) y el coeficiente de variación  $C_v$  de dicha ley.

La siguiente imagen reproduce un fragmento de la casilla “3-3. MADRID”, correspondiente a la zona donde se ubica el presente proyecto, tal como hemos realizado anteriormente para el apartado del estudio de inundabilidad.

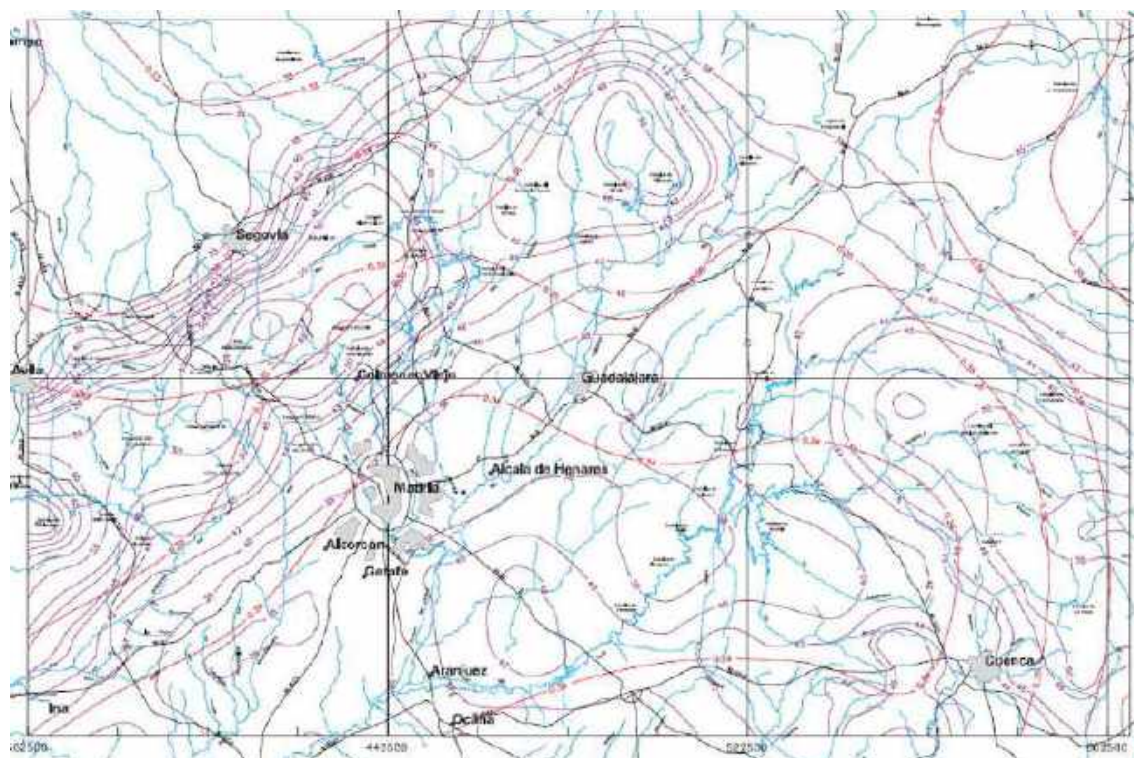


Ilustración 50. Mapa de Máximas Lluvias diarias en la España Peninsular

El parámetro CV permite determinar el factor  $K_t$ , función de CV y T, que multiplicado por el valor medio P, da como resultado la precipitación máxima diaria asociada a cada período de retorno T.

Para nuestro caso se han determinado un valor de **CV = 0,34** y un valor medio de precipitaciones de **40 mm**.

El resultado obtenido para el periodo de retorno de T50 años es:

Periodo de retorno Años	Precipitación media (mm)	Cv	$K_t$	$P_t = K_t * P^*$
50	40.000	0.340	1.930	77.200

Tabla 12. Resultados precipitaciones máximas

Resultando una precipitación total diaria correspondiente al periodo de retorno de T = 50 años de **77,200 mm**.

## 2.1. Creación del hietograma

Una vez obtenido la precipitación máxima para el periodo de retorno de 50 años, procederemos a diseñar el hietograma que utilizaremos en el programa Hec-Ras.

Para ello utilizaremos el programa “Distribución de lluvia por bloques alternos” perteneciente a la politécnica de Cataluña.

Necesitamos lo siguiente:

- **P (Precipitación):** Para el valor de precipitación utilizaremos el obtenido por el método del “Mapa de máximas lluvias diarias en la España peninsular” para el periodo de retorno de 50 años.

- **FR (Factor Regional):** Representa la relación entre la intensidad de precipitación correspondiente a 1 hora de duración y la intensidad de precipitación diaria. Se ha obtenido a partir del mapa de isólinas propuesto por Témez (1987).

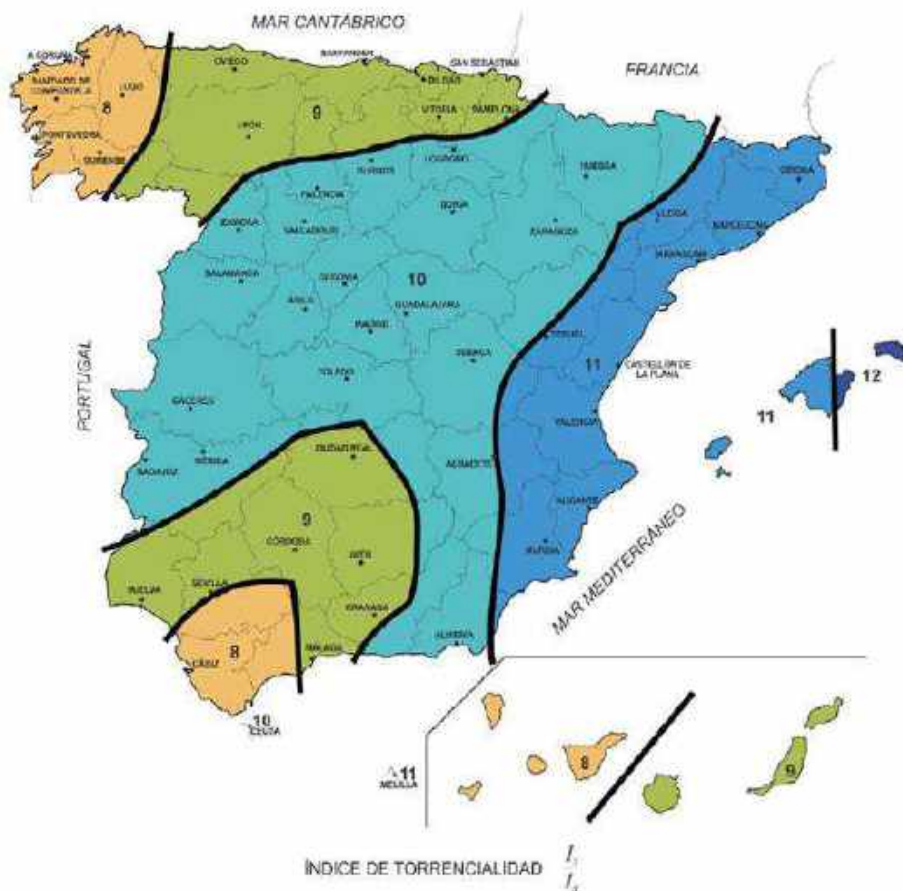


Ilustración 51. Mapa de factor de torrencialidad

**Datos de Distribución:** Se ha de diseñar una distribución de la lluvia en función de su duración e intervalo de tiempo. Para ello hemos supuesto una lluvia de 27 min (tiempo de concentración de la cuenca de estudio del arroyo inominado estudiado anteriormente) y con intervalo de tiempo de 1 minutos.

Vamos a utilizar esta duración de lluvia ya que la al aporte del arroyo de la Retamosa lo vamos a introducir como caudal punta para que la superficie de la simulación no tenga que abarcar toda la cuenca de estudio de dicho arroyo, aumentando los tiempos de computación.

Con todo ello rellenamos la ventana del programa tal como se muestra a continuación en la figura siguiente:

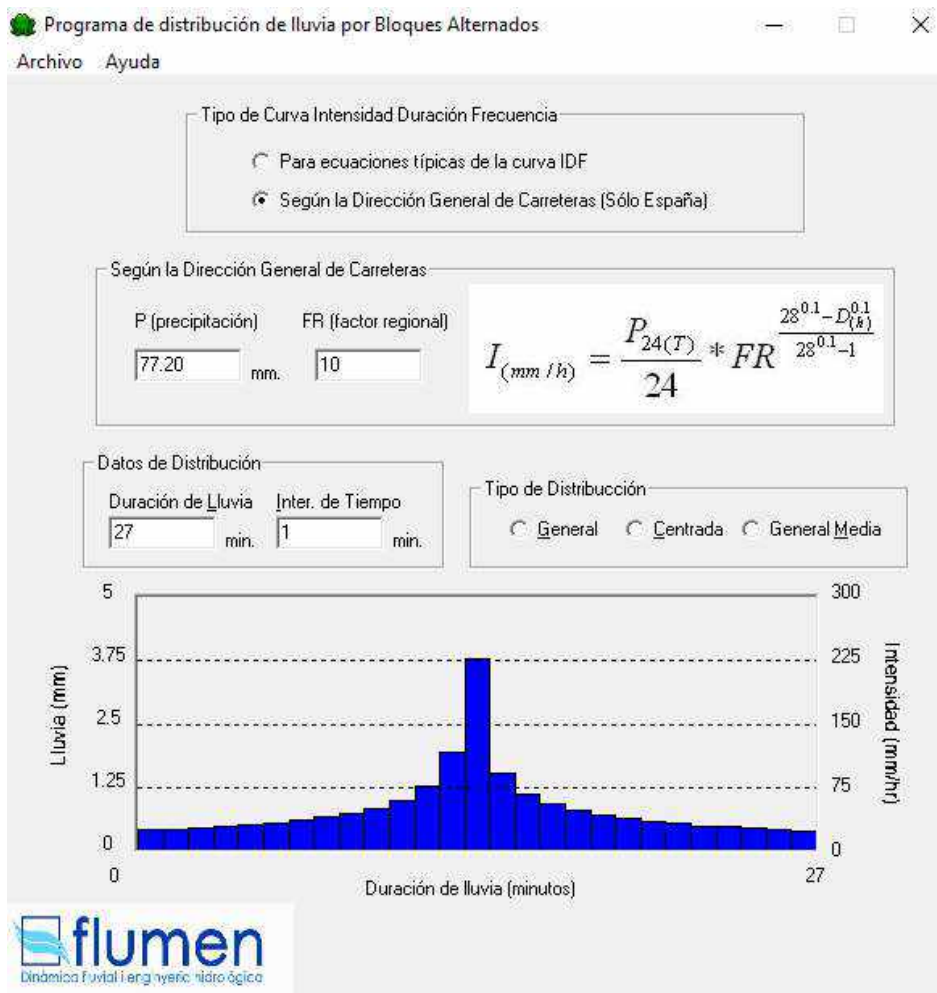


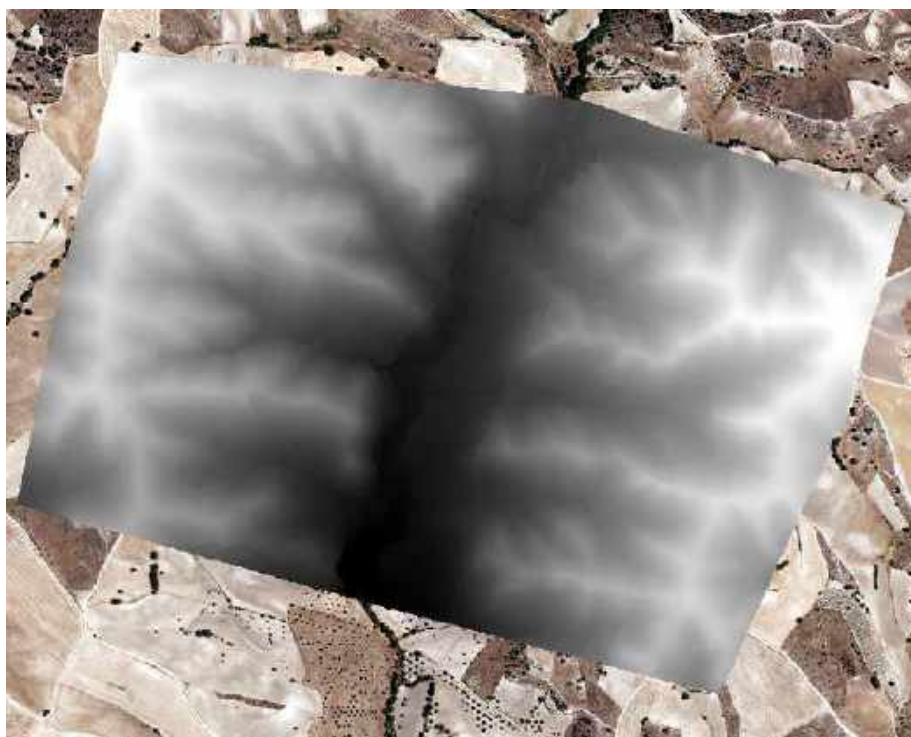
Ilustración 52. Distribución de lluvia bloques alternos

### 3. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA DRENAJE

#### 3.1. Definición del problema

A continuación, vamos a trabajar a de tramo de estudio, con el fin de delimitar la zona inundable y el comportamiento hidráulico para los periodos de retorno de 50 años

Vamos a utilizar la misma superficie raster obtenida para el estudio de inundabilidad procedente del Lidar del Instituto Geográfico Nacional.



*Ilustración 53. Recorte Lidar Zona de Estudio*

#### 3.2. Geometría del modelo

En este apartado y a partir del archivo ASCII creado con anterioridad, procedemos a crearnos la geometría de nuestro modelo. Pero antes y para facilitarnos esta labor vamos a incorporar una imagen de fondo la cual nos servirá de guía en el resto de los procesos.

Una vez cargada la ortofoto en el proyecto, el siguiente paso será importar el archivo ASCII, es decir, el MDT. Para incorporarlo utilizaremos la herramienta “Crear RTIN”, ubicada en Herramientas Iber /RTIN/Crear RTIN.

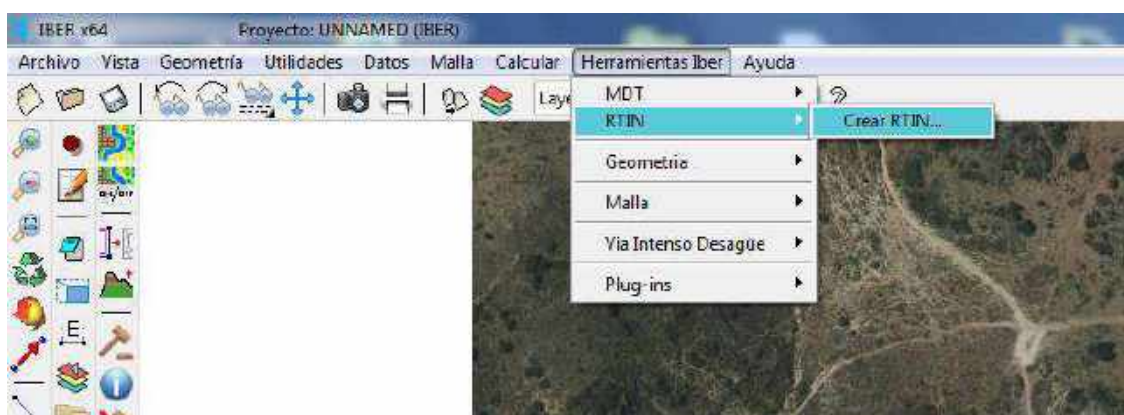


Ilustración 54. Herramientas crear RTIN.

Al realizar esta opción nos emergerá la ventana Archivo RTIN creado en la que hay que introducir los siguientes datos.

**Archivo MDT original:** Pulsamos en 'Buscar' y seleccionamos el archivo del terreno que queremos utilizar (como ya sabemos debe estar en formato ASCII).

**Tolerancia:** Se trata de la máxima diferencia (indicada en metros en vertical) que vamos a permitir que exista entre el MDT y la geometría que se va a crear. En este caso le asignamos un valor de 0.1 (10 cm).

**Lado máximo y mínimo:** Tendremos que establecer el tamaño máximo y mínimo que podrán tener los triángulos que se van a generar. Para este ejemplo indicamos un lado máximo de "25" y un lado mínimo de "1".

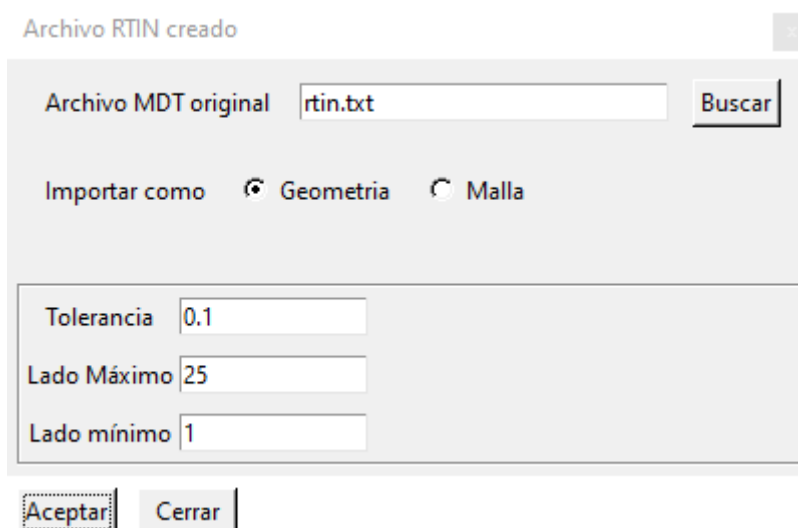


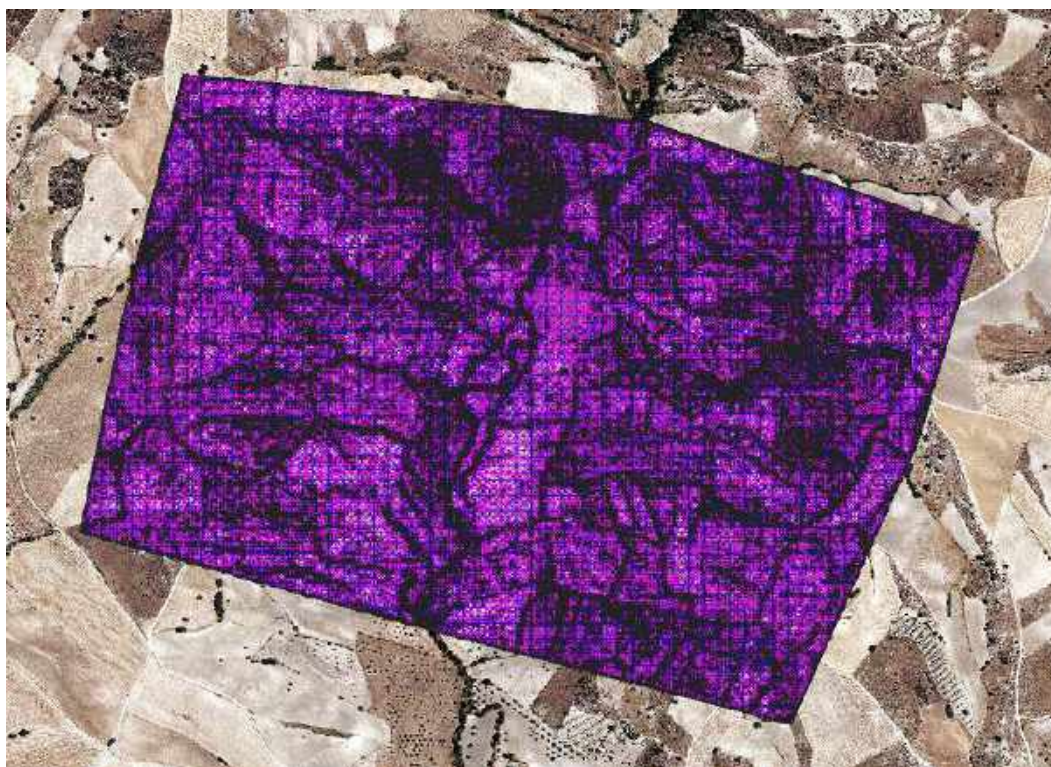
Ilustración 55. Importación archivo ASCII

Una vez que el programa lee el archivo de partida procedente del Modelo Digital del Terreno anteriormente mencionado da la opción de colapsar la geometría.

El colapso de geometría es un mecanismo utilizado por el programa para corrección de posibles errores que puedan contener la geometría a generar, por lo que es un paso importante en el modelo que siempre hay que realizar

Una vez aceptada a la opción de “Colapsar la geometría” nos emerge una ventana de Geometría Colapsada y nos pregunta que si queremos “Mallar la geometría”. Le decimos que “No” ya que ese paso lo haremos posteriormente una vez introducido todos los datos del programa.

Una vez realizado todos los procesos obtenemos la geometría de la zona de estudio tal como se muestra en la siguiente imagen.



*Ilustración 56. Geometría importado RTIN*

### 3.3. Parámetros a introducir en el modelo

A continuación, vamos a explicar todos los pasos y parámetros necesarios para la computación en los modelos Iber.

- **Condiciones iniciales**

Las condiciones iniciales reflejan el estado del terreno al inicio de la simulación, es decir, indican si el terreno está seco o mojado. Como condición inicial Iber permite fijar un calado (diferencia de cotas de la lámina de agua y el terreno) o una cota (cota absoluta del agua respecto el sistema de referencia del MDT).

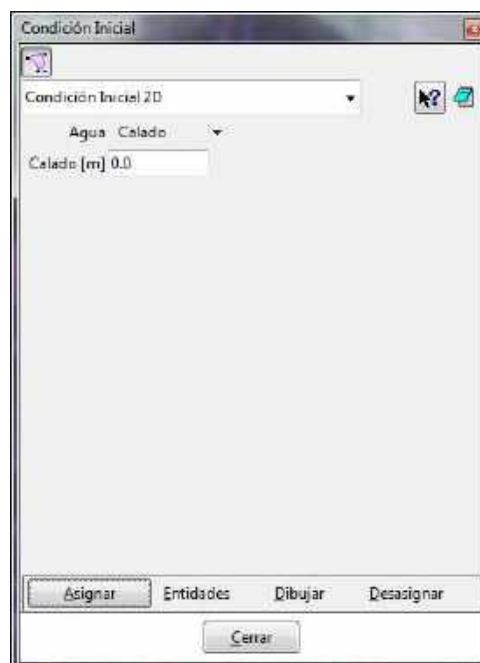
Es muy importante que tengamos claro cuál es el dato de partida que queremos fijar para no establecer una cota como calado o al contrario. Si el suelo se encuentra



seco al inicio de la simulación, será indiferente establecer un calado de 0 o una cota de 0 pero si queremos simular la existencia de una lámina de agua tendremos que diferenciar si el dato que tenemos es el de la profundidad del agua, o la cota que alcanza. Si nos equivocamos y asignamos un valor de cota como calado observaremos que los resultados no son acordes a la realidad.

Siguiendo con nuestro modelo vamos a realizar una simulación del territorio completamente seco al inicio de la simulación que es como se recomienda realizar este tipo de computaciones. Para ello seleccionaremos la opción para introducir las condiciones **iniciales Datos – Hidrodinámica – Condiciones Iniciales**.

Al clicar en esta opción nos emerge la ventana Condición Inicial.



*Ilustración 57. Condición inicial*

Lo primero que observamos es que las condiciones iniciales se asignan a las superficies, no a las líneas como en el caso de las condiciones de contorno.

Indicamos una Condición Inicial 2D con "Calado 0", pulsamos en "Asignar" y seleccionamos todas las superficies dibujando un recuadro que seleccione toda la geometría para por último darle a la tecla ESC, quedando asignada la condición inicial en toda la geometría.

### 3.4. Condiciones de entrada

En la condición de entrada vamos a introducir cada uno de los caudales punta que hemos obtenido del cálculo de las cuencas de estudio y los distintos periodos de retorno. Cada modelo Iber utilizado se corresponderá a un periodo de retorno dado, no siendo posible la computación de varios periodos de retornos en un mismo archivo como si es posible en programa de similares características tipo Hec-Ras.

A tenor de los caudales obtenidos en los cálculos anteriores podría ser muy importante la simulación de esta red de drenaje, ya que puede tener consecuencias para una parte de la zona de estudio.

Por lo tanto, solo introduciremos el caudales punta para el periodo de retorno de T50 años.

Simularemos un régimen subcrítico con caudal constante para cada periodo de retorno estudiado. Por tanto, nos acercamos a la zona de entrada del modelo.

Una vez ubicada la zona por donde entrará el flujo de agua, seleccionamos la opción para introducir las condiciones de contorno hidrodinámicas; es decir nos dirigimos a **Datos / Hidrodinámica / Condiciones de Contorno**.

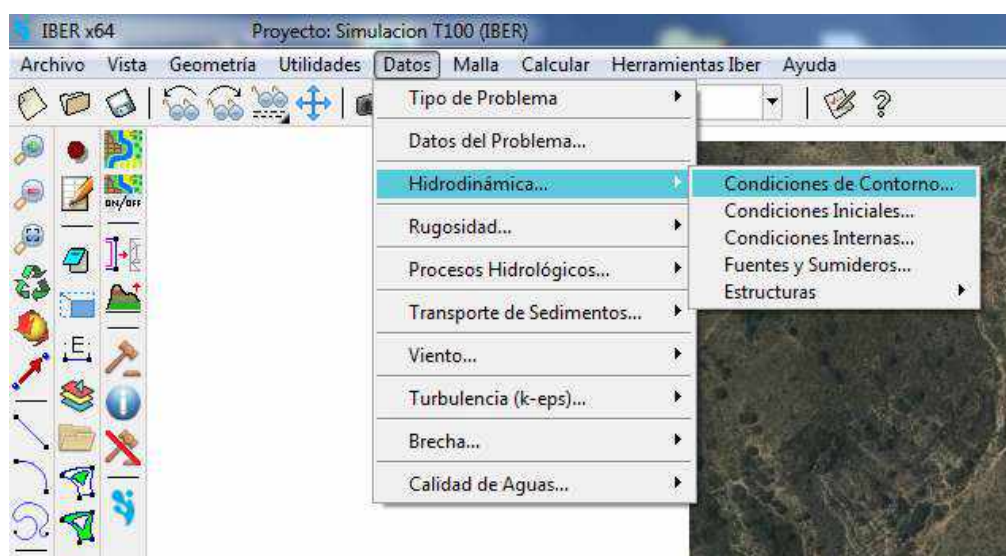


Ilustración 58. Condiciones de contorno

Al hacer clic nos emerge la ventana Análisis 2D, tal como se muestra en la figura, en la cual se nos presenta varias opciones para establecer las condiciones:

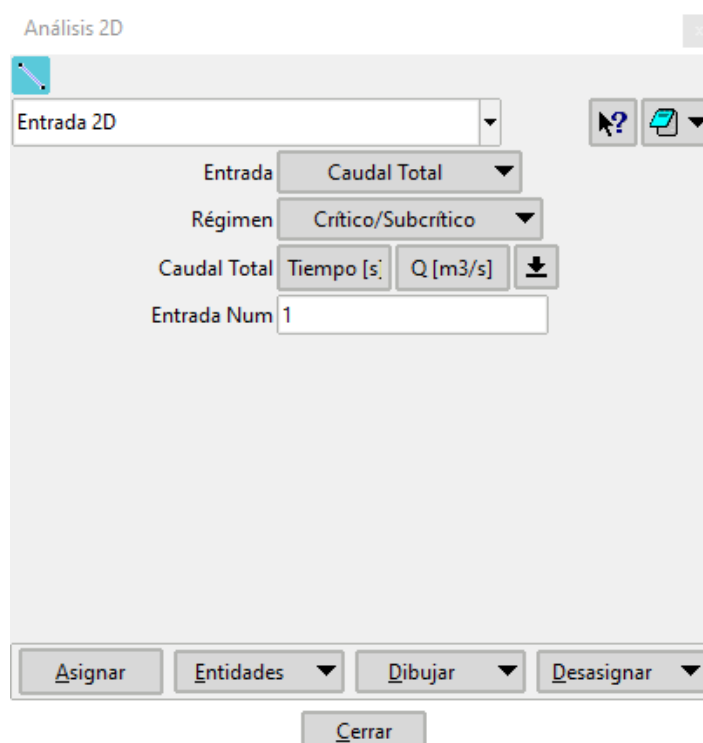



Ilustración 59. Ventana análisis 2D

**Tipo de condición:** Tendremos que seleccionar si vamos a establecer una condición de Entrada o de Salida; seleccionamos "Entrada 2D" en el desplegable.

**Entrada:** Tipo de dato de entrada; en nuestro caso simulamos un caudal constante por lo que tenemos que indicar "Caudal Total" para cada periodo de retorno estudiado (T = 50 años).

**Régimen:** Régimen de flujo a la entrada. Nosotros simularemos un régimen subcrítico a la entrada (seleccionamos "crítico/Subcrítico")

**Total Discharge:** Caudal total de entrada. Aquí tenemos que indicar el valor de caudal total de entrada. Para introducirlo pulsamos en el icono de la flecha  y se desplegará una tabla donde indicaremos el caudal en función del tiempo. Como vamos a simular un caudal constante, únicamente introducimos el dato correspondiente en la columna Q (m<sup>3</sup>/s) dejando la columna de tiempo a 0.

**Entrada núm.:** Número de entrada. Mediante esta casilla podemos introducir varios caudales, de tal forma que, si quisiéramos simular otro caudal diferente, escribiríamos "2" y rellenaríamos los datos de nuevo.

Una vez introducidos los datos, tenemos que indicar al programa el lugar por donde entra el agua. La asignación de las condiciones de contorno (entrada/salida) se realiza sobre las líneas (tal y como indica el icono de la ventana de análisis 2D) no sobre

superficies. El programa entenderá que la dirección de flujo es perpendicular al contorno de entrada, es decir, a la línea o líneas seleccionadas.

Pulsamos sobre el botón de **Asignar** y seleccionamos el conjunto de líneas por donde entra el agua al modelo.

En ocasiones al realizar una asignación seleccionaremos sin querer alguna superficie de más en la geometría. En caso de que esto ocurra, como es nuestro caso, Iber presenta una herramienta de gran utilidad con la que podemos eliminarlas aquellas entidades no deseadas. Para ello hacemos clic con el botón derecho en cualquier lugar de la pantalla y clicamos en **Contextual – Ventana de Selección**

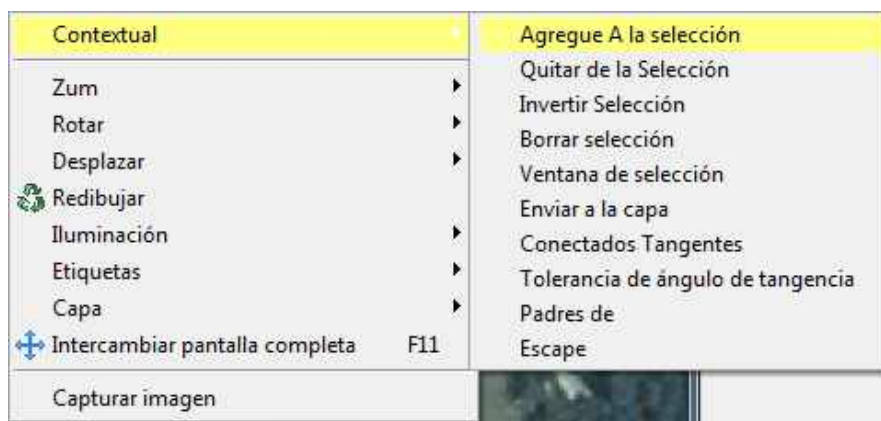


Ilustración 60. Ventana contextual

Al realizar esta acción, nos emerge la Ventana de Selección. Donde nos aparecerán las siguientes opciones:

**Modo** indicamos "Quitar".

**Filtro** seleccionamos "Superentidades".

Y en **Valor** escribimos "2".

Esta herramienta permite eliminar de la selección todas las líneas (superentidades) que forman parte de 2 superficies (Valor 2). Como las del extremo sólo forman parte de una superficie, utilizando esta opción podemos quedarnos únicamente con las líneas que nos interesan quedando tal como se muestra en las siguientes figuras.

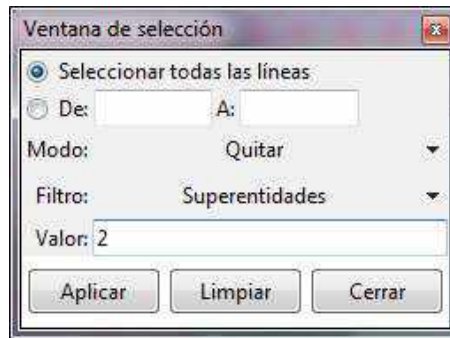


Ilustración 61. Ventana de selección

Por último, hacemos clic en **Terminar** o en la tecla Esc del teclado. Para asegurarnos que lo hemos realizado correctamente y que líneas hemos seleccionado como condición de entrada vamos a colorearlas haciendo clic dentro de la ventana **Análisis 2D – Dibujar – Colores**.

En este caso, solo introduciremos el caudal punta del arroyo de la Retamosa, ya que la cuenca del arroyo innominado se encuentra completamente dentro de la malla de estudio y por lo tanto la simulación de lluvia nos proporcionará una correcta extensión de la lámina de agua del mismo.

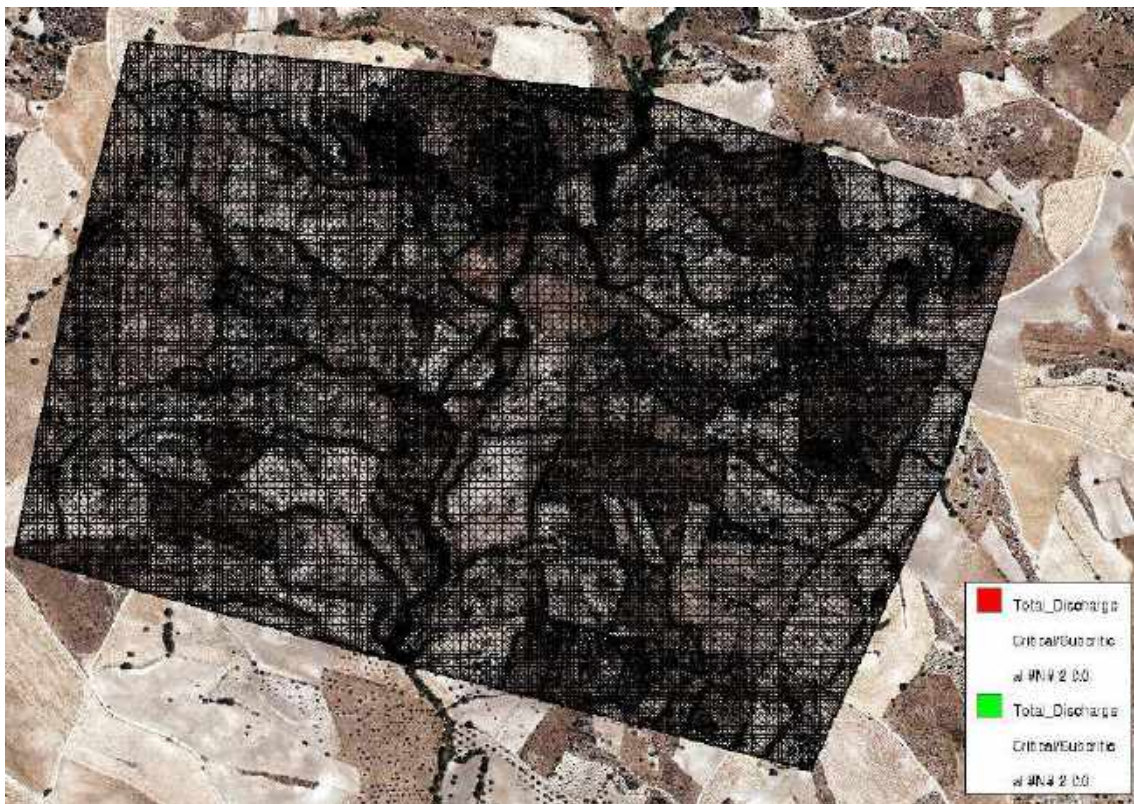


Ilustración 62. Condiciones entrada de caudales en iber.

### 3.5. Condiciones hidrológicas

Para introducir la lluvia sobre nuestro modelo debemos crear el hietograma en el programa y posteriormente insertarlo en nuestro modelo. Para ello debemos utilizar las opciones de “Procesos Hidrológico”.



Ilustración 63. Condiciones Hidrológicas

Para crear el hietograma utilizamos la opción de “Definición de Hietograma”, donde insertaremos los valores de tiempo e intensidad de este que anteriormente hemos calculado a través del programa de distribución de lluvias por bloques alternos.

Distribución de lluvia por bloques alternos		
Tiempo (minutos)	Precipitación (mm)	Intensidad (mm/hr)
1	0,40	24,14
2	0,42	25,45
3	0,45	26,94
4	0,48	28,65
5	0,51	30,66
6	0,55	33,04
7	0,60	35,93
8	0,66	39,54
9	0,74	44,22
10	0,84	50,62
11	1,00	60,11
12	1,27	76,48
13	1,95	117,25
14	3,79	227,51
15	1,51	90,89
16	1,12	66,98
17	0,91	54,83

Distribución de lluvia por bloques alternos		
Tiempo (minutos)	Precipitación (mm)	Intensidad (mm/hr)
18	0,79	47,14
19	0,70	41,72
20	0,63	37,63
21	0,57	34,41
22	0,53	31,80
23	0,49	29,62
24	0,46	27,76
25	0,44	26,17
26	0,41	24,77
27	0,39	23,54

Tabla 13. Creación de distribución de lluvia

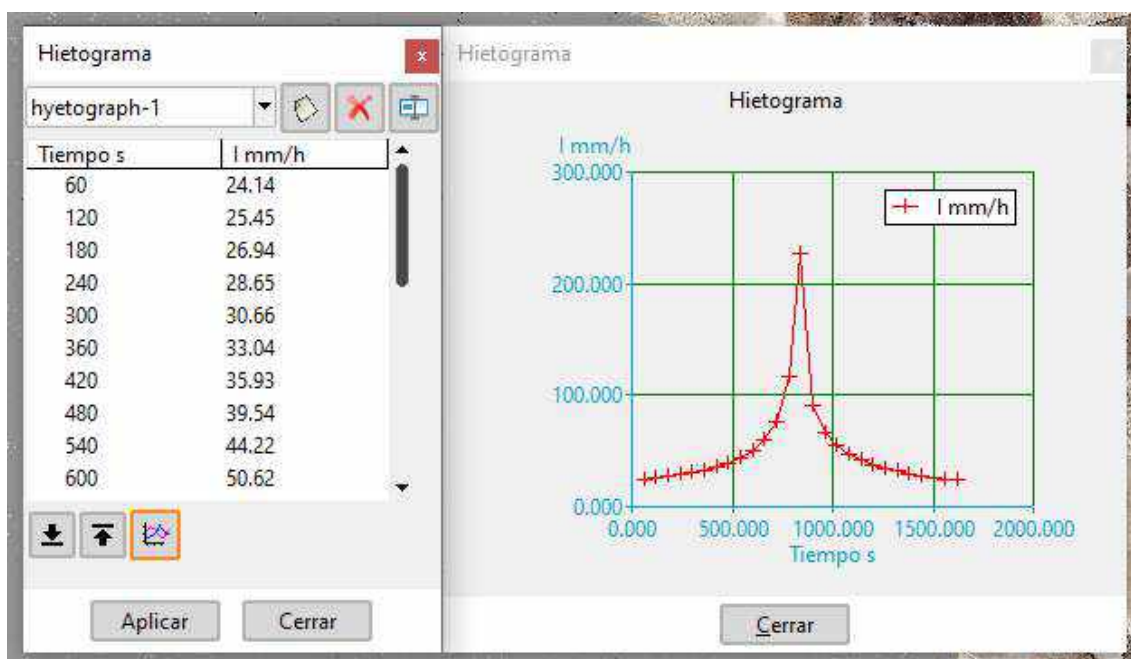


Ilustración 64. Hietograma de estudio

Creado el hietograma, lo insertamos sobre nuestra superficie mediante la opción de “Asignación de Hietograma”.



*Ilustración 65. Asignación de Hietograma al modelo*

Por último, vamos a introducir una pérdida inicial por infiltración de agua en el modelo. Y para ello utilizaremos el Método SCS, en el cual tan solo debemos insertar el número de curva de nuestra zona de estudio.

Para determinar este Número de Curva utilizaremos la fórmula de correspondencia entre el valor de  $P_0$  y el número de curva del SCS en una condición alta de humedad (Tipo III).

$$CN(I) = \frac{4,2 \cdot CN(II)}{10 - 0,058 \cdot CN(II)} ; CN(II) = \frac{5080}{50,8 + P_0} ; CN(III) = \frac{23 \cdot CN(II)}{10 + 0,13 \cdot CN(II)}$$



TIPO DE VEGETACIÓN	TRATAMIENTO	CONDICIÓN HIDROLÓGICA	TIPO DE SUELO			
			A	B	C	D
Barbecho	Desnudo	-	77	86	91	94
	CR	Pobre	76	85	90	93
	CR	Buena	74	83	88	90
Cultivos alineados	R	Pobre	72	81	88	91
	R	Buena	67	78	85	89
	R + CR	Pobre	71	80	87	90
	R + CR	Buena	64	75	82	85
	C	Pobre	70	79	84	88
	C	Buena	65	75	82	86
	C + CR	Pobre	69	78	83	87
	C + CR	Buena	64	74	81	85
	C + T	Pobre	68	74	80	82
	C + T	Buena	62	71	79	81
	C + T + CR	Pobre	65	73	79	81
C + T + CR	Buena	61	70	77	80	
Cultivos no alineados, o con surcos pequeños o mal definidos	R	Pobre	65	76	84	88
	R	Buena	63	75	83	87
	R + CR	Pobre	64	75	83	86
	R + CR	Buena	60	72	80	84
	C	Pobre	63	74	82	85
	C	Buena	61	73	81	84
	C + CR	Pobre	62	73	81	84
	C + CR	Buena	60	72	80	83
	C + T	Pobre	61	72	79	82
	C + T	Buena	59	70	78	81
	C + T + CR	Pobre	60	71	79	81
C + T + CR	Buena	58	69	77	80	
Cultivos densos de leguminosas o prados en alternancia	R	Pobre	66	77	85	89
	R	Buena	58	72	81	85
	C	Pobre	64	75	83	85
	C	Buena	55	69	78	83
	C + T	Pobre	63	73	80	83
C + T	Buena	51	67	76	80	
Pastizales o pastos naturales	-	Pobres	68	79	88	89
	-	Regulares	49	69	79	84
Pastizales	-	Buenas	39	61	74	80
	C	Pobres	47	67	81	88
	C	Regulares	25	59	75	83
C	Buenas	6	35	70	79	
Prados permanentes	-	-	30	58	71	78
Matorral herbazal, siendo el matorral preponderante	-	Pobres	48	67	77	83
	-	Regulares	35	56	70	77
	-	Buenas	≤ 30	48	65	73
Combinación de arbolado y herbazal, cultivos agrícolas leñosos	-	Pobres	57	73	82	86
	-	Regulares	43	65	76	82
Montes con pastos (aprovechamientos silvopastorales)	-	Buenas	32	58	72	79
	-	Pobres	45	66	77	83
	-	Regulares	36	60	73	79
-	Buenas	25	55	70	77	
Bosques	-	I Muy pobre	56	75	86	91
	-	II Pobre	46	68	78	84
	-	III Regular	36	60	70	76
	-	IV Buena	26	52	63	69
	-	V Muy buena	15	44	54	61
Ceseríos	-	-	59	74	82	86
Camino en tierra	-	-	72	82	87	89
Camino en firme	-	-	74	84	90	92

Tabla 14. Numero de curvas. Tipo de suelo

Para nuestra zona de estudio obtenemos un valor promedio de CN(II) de 74, pero utilizaremos las condiciones de humedad más desfavorables (CN III) la cual arroja un valor de 86,74.



Ilustración 66. Asignación número de curvas (perdidas) al modelo.

### 3.6. Condiciones de salida

El proceso para asignar las condiciones a la salida es exactamente el mismo. El régimen de flujo que vamos a simular es nuevamente subcrítico, de manera que en la ventana emergente no vamos a modificar ningún parámetro, lo dejamos por defecto. Lo único por tanto que debemos realizar es determinar las líneas por donde saldrá el flujo que en nuestro caso lo colocaremos en todo el perímetro de la malla de estudio.

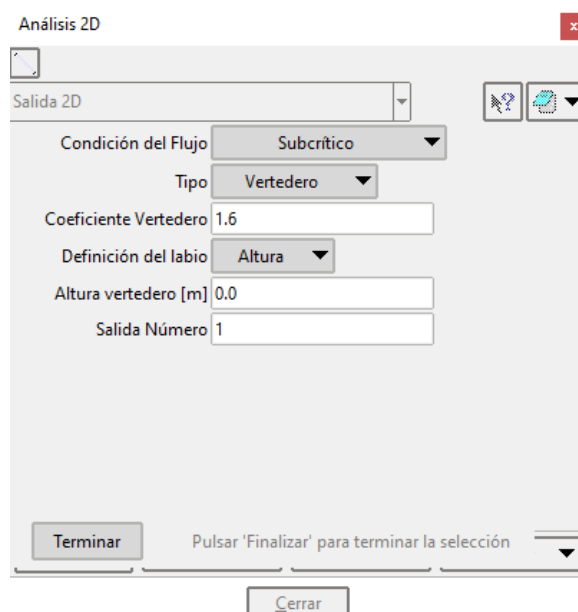


Ilustración 67. Ventana de condiciones de salida



Ilustración 68. Condición de salida de Iber

### • Rugosidad

Iber asigna la rugosidad a través de un coeficiente de rugosidad de Manning. El valor del número de Manning es representativo de la resistencia que ofrece una superficie al fluido; es decir, de la rugosidad de esa superficie. Esto implica que, a mayor

rugosidad de la superficie, mayor será la resistencia que ofrece al flujo y el valor de Manning será más alto.

La rugosidad del terreno asociado al modelo, puede ser introducida mediante tres procedimientos diferentes:

- **Asignación Manual:** podemos escoger un uso del suelo y asignarlo a las superficies que conforman la geometría del modelo.
- **Manning Variable:** los datos de rugosidad se introducen en forma de tabla y son asignados con base en el caudal específico o el calado.
- **Asignación Automática:** consiste en la asignación de la rugosidad desde mediante la información contenida en un archivo ASCII o un archivo XY dbase. En ambos casos, deberemos disponer de un archivo \*.csv que contenga la lista de los usos del suelo del programa, localizado en el mismo directorio y con el mismo nombre que el archivo ASCII o XY dbase.

La rugosidad de las superficies por las que discurren las inundaciones se expresa como valores del coeficiente de rugosidad de Manning. Para obtenerlas, se hace una equivalencia entre las coberturas del suelo que recogidas en el Mapa de Ocupación del Suelo de España (SIOSE 2018) obtenido a través del centro de descarga del Instituto Geográfico Nacional (IGN).

Los valores de “n” según la tabla de equivalencia descrita en la “Guía Metodológica para el desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (Anejo V, Tabla 1)”.

Para la zona de estudio se tienen los siguientes valores de coberturas y rugosidades.

Descripción Coberturas	Codigo Siose	N manning
Cultivo herbáceo	210	0,045
Viñedo	233	0,050
Combinación de cultivo leñoso	236	0,060
Combinación de cultivos	250	0,045
Combinación de cultivos con vegetación	260	0,045
Bosque de frondosas	311	0,12
Pastizal o Herbazal	320	0,050
Matorral	330	0,070

Tabla 15. Manning Siose Iber

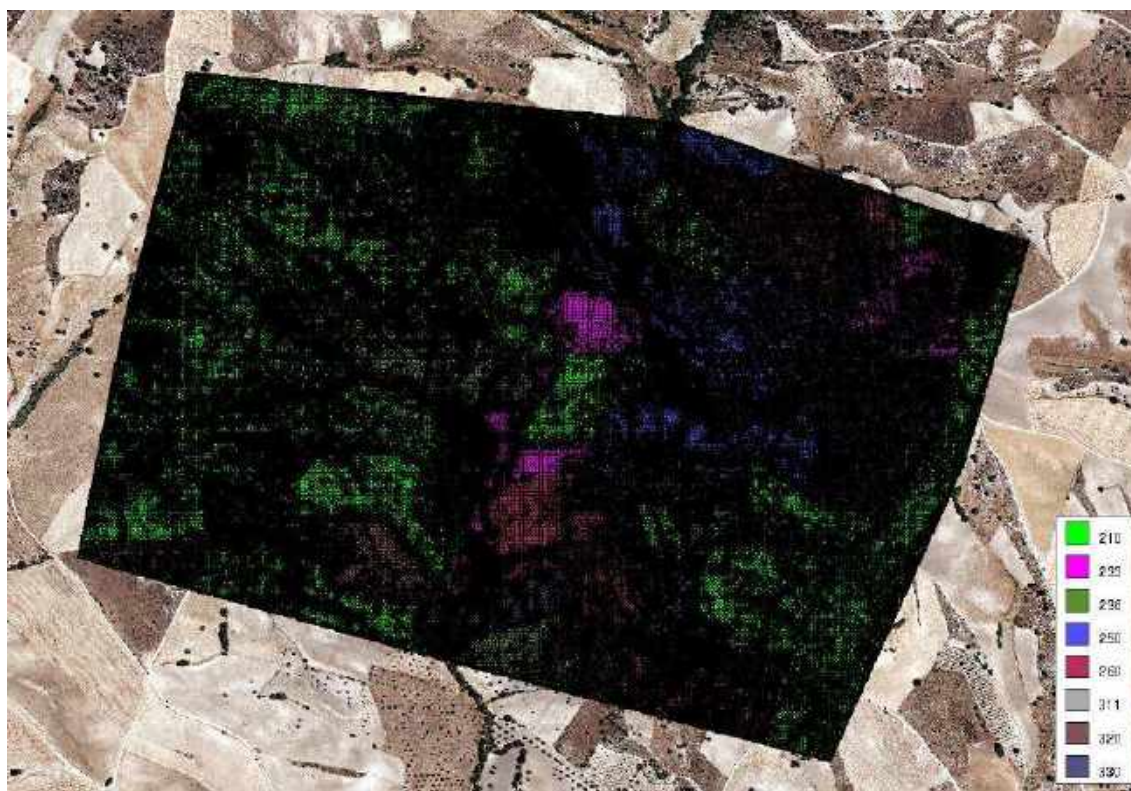


Ilustración 69. Manning Iber

### 3.7. Tipos de malla programa iber

Iber trabaja con tres tipos de mallas: no estructuradas, estructuradas y una combinación de ambas (malla mixta).

#### - No Estructuradas

Están formadas por elementos que pueden tener 3 o 4 lados y que se pueden combinar dentro de la misma malla. Este tipo de malla se adapta muy bien a cualquier geometría, ya que no es necesario que la malla tenga ningún tipo de organización o estructura interna. Esta característica las hace especialmente indicadas para su utilización en hidráulica fluvial y por lo general se aplica un mallado de este tipo a las llanuras de inundación.

#### - Estructuradas

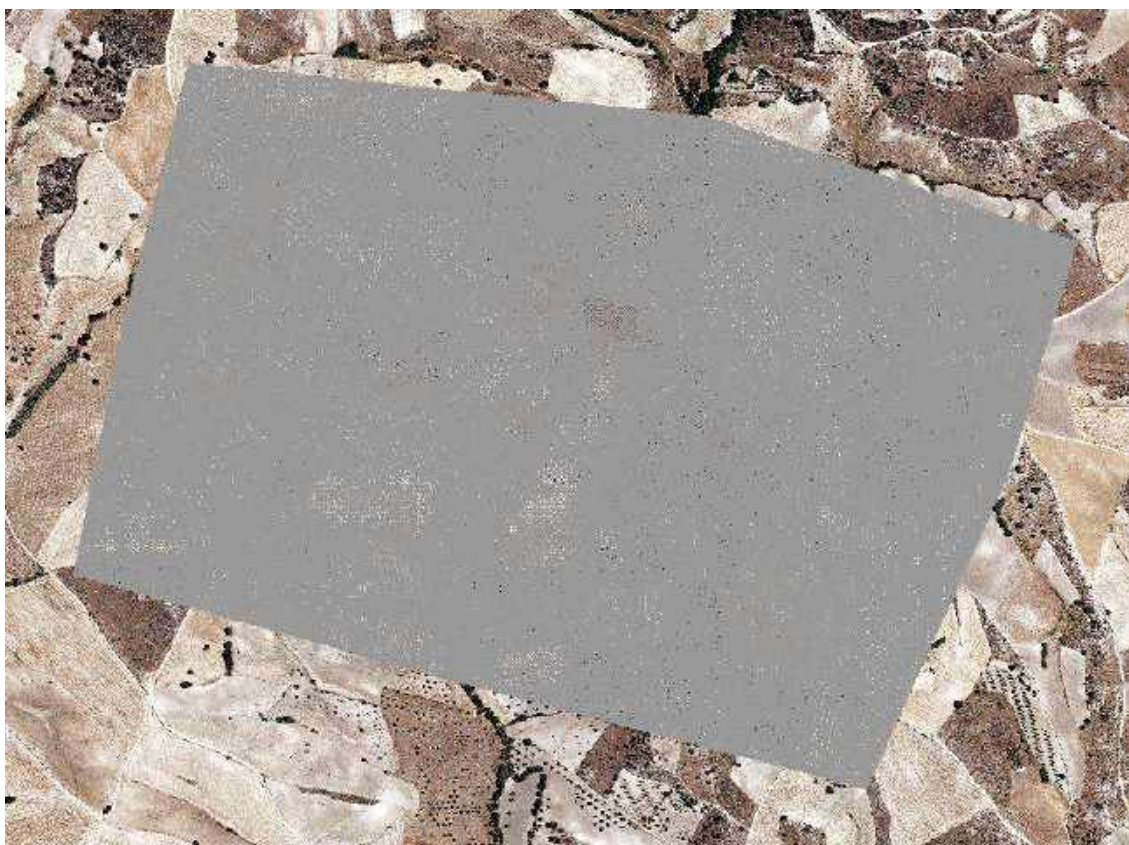
Están formadas por elementos de 4 lados distribuidos de manera ordenada de forma que a cada elemento de la malla se le puede asignar una fila y una columna. Por lo general este tipo de mallado se aplica a los cauces.

### 3.8. Creación malla iber

Para generar la malla Iber cuenta con diferentes opciones, pero en cualquier caso el tipo de malla que utilicemos, así como el tamaño de los elementos dependerá del mayor o menor detalle que necesitemos. Para lograr un mayor detalle tendremos que generar un mayor número de elementos lo que implicará establecer un tamaño de elemento menor.

Para generar la malla en Iber vamos a seguir los siguientes pasos. Iremos a la barra de herramientas y seguiremos la ruta **Malla / Estructurada / Superficies / Asignar número de divisiones**,

Se procederá a la división y creación de la malla quedando tal como aparece en la siguiente figura tras la creación de la Malla a través de la opción **Malla/Generar Malla**.



*Ilustración 70. Malla del modelo*

Para comprobar la precisión de la malla resultante y estar seguro de que vamos en buen camino podemos realizar dicha comprobación. Para ello hacemos clic en **Malla / Dibujar / Tamaños / Superficies**.

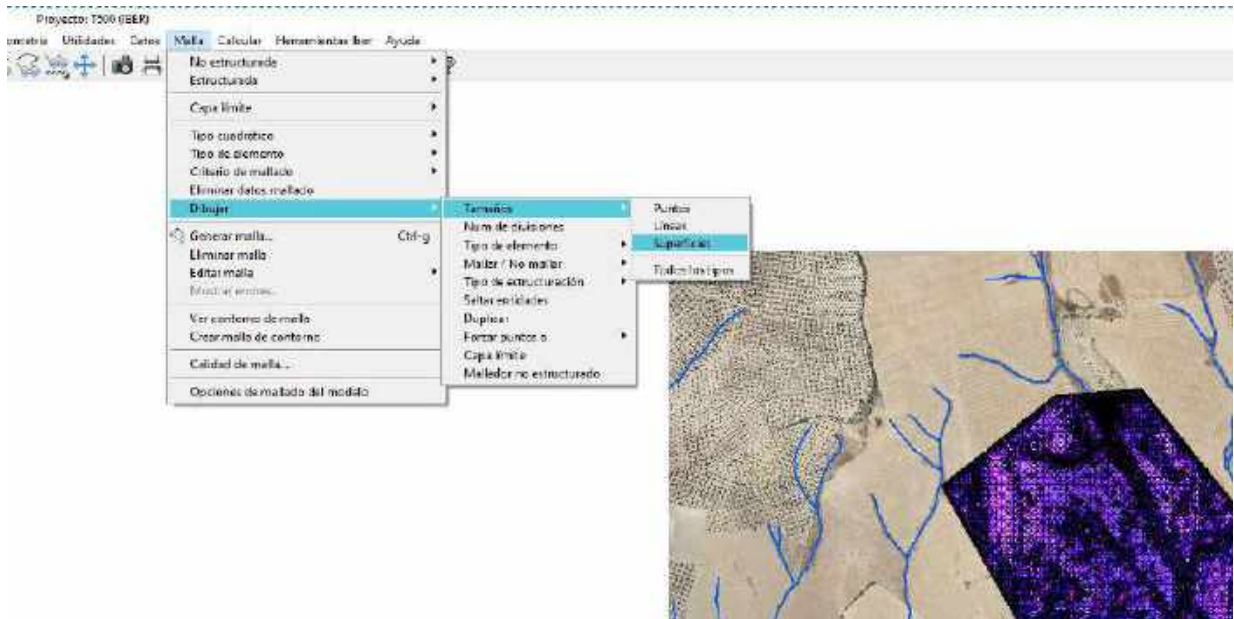


Ilustración 71. Dibujo tamaño superficie

Al hacer esta acción se nos colorea la malla y nos genera una leyenda con el tamaño de malla. En el estudio podemos comprobar que el tamaño de malla se encuentra comprendido entre **1,14 y 9,16 m**.

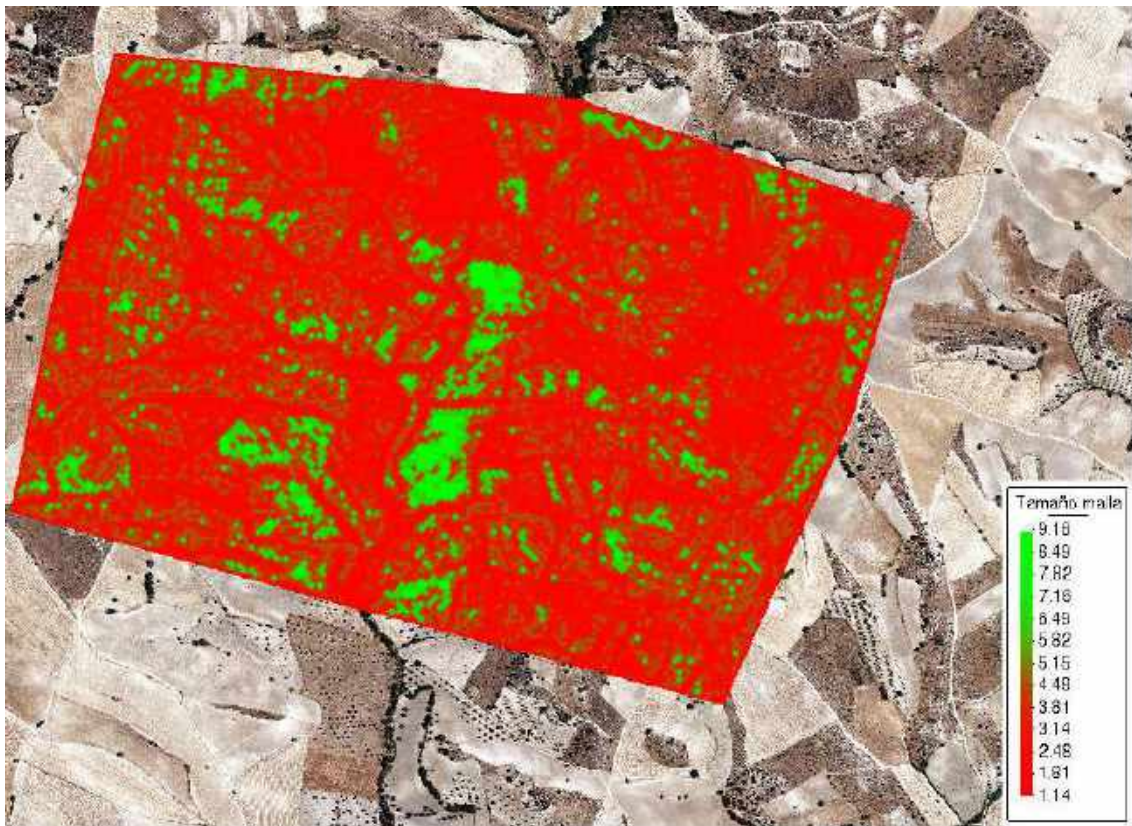


Ilustración 72. Visualizador tamaño malla

### 3.9. Datos del problema

Los datos del problema recogen una serie de parámetros configurables para realizar la simulación del modelo en Iber. Mediante ellos podemos establecer parámetros de tiempo, una serie de parámetros generales del propio funcionamiento del programa y la configuración de resultados a generar **Datos / Datos del problema**.

- **Parámetros de tiempo**

En esta pestaña indicamos los parámetros de tiempo para realizar la simulación:

- Simulación: Podemos comenzar una nueva simulación o continuar con una que ya se ha ejecutado hasta un instante concreto.
- Instante inicial (s): Primer instante del que queremos obtener los resultados.
- Tiempo máximo de simulación (s): Último instante que queremos simular.
- Intervalo de resultados (s): Aquí debemos indicar cada cuantos segundos queremos que el programa nos muestre los resultados. Cuanto menor sea el intervalo, más tiempo tardará en realizarse el cálculo.
- Opciones de tiempo: Podemos ocultar las opciones de tiempo o mostrarlo.

Realizamos una nueva simulación comenzando en el instante 0 s (instante inicial) y terminando 5000 s tiempo suficiente para visualizar el comportamiento del fluido dentro de la zona de estudio.

Y en cuanto al intervalo de cálculo estimamos cada 15 segundos.

Datos

Parámetros de Tiempo	General	Resultados	Peligrosidad per
Instante Inicial [s]	<input type="text" value="0"/>		
Tiempo máximo de simulación [s]	<input type="text" value="5000"/>		
Intervalo de Resultados [s]	<input type="text" value="15"/>		
IberPlus Enabled			

Ilustración 73. Ventana de computación



### 3.10. Parámetros generales

Mediante la pestaña General se realizan una serie de configuraciones generales de la simulación. En cualquier caso, nosotros dejaremos todas las opciones que aplica el programa por defecto.

- Número de procesadores: Iber puede lanzar un cálculo paralelo con el número de procesadores que se desee. Si se indica un número de procesadores mayor al existente Iber utilizará el máximo de procesadores posibles. En nuestro caso al tener un ordenado de 8 núcleos, hemos dedicados todos a la computación del programa.
- Esquema numérico: Tenemos la opción de escoger un esquema numérico de primer orden, o de segundo orden (para más información ver Manual de referencia).
- CFL: Valor del número de Courant-Friedrichs-Levy para conseguir un esquema numérico estable.
- Límite Seco - Mojado: Umbral para considerar que un elemento está seco y que no se debe realice ningún cálculo hidrodinámico en él. Iber aplica por defecto un umbral de 0.01 metros lo que significa que se considerará que un elemento está seco cuando presenta una lámina de agua menor de 1 cm.
- Método de secado: Existen 3 métodos aplicables:
  - o Normal: Iber considerará un elemento como seco cuando éste tenga un "calado negativo", de manera que para que vuelva a estar mojado el elemento debe llenar antes este "calado negativo". Es un método robusto y con el cual el tiempo de cálculo no depende del proceso de secado-mojado.
  - o Estricto: Impide que exista el "calado negativo" por lo que se gana precisión en el proceso de mojado y secado. Este método reduce el incremento de tiempo de cálculo por lo que aumenta el tiempo de cálculo total.
  - o Hidrológico. Es el método recomendado al realizar cálculos hidrológicos ya que en estos casos los otros dos métodos pueden producir inestabilidades.
- Opciones generales: Podemos mostrarlas u ocultarlas.

### 3.11. Pestaña resultados

En esta pestaña seleccionamos los resultados que deseamos obtener en la simulación:

- Forzar resultados a vértices. Por defecto Iber calcula los resultados para cada elemento de la malla, pero si queremos podemos forzarlo de manera que los calcule para cada uno de los vértices.

- Sin resultados en los elementos secos. Por defecto estará activado de manera que Iber no sacará resultados en los elementos que estén secos.
- Selección de resultados. Iber sólo creará archivos de resultados para los resultados seleccionados mediante las casillas.

El resto de pestañas son referentes a los módulos de sedimentos y turbulencia, al cálculo de la vía intenso desagüe y a la rotura de presas.

Se establecieron los datos del problema en cada uno de los modelos que vamos a simular.

Se calculó los resultados para cada elemento de la malla y se obvió los resultados en los elementos secos. Por otro lado, los resultados que se generaron fueron el calado y máximo calado, la velocidad, cota del agua, número de Froude, máximo calado, máxima velocidad, máxima cota del agua y la Peligrosidad.

Una vez establecidos todos estos datos, pulsamos en **Aceptar**.

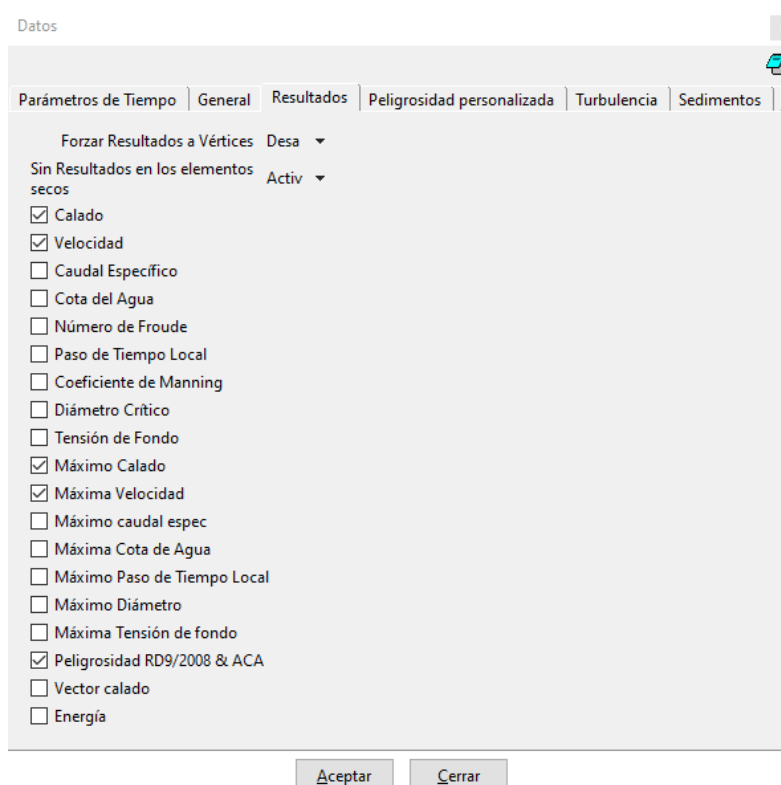


Ilustración 74. Ventana de selección datos de computación

### 3.12. Cálculo del modelo

Una vez introducida toda la información en el modelo (datos hidrodinámicos, rugosidad y datos del problema) se procede con la simulación para el periodo de retorno de 50 años.

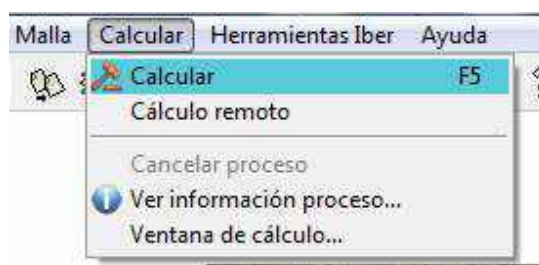



Ilustración 75. Proceso de cálculo

### 3.13. Post-proceso

Mientras el programa está calculado, Iber nos permite pasar al post-proceso para ver los resultados. Para ello pulsamos en el icono  o si la simulación ha terminado, pulsaremos en "Post-proceso".

Durante la simulación podemos ir intercambiando entre pre-proceso y post-proceso para ver cómo va la simulación.

Una vez terminada la simulación en el programa nos saldrá una ventana emergente llamada Información del Proceso donde nos dice que el proceso ha finalizado. A continuación, pasaremos a Post-proceso a través del icono para comprobar los resultados.

## 4. RESULTADOS

A continuación, pasamos a analizar los resultados obtenidos en la fase de cálculo para las simulaciones realizadas.

### 4.1. Resultados T50 años

#### Calados

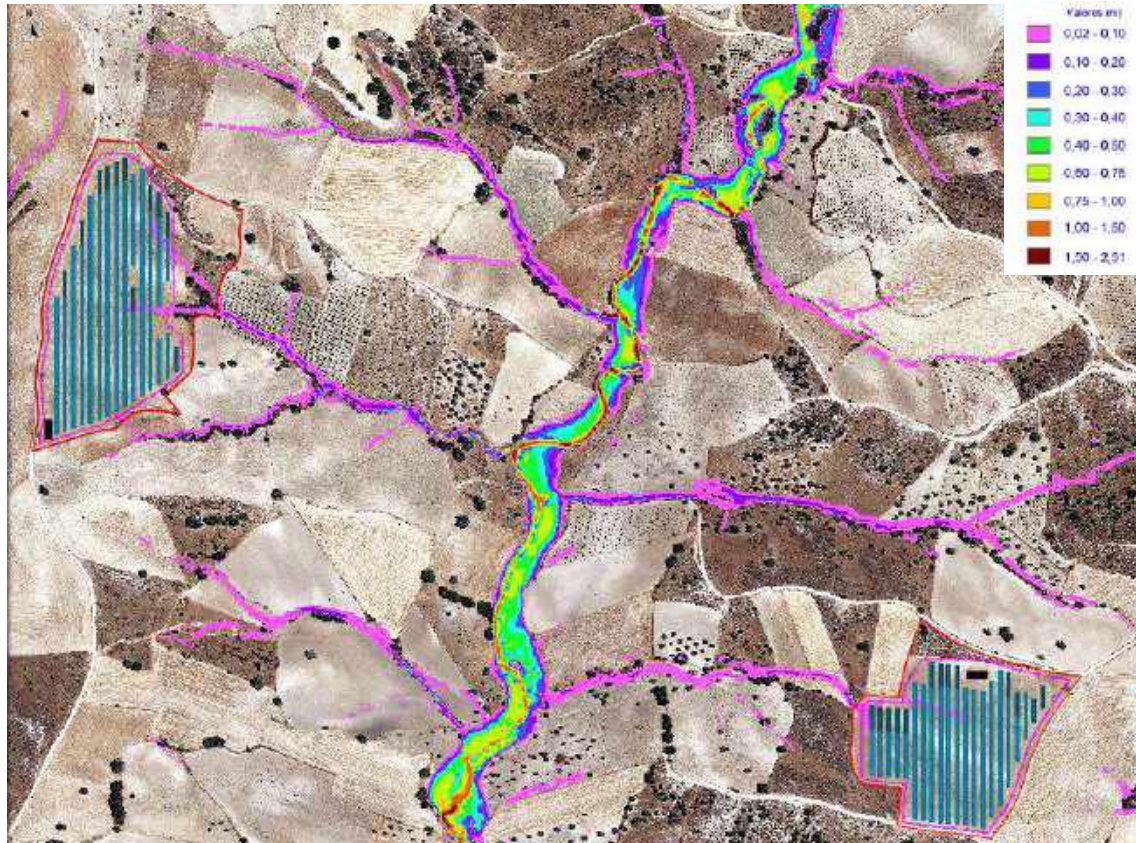
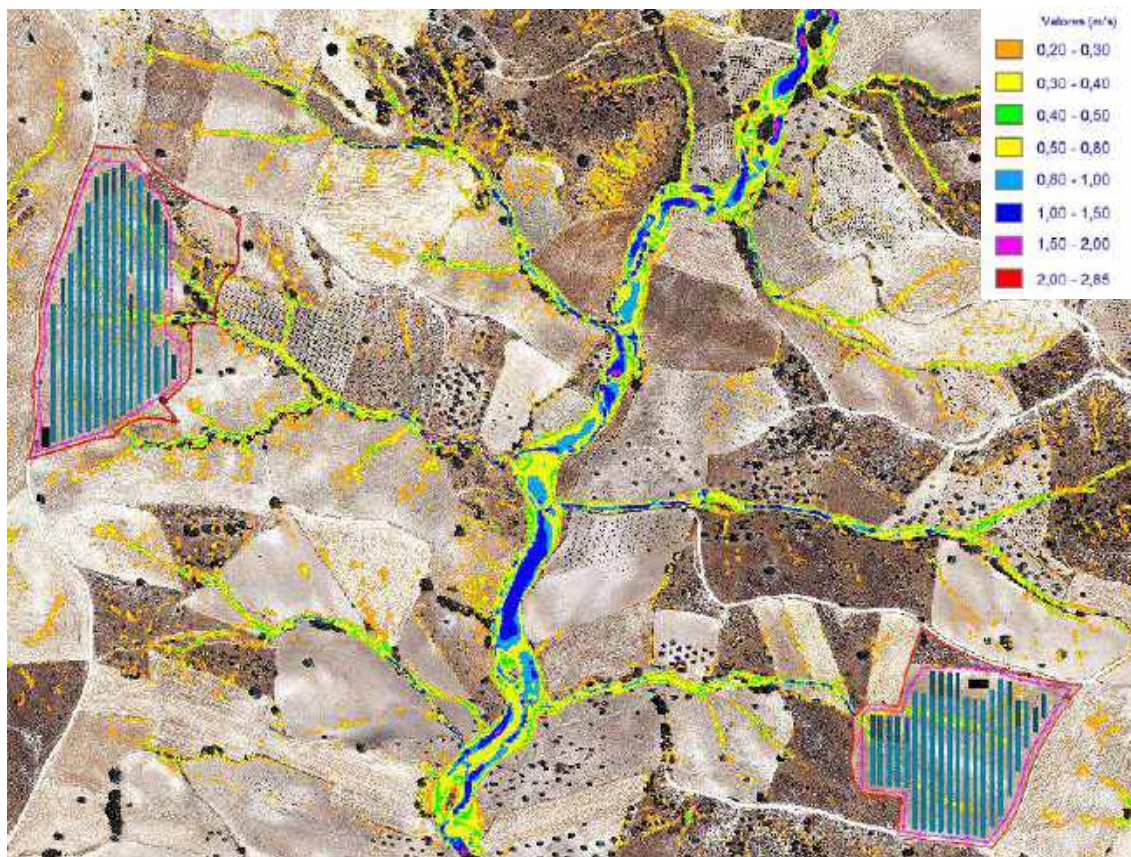


Ilustración 76. T50 Calados

## Velocidad



*Ilustración 77. T50 Velocidad*

## 5. CONCLUSIONES ESTUDIO DRENAJE

Para concluir el presente estudio se analizarán los resultados obtenidos en la fase de cálculo.

### 5.1. Conclusiones obtenidas

Como hemos visto con anterioridad, para la simulación de la zona de estudio, se ha supuesto el período de retorno T50 años para comprobar la afección de dicha lluvia en las instalaciones objeto de este estudio. En lo que, como podemos observar en el apartado anterior, podemos establecer la siguiente conclusión:

Tras el análisis de los resultados se pueden llegar a las siguientes conclusiones:

- A efectos de calados de inundabilidad la planta solar fotovoltaica no afectará, ni se verá afectada, a la capacidad de desagüe procedente de la escorrentía superficial para un periodo de retorno de 50 años.
- A efectos de velocidades para el periodo de retorno de estudio, éstas si pueden provocar algún tipo de afección erosiva a lo largo del tiempo en la zona donde se encuentra la planta solar fotovoltaica aunque de forma muy leve.
- Por lo tanto serían necesarias medidas correctoras, que prevengan posibles efectos erosivos la planta solar fotovoltaica

## 6. MEDIDAS CORRECTORAS

Para concluir el estudio se recomiendan las siguientes medidas correctoras.

### 6.1. Conclusiones obtenidas

- Se recomienda realizar un mantenimiento de los terrenos de la planta para prevenir futuras afecciones como cárcavas en el terreno o pérdidas de material y algún tipo de afección por la dejadez del mismo.
- Se recomienda mantener la cobertura vegetal del terreno, siempre que sea posible y no se vea afectada las instalaciones de la planta fotovoltaica.
- En el caso de que se produzcan cárcavas, éstas deben ser reparadas eliminando los bordes degradados de la misma, para facilitar el establecimiento de especies herbáceas que cubran y protejan el suelo.

Córdoba, marzo de 2024

El Ingeniero Técnico Superior

El Ingeniero Industrial

## **7. PARTICULARIDADES DE DESARROLLO DEL ESTUDIO**

### **7.1. Metodología programa Iber**

Iber es un modelo numérico de simulación de flujo turbulento en lámina libre en régimen no permanente, y de procesos medioambientales en hidráulica fluvial.

La creación del programa la promueve el Centro de Estudios Hidrológicos del CEDEX en colaboración con:

- Grupo de Ingeniería del Agua y del Medio Ambiente de la Universidad de La Coruña (UDC).
- Grupo FLUMEN de la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC).
- Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería, vinculado a la Universidad Politécnica de Cataluña.

El rango de aplicación de Iber abarca la hidrodinámica fluvial, la simulación de rotura de presas, la evaluación de zonas inundables, el cálculo de transporte de sedimentos, y el flujo de marea en estuarios. El modelo Iber consta actualmente de 3 módulos de cálculo principales: un módulo hidrodinámico (en el cual se centra el contenido del curso), un módulo de turbulencia y un módulo de transporte de sedimentos. Todos los módulos trabajan sobre una malla no estructurada de volúmenes finitos formada por elementos triangulares y/o cuadriláteros.

La interfaz de Iber está basada en un GID, para obtener mayor información podéis visitar la web [www.gidhome.com](http://www.gidhome.com), el cual funciona mediante un Pre-proceso donde se introducirá o creará una geometría la cual se discretizará en triángulos o cuadriláteros formando una malla, tras la introducción de unos datos hidrodinámicos el software realiza los cálculos ofreciendo unos resultados que se podrán visualizar y exportar desde el Post-proceso. En la figura siguiente se puede observar el funcionamiento de un GID:



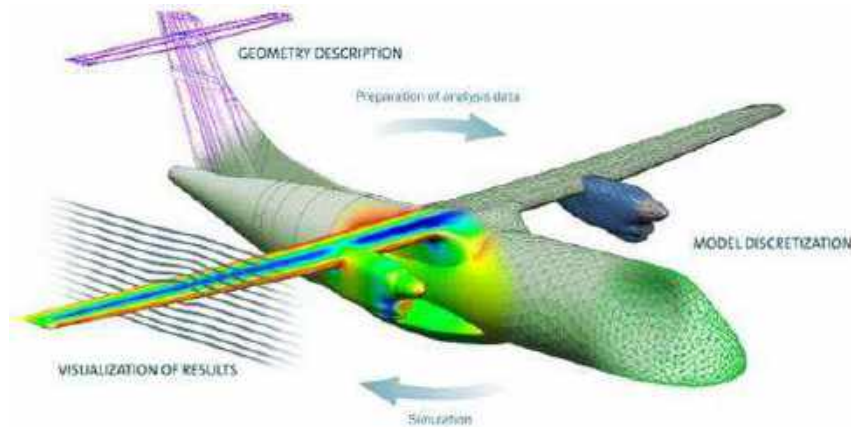


Ilustración 78. Funcionamiento Gld

### Rango de aplicación de Iber:

1. Hidrodinámica fluvial
2. Rotura de presas
3. Evaluación zonas inundables
4. Transporte de sedimentos
5. Flujo de marea en estuarios

## 7.2. Módulos de cálculo de Iber

### 1. Módulo Hidrodinámico

El módulo hidrodinámico resuelve las ecuaciones de aguas someras promediadas en profundidad bidimensionales: ecuaciones de St.Venant 2D, las cuales asumen las hipótesis de distribución de presión hidrostática y distribución uniforme de velocidad en profundidad.

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} = 0$$

$$\frac{\partial q_x}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{q_x^2}{h} + g \frac{h^2}{2} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{q_x q_y}{h} \right) = -gh \frac{\partial z_b}{\partial x} - \frac{\tau_{bx}}{\rho} + \frac{\partial}{\partial x} \left( v_t h \frac{\partial U_x}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( v_t h \frac{\partial U_x}{\partial y} \right)$$

$$\frac{\partial q_y}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{q_x q_y}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{q_y^2}{h} + g \frac{h^2}{2} \right) = -gh \frac{\partial z_b}{\partial y} - \frac{\tau_{by}}{\rho} + \frac{\partial}{\partial x} \left( v_t h \frac{\partial U_y}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( v_t h \frac{\partial U_y}{\partial y} \right)$$

El módulo hidrodinámico considera los siguientes procesos:

1. Flujo no estacionario en régimen rápido y en régimen lento
2. Formación de resaltos hidráulicos no estacionarios

3. Fricción de fondo según formulación de Manning
4. Frentes de inundación no estacionarios
5. Tensiones turbulentas calculadas según diversos modelos de turbulencia
6. Variación temporal de la cota del fondo debido a transporte de sedimentos
7. Condiciones de contorno abierto tipo: hidrograma, nivel de marea, vertido crítico, vertedero, curva de gasto
8. Condiciones de contorno tipo pared: deslizamiento libre, fricción de pared según ley logarítmica
9. Condiciones de contorno internas: puentes, vertederos, compuertas, alcantarilla
10. Formación de brecha en presas para estudios de rotura de presas
11. Infiltración según las formulaciones de: Green-Ampt, Horton, Lineal
12. Rozamiento superficial por viento según formulación de Van Dorn
13. Salida de resultados de Riesgo según RDPH
14. Utilidades para el cálculo de la zona de flujo preferente según RDPH

## 2. Módulo de Turbulencia

Iber incorpora de diversos modelos de turbulencia tipo Boussinesq para el cálculo de las tensiones tangenciales turbulentas, los cuales se resuelven en el módulo de turbulencia.

Se incluyen en el programa Iber los siguientes modelos de turbulencia tipo Boussinesq para aguas someras:

1. Viscosidad turbulenta constante
2. Modelo parabólico
3. Modelo de longitud de mezcla
4. Modelo  $k-\epsilon$  de Rastogi y Rodi

## 3. Módulo de Transporte de Sedimentos

El módulo de transporte de sedimentos resuelve las ecuaciones de transporte por carga de fondo y por carga en suspensión mediante la ecuación de Exner.

El módulo de transporte de sedimentos por carga de fondo incluye las siguientes formulaciones:

1. Umbral de movimiento de Shields
2. Formulaciones para caudal sólido de fondo
3. Wong-Parker (corrección de la fórmula de Meyer Peter-Mulle)
4. van Rijn

5. Ecuación definida por el usuario
6. Corrección por pendiente de fondo en inicio del arrastre (tensión crítica en talud)
7. Corrección por pendiente de fondo en transporte sólido (magnitud y dirección)
8. Separación de tensiones de Einstein por formas de fondo y grano
9. Condiciones de contorno tipo sedimentograma (caudal sólido de fondo variable en tiempo)
10. Condición de cota de fondo no erosionable (puntos fijos)

Las principales características del módulo de transporte de sedimentos por carga en suspensión son:

11. Incorporación de transporte por difusión turbulenta
12. Término de deposición / resuspensión
13. Cálculo de la concentración de sedimento en suspensión según formulaciones de:
  - a) van Rijn
  - b) Smith
  - c) García
14. Cálculo de la velocidad de sedimentación de las partículas según formulación de van Rijn



Ilustración 79. Módulos de Funcionamiento Iber

### 7.3. Estructura del programa

En el programa Iber se distinguen 3 procesos fundamentales a la hora de realizar una simulación:

- **Preproceso:** En este módulo se definen principalmente la geometría y datos que se necesitan a la hora de hacer los cálculos. Introducida la geometría, se incluirán datos de simulación y condiciones de contorno e iniciales. Además, se aplicará rugosidad y se procederá a mallar las superficies para que el programa de cálculo se encargue de resolver las ecuaciones en la malla.

- **Proceso:** Cálculo de la simulación.

- **Postproceso:** En este módulo se obtendrán resultados de la simulación tales como mapas de calados, de velocidades..., gráficas, perfiles longitudinales y transversales, hidrogramas, vídeos...

Córdoba, marzo de 2024

El Ingeniero Técnico Superior

El Ingeniero Industrial

# **Anejo 7: Movimiento de Tierras**

## **Proyecto ejecutivo de Planta Solar Fotovoltaica Labrador en el T.M. de Navalcarnero (Madrid)**

**Potencia instalada: 5,00 MWn  
Potencia pico: 6,291 MWp**

Promotor: **PLANTA FOTOVOLTAICA IMAGESOL, S.L.**

Ingeniería: **Ingnova Proyectos**

**Marzo 2024**

## ÍNDICE

<b>1. MOVIMIENTO DE TIERRAS.....</b>	<b>3</b>
--------------------------------------	----------

## 1. Movimiento de tierras

Las actuaciones que se proyectan se adecuarán a la pendiente natural del terreno, de modo que ésta se altere en el menor grado posible y se propicie la adecuación a su topografía natural, tanto del perfil edificado como del parcelario, de la red de caminos y de las infraestructuras lineales.

La instalación de los seguidores exige tener un máximo de pendiente de un 17% en dirección norte sur, acorde a la especificación técnica del seguidor. Con respecto a la cubierta del terreno, no se prescribe unas características ni actuaciones especiales, pues la altura mínima de las placas al suelo en la posición más desfavorable (inclinación de 55° respecto la horizontal) es de 0,5 metros, con lo que para la instalación de los módulos se simplifican y reducen las labores de desbroce de vegetación necesaria, tanto durante la fase de construcción como durante la vida útil de la instalación.

La implantación propuesta evita las zonas de pendientes superiores al 17% en dirección norte sur, limitantes para la instalación de los seguidores, conforme a lo indicado en la ficha técnica de los mismos. Por tanto, los únicos movimientos de tierras posibles se limitarán a la excavación y nivelación del terreno para la implantación de los CT:

- Plataformas de cimentación: las estaciones transformadoras requieren una plataforma mínima de unos 25 m<sup>2</sup> por cada centro y una elevación respecto al suelo de 0,5 m para evitar el contacto con la humedad.

Por lo tanto, se estima una volumetría de 12,5 m<sup>3</sup> por plataforma de cada una de las 2 estaciones, sumando una volumetría total de 25 m<sup>3</sup>.

# **Anejo 6: Cálculo de Cimentaciones**

## **Proyecto ejecutivo de Planta Solar Fotovoltaica Labrador en el T.M. de Navalcarnero (Madrid)**

**Potencia instalada: 5,00 MWn**

**Potencia pico: 6,291 MWp**

Promotor: **PLANTA FOTOVOLTAICA IMAGESOL, S.L.**

Ingeniería: **Innova Proyectos**

**Marzo 2024**



## ÍNDICE

<b>1. OBJETO .....</b>	<b>3</b>
<b>2. NORMATIVA APLICABLE .....</b>	<b>3</b>
<b>3. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ESTRUCTURAL .....</b>	<b>3</b>
<b>4. ACCIONES E HIPÓTESIS DE CÁLCULO .....</b>	<b>5</b>
<b>5. CRITERIOS DE DISEÑO.....</b>	<b>6</b>
5.1. COEFICIENTES PARCIALES DE SEGURIDAD ( $\gamma$ ) Y COEFICIENTES DE COMBINACIÓN ( $\psi$ ) .....	8
<b>6. MODELO DE CIMENTACIÓN Y CHEQUEO ESTRUCTURAL.....</b>	<b>12</b>
6.1. COMPROBACIÓN LOSA DE CIMENTACIÓN .....	12
6.2. COMPROBACIÓN PILARES.....	19

## 1. Objeto

El objeto del presente Informe es el cálculo estructural y la optimización del sistema de cimentación que conformará el sistema de soporte del centro de transformación

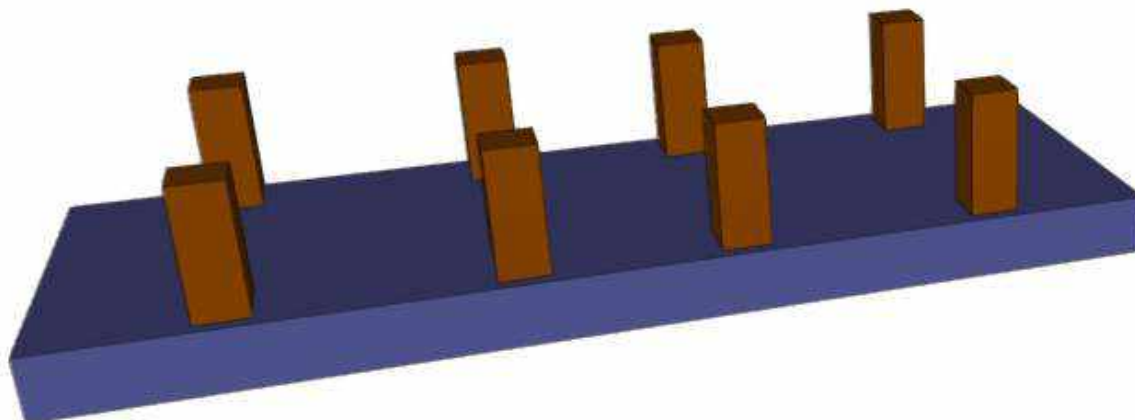
## 2. Normativa aplicable

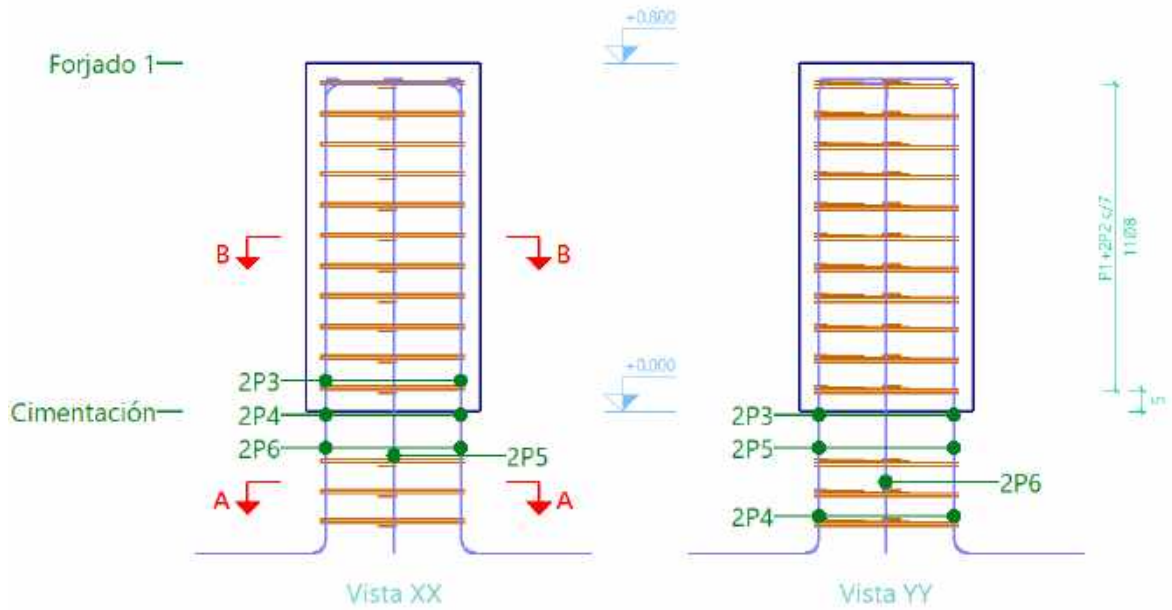
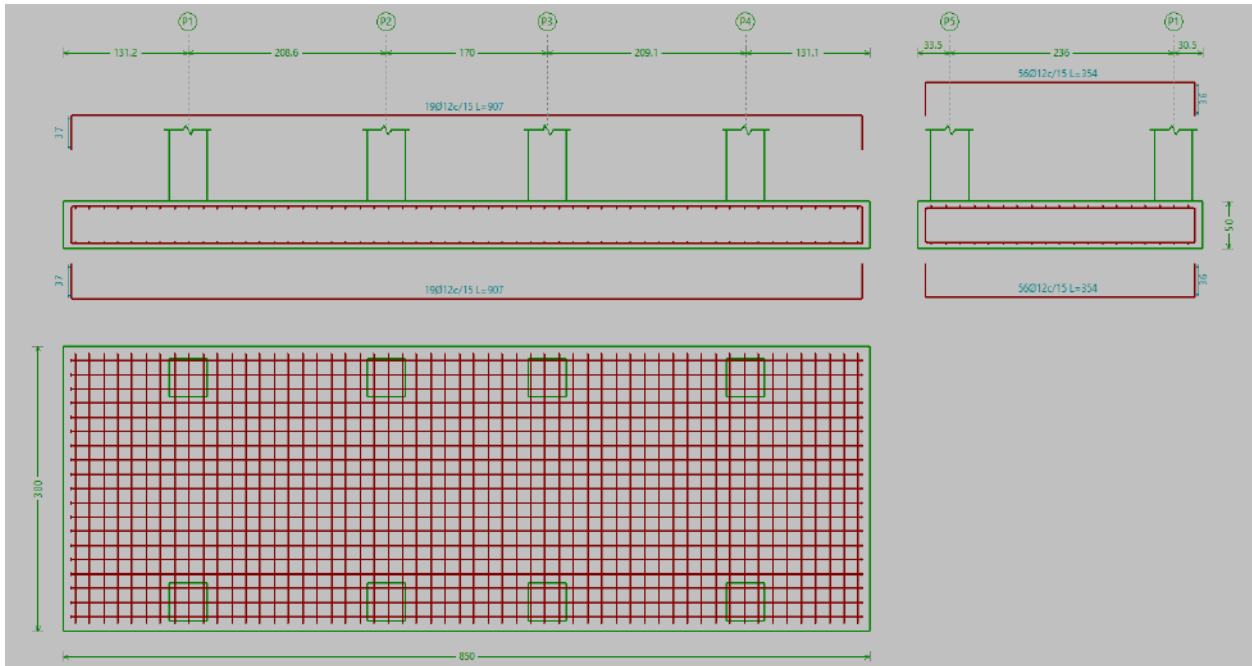
El cálculo de la instalación solar fotovoltaica se ha realizado siguiendo las siguientes normativas:

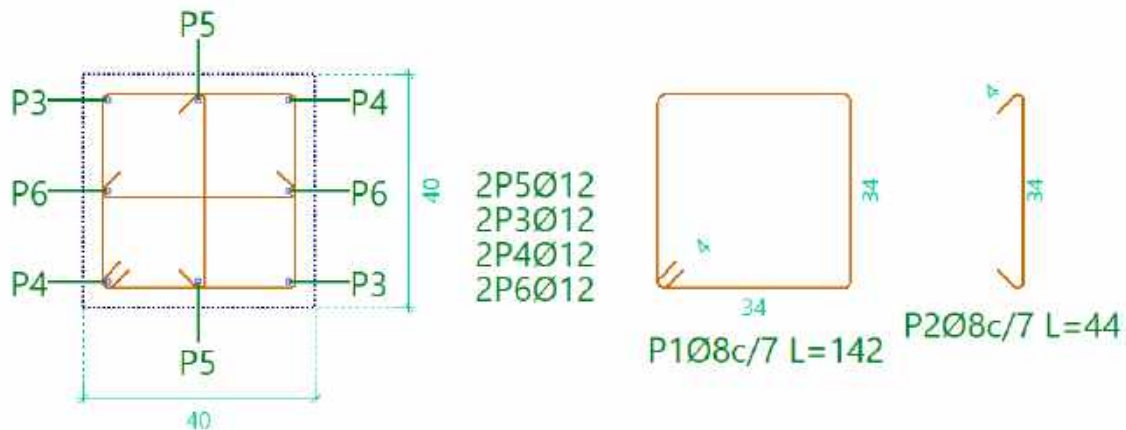
- Eurocódigos
- CTE.
- Código estructural

## 3. Descripción del Sistema Estructural

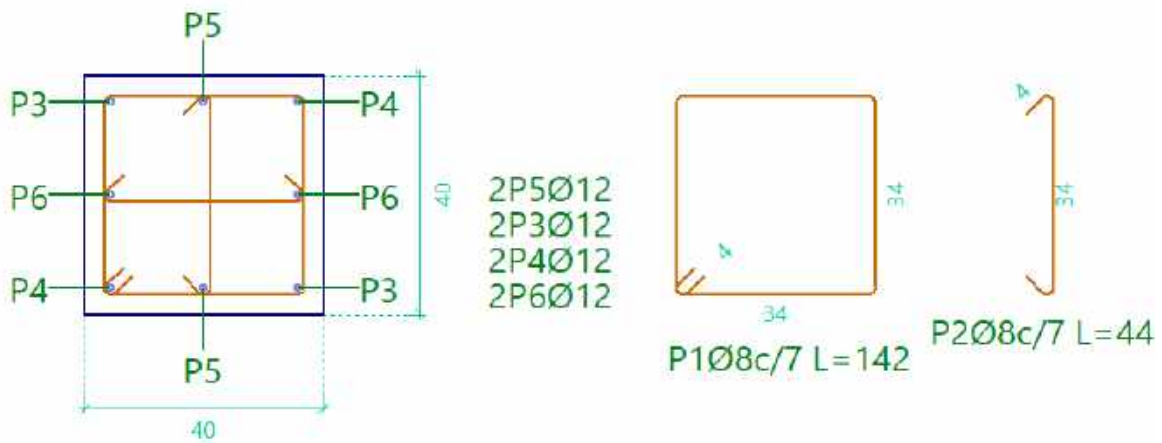
Se presenta a continuación la losa de cimentación y plintos que va a ser comprobada:







Sección A-A



Sección B-B

Se trata de una losa de cimentación de dimensiones en planta 3.0 m x 8.5 m y un canto de 50 cm. Se dispone una armadura base compuesta por doble parrilla de redondo de 12 mm cada 15 cm.

Los plintos son 8 columnas de 80 cm de altura y sección cuadrada de 40 cm de lado.

#### 4. Acciones e Hipótesis de Cálculo

La resistencia estructural del sistema de soporte se evaluará mediante cálculo manual para las siguientes cargas de diseño e hipótesis de cálculo:

- Acciones a considerar:
  - Carga muerta: peso del centro de transformación 15.000 kg
  - Carga viva: 500 kg/m<sup>2</sup>

- Carga de nieve: El emplazamiento de la obra corresponde a un tipo de clima invernal 4 con altitud 670 m, lo que proporciona una sobrecarga de nieve de 0,6 KN/m<sup>2</sup>
- Carga de viento: de acuerdo con lo dispuesto en el CTE, los datos a considerar son:
  - La altura máxima: 3 metros.
  - Grado de aspereza del entorno: 2
  - Coeficiente de exposición: 2.1.
  - El emplazamiento: zona A.
  - Presión dinámica del viento: depende del emplazamiento, para zona a es 0,42 KN/m<sup>2</sup>.
- Carga sísmica: la aceleración sísmica básica es inferior a 0,04 g, por lo que es necesaria la aplicación de la norma sismorresistente.

## 5. Criterios de Diseño

Para el cálculo y la evaluación de la capacidad portante del sistema estructural se han establecido los siguientes criterios de diseño:

### 1. Tipo de Hormigón:

- Hormigón HA-25:

Elemento	Hormigón	f <sub>ck</sub> (MPa)	γ <sub>c</sub>	Árido		E <sub>c</sub> (MPa)
				Naturaleza	Tamaño máximo (mm)	
Todos	HA-25	25	1.50	Cuarcita	15	27264

### 1. Tipo de Acero corrugado:

- Acero B-500-S:

Elemento	Acero	f <sub>yk</sub> (MPa)	γ <sub>s</sub>
Todos	B 500 S	500	1.15

Para las distintas situaciones de proyecto, las combinaciones de acciones se definirán de acuerdo con los siguientes criterios:

**- Situaciones persistentes o transitorias**

**- Con coeficientes de combinación**

**- Sin coeficientes de combinación**

**- Situaciones sísmicas**

**- Con coeficientes de combinación**

**- Sin coeficientes de combinación**

- Donde:

$G_k$	Acción permanente
$P_k$	Acción de pretensado
$Q_k$	Acción variable
$A_E$	Acción sísmica
$\gamma_G$	Coefficiente parcial de seguridad de las acciones permanentes
$\gamma_P$	Coefficiente parcial de seguridad de la acción de pretensado
$\gamma_{Q,1}$	Coefficiente parcial de seguridad de la acción variable principal
$\gamma_{Q,i}$	Coefficiente parcial de seguridad de las acciones variables de acompañamiento
$\gamma_{A_E}$	Coefficiente parcial de seguridad de la acción sísmica
$\psi_{p,1}$	Coefficiente de combinación de la acción variable principal
$\psi_{a,i}$	Coefficiente de combinación de las acciones variables de acompañamiento

## 5.1. Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ ) y coeficientes de combinación ( $\psi$ )

Para cada situación de proyecto y estado límite los coeficientes a utilizar serán:

### E.L.U. de rotura. Hormigón: Código Estructural

Persistente o transitoria				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_p$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
Carga permanente (G)	1.000	1.350	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.500	1.000	0.700
Viento (Q)	0.000	1.500	1.000	0.600
Nieve (Q)	0.000	1.500	1.000	0.500

### E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones: Código Estructural / CTE DB-SE C

Persistente o transitoria				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_p$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
Carga permanente (G)	1.000	1.600	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.600	1.000	0.700
Viento (Q)	0.000	1.600	1.000	0.600
Nieve (Q)	0.000	1.600	1.000	0.500

### E.L.S. Fisuración. Hormigón en cimentaciones: Código Estructural

Cuasipermanente				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_p$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
Carga permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	0.300	0.300
Viento (Q)	0.000	1.000	0.000	0.000
Nieve (Q)	0.000	1.000	0.000	0.000

### Tensiones sobre el terreno

Característica				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_p$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
Carga permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000
Viento (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000
Nieve (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000

### Desplazamientos

Característica				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_p$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
Carga permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000
Viento (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000
Nieve (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000

## 6.2. Combinaciones

### ■ Nombres de las hipótesis

PP	Peso propio
CM	Cargas muertas
Qa	Sobrecarga de uso
V 1	V 1
V 2	V 2
N 1	N 1

### ■ E.L.U. de rotura. Hormigón

Comb.	PP	CM	Qa	V 1	V 2	N 1
1	1.000	1.000				
2	1.350	1.350				
3	1.000	1.000	1.500			
4	1.350	1.350	1.500			
5	1.000	1.000		1.500		
6	1.350	1.350		1.500		



Comb.	PP	CM	Qa	V 1	V 2	N 1
7	1.000	1.000	1.050	1.500		
8	1.350	1.350	1.050	1.500		
9	1.000	1.000	1.500	0.900		
10	1.350	1.350	1.500	0.900		
11	1.000	1.000			1.500	
12	1.350	1.350			1.500	
13	1.000	1.000	1.050		1.500	
14	1.350	1.350	1.050		1.500	
15	1.000	1.000	1.500		0.900	
16	1.350	1.350	1.500		0.900	
17	1.000	1.000				1.500
18	1.350	1.350				1.500
19	1.000	1.000	1.050			1.500
20	1.350	1.350	1.050			1.500
21	1.000	1.000		0.900		1.500
22	1.350	1.350		0.900		1.500
23	1.000	1.000	1.050	0.900		1.500
24	1.350	1.350	1.050	0.900		1.500
25	1.000	1.000			0.900	1.500
26	1.350	1.350			0.900	1.500
27	1.000	1.000	1.050		0.900	1.500
28	1.350	1.350	1.050		0.900	1.500
29	1.000	1.000	1.500			0.750
30	1.350	1.350	1.500			0.750
31	1.000	1.000		1.500		0.750
32	1.350	1.350		1.500		0.750
33	1.000	1.000	1.050	1.500		0.750
34	1.350	1.350	1.050	1.500		0.750
35	1.000	1.000	1.500	0.900		0.750
36	1.350	1.350	1.500	0.900		0.750
37	1.000	1.000			1.500	0.750
38	1.350	1.350			1.500	0.750
39	1.000	1.000	1.050		1.500	0.750
40	1.350	1.350	1.050		1.500	0.750
41	1.000	1.000	1.500		0.900	0.750
42	1.350	1.350	1.500		0.900	0.750

■ **E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones**

Comb.	PP	CM	Qa	V 1	V 2	N 1
1	1.000	1.000				

Comb.	PP	CM	Qa	V 1	V 2	N 1
2	1.600	1.600				
3	1.000	1.000	1.600			
4	1.600	1.600	1.600			
5	1.000	1.000		1.600		
6	1.600	1.600		1.600		
7	1.000	1.000	1.120	1.600		
8	1.600	1.600	1.120	1.600		
9	1.000	1.000	1.600	0.960		
10	1.600	1.600	1.600	0.960		
11	1.000	1.000			1.600	
12	1.600	1.600			1.600	
13	1.000	1.000	1.120		1.600	
14	1.600	1.600	1.120		1.600	
15	1.000	1.000	1.600		0.960	
16	1.600	1.600	1.600		0.960	
17	1.000	1.000				1.600
18	1.600	1.600				1.600
19	1.000	1.000	1.120			1.600
20	1.600	1.600	1.120			1.600
21	1.000	1.000		0.960		1.600
22	1.600	1.600		0.960		1.600
23	1.000	1.000	1.120	0.960		1.600
24	1.600	1.600	1.120	0.960		1.600
25	1.000	1.000			0.960	1.600
26	1.600	1.600			0.960	1.600
27	1.000	1.000	1.120		0.960	1.600
28	1.600	1.600	1.120		0.960	1.600
29	1.000	1.000	1.600			0.800
30	1.600	1.600	1.600			0.800
31	1.000	1.000		1.600		0.800
32	1.600	1.600		1.600		0.800
33	1.000	1.000	1.120	1.600		0.800
34	1.600	1.600	1.120	1.600		0.800
35	1.000	1.000	1.600	0.960		0.800
36	1.600	1.600	1.600	0.960		0.800
37	1.000	1.000			1.600	0.800
38	1.600	1.600			1.600	0.800
39	1.000	1.000	1.120		1.600	0.800
40	1.600	1.600	1.120		1.600	0.800
41	1.000	1.000	1.600		0.960	0.800
42	1.600	1.600	1.600		0.960	0.800

### ■ E.L.S. Fisuración. Hormigón en cimentaciones

Comb.	PP	CM	Qa	V 1	V 2	N 1
1	1.000	1.000				
2	1.000	1.000	0.300			

### ■ Tensiones sobre el terreno

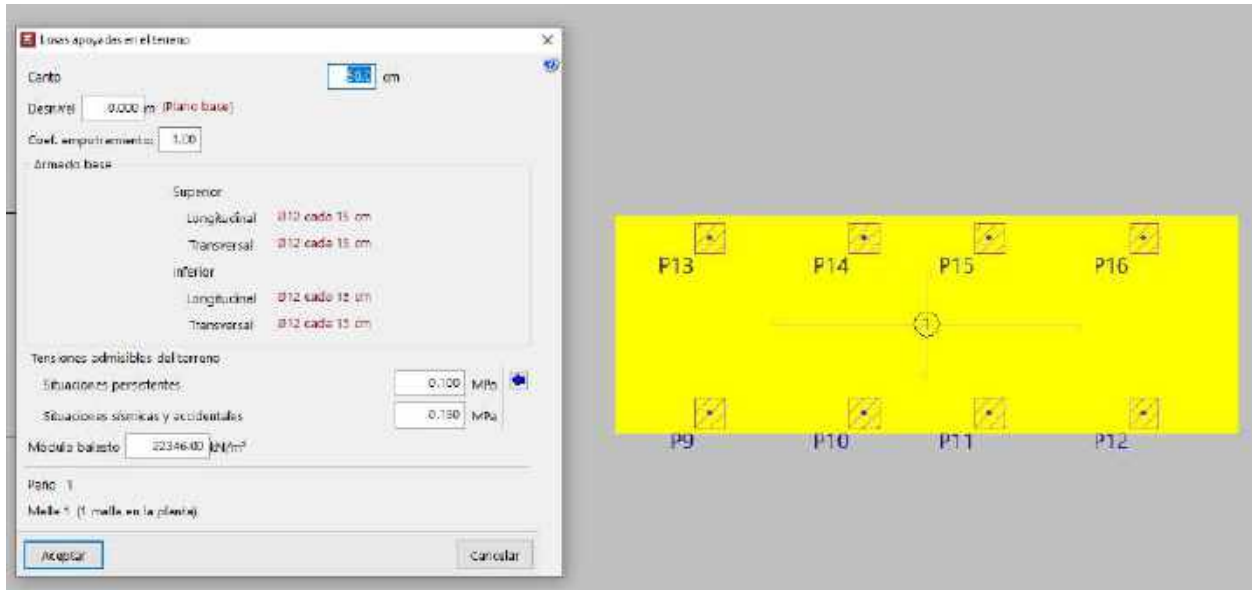
### ■ Desplazamientos

Comb.	PP	CM	Qa	V 1	V 2	N 1
1	1.000	1.000				
2	1.000	1.000	1.000			
3	1.000	1.000		1.000		
4	1.000	1.000	1.000	1.000		
5	1.000	1.000			1.000	
6	1.000	1.000	1.000		1.000	
7	1.000	1.000				1.000
8	1.000	1.000	1.000			1.000
9	1.000	1.000		1.000		1.000
10	1.000	1.000	1.000	1.000		1.000
11	1.000	1.000			1.000	1.000
12	1.000	1.000	1.000		1.000	1.000

## 6. Modelo de cimentación y chequeo estructural

### 6.1. Comprobación losa de cimentación

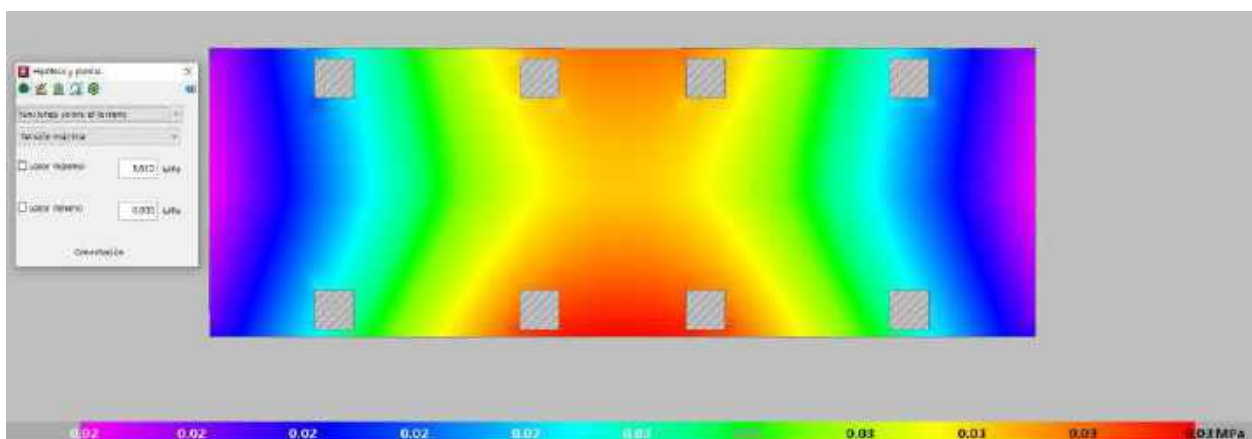
La losa de cimentación a considerar será de 50 cm de canto, apoyada sobre un terreno con módulo de balasto 22346 kN/m<sup>3</sup> (k30= 90 MN/m<sup>3</sup>) y armado base de redondo de 12 mm cada 15 cm:



- Acciones a considerar:
  - Carga muerta: peso del centro de transformación 15000 kg.
  - Carga viva: 5 kN/m<sup>2</sup>, considerando una superficie en planta de 6,5x2,8 tenemos un total de carga viva de 73,8 kN.
  - Carga de nieve: El emplazamiento de la obra corresponde a un tipo de clima invernal 4 con altitud de 670 m, lo que proporciona una sobrecarga de nieve de 0,6 kN/m<sup>2</sup>.
  - Carga de viento: de acuerdo con lo dispuesto en el CTE, los datos a considerar son:
    - La altura máxima: 3 metros.
    - Grado de aspereza del entorno: 2
    - Coeficiente de exposición: 2.1.
    - El emplazamiento: zona A.
    - Presión dinámica del viento: depende del emplazamiento, para zona a es 0.42 kN/m<sup>2</sup>.

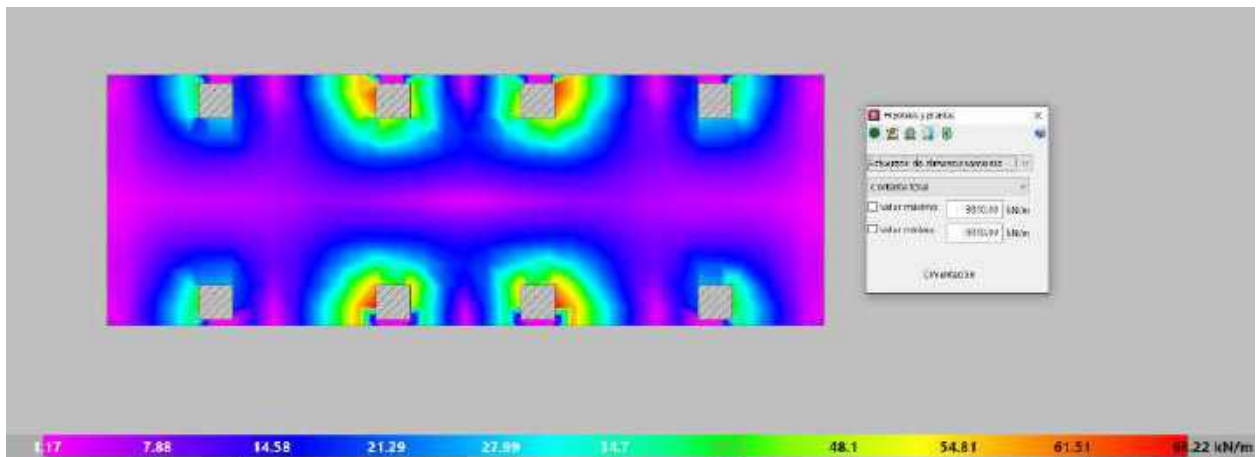
Considerando un coeficiente de presión conjunto de barlovento y sotavento de 1,6, en la dimensión con más superficie expuesta (6,5 m x2,8 m) tenemos una fuerza total resultante de 19,5 kN a una altura de 1,45 m sobre el nivel del plinto.

Se presenta a continuación las tensiones transmitidas al terreno, mediante el código de color:

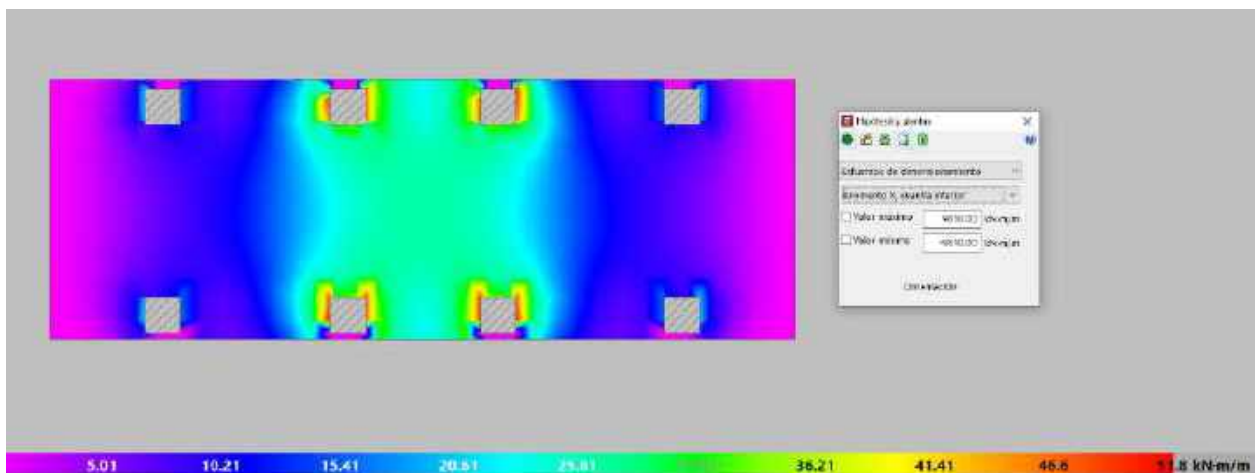


El valor máximo es 0,3 kg/cm<sup>2</sup>, valor admisible para una cimentación de este tipo

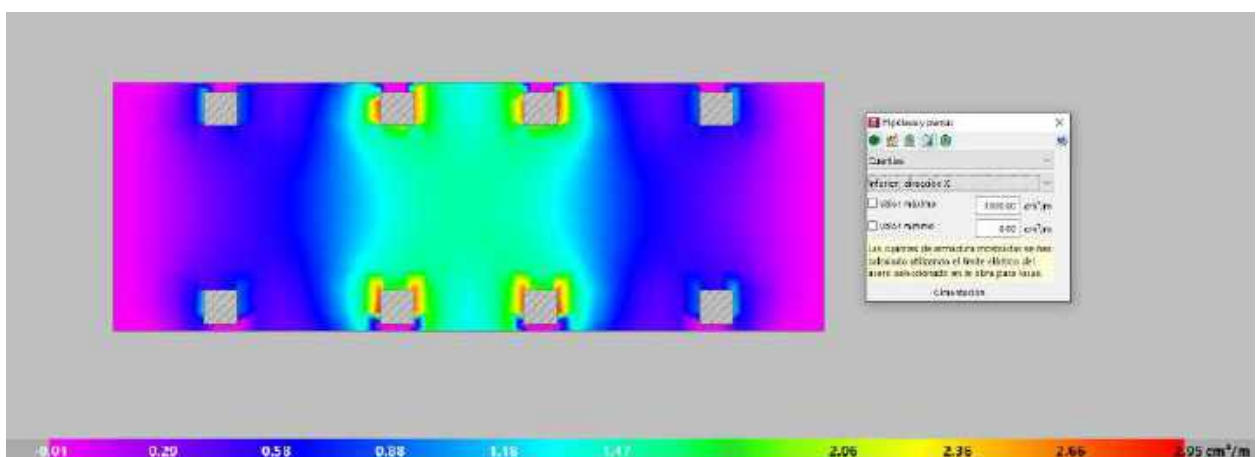
Los esfuerzos de dimensionamiento, en cortante:



En Flexión:



La cuantía de armado:



Disponiendo redondo de 12 mm cada 15 cm se cumplen las comprobaciones necesarias:

Referencia: P1-P2-P3-P5-P6-P7-P4-P8		
Dimensiones: 850 x 300 x 50		
Armados: Xi:Ø12c/15 Yi:Ø12c/15 Xs:Ø12c/15 Ys:Ø12c/15		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE</i>		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.1 MPa Calculado: 0.0254079 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.124979 MPa Calculado: 0.0258003 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.124979 MPa Calculado: 0.0269775 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata: <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i>		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 718503.9 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 2940.0 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 149.03 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: -114.71 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 74.36 kN	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 111.05 kN	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
- Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE</i>	Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup> Calculado: 140.3 kN/m <sup>2</sup>	Cumple
Canto mínimo: <i>Criterio de CYPE</i>		
	Mínimo: 15 cm Calculado: 50 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación:		
- P1:	Mínimo: 20 cm Calculado: 43 cm	Cumple
- P2:	Calculado: 43 cm	Cumple
- P3:	Calculado: 43 cm	Cumple
- P5:	Calculado: 43 cm	Cumple
- P6:	Calculado: 43 cm	Cumple
- P7:	Calculado: 43 cm	Cumple
- P4:	Calculado: 43 cm	Cumple
- P8:	Calculado: 43 cm	Cumple

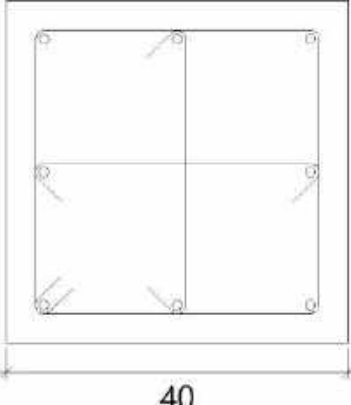
Referencia: P1-P2-P3-P5-P6-P7-P4-P8		
Dimensiones: 850 x 300 x 50		
Armados: Xi:Ø12c/15 Yi:Ø12c/15 Xs:Ø12c/15 Ys:Ø12c/15		
Comprobación	Valores	Estado
<b>Cuantía geométrica mínima:</b> <i>Norma Código Estructural. Artículo A19.9.2.1.1</i>	Mínimo: 0.0012	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.0014	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 0.0014	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.0015	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.0015	Cumple
<b>Diámetro mínimo de las barras:</b> <i>Norma Código Estructural. Artículo A19.9.8.2.1</i>	Mínimo: 12 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 12 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 12 mm	Cumple
<b>Separación máxima entre barras:</b> <i>Criterio de CYPE</i>	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 15 cm	Cumple
<b>Separación mínima entre barras:</b> <i>Criterio de CYPE</i>	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 15 cm	Cumple
<b>Longitud de anclaje:</b> 49.5	Mínimo: 15 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 345 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 345 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 40 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 40 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 108 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 108 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 131 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 131 cm	Cumple
<b>Longitud mínima de las patillas:</b>	Mínimo: 12 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 40 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 40 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 40 cm	Cumple



Referencia: P1-P2-P3-P5-P6-P7-P4-P8		
Dimensiones: 850 x 300 x 50		
Armados: Xi:Ø12c/15 Yi:Ø12c/15 Xs:Ø12c/15 Ys:Ø12c/15		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 40 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 40 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 40 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 40 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 40 cm	Cumple
Abertura de fisuras:	Máximo: 0.3 mm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0 mm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0 mm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 0 mm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 0 mm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Zapata de tipo flexible (Criterio de CYPE)		
- Relación rotura pésima (En dirección X): 0.44		
- Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.12		
- Cortante de agotamiento (En dirección X): 498.84 kN		
- Cortante de agotamiento (En dirección Y): 1413.33 kN		

## 6.2. Comprobación pilares

### 1. FORJADO 1 (0 - 1.05 M)

Datos del pilar							
	<b>Geometría</b> Dimensiones : 40x40 cm Tramo : 0.000/1.050 m Altura libre : 1.05 m Recubrimiento geométrico : 3.0 cm Tamaño máximo de árido : 15 mm						
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Materiales</th> <th>Longitud de pandeo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Hormigón : HA-25, <math>\gamma_c=1.5</math></td> <td>Plano ZX : 2.10 m Plano ZY : 2.10 m</td> </tr> <tr> <td>Acero : B 500 S, <math>\gamma_s=1.15</math></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Materiales	Longitud de pandeo	Hormigón : HA-25, $\gamma_c=1.5$	Plano ZX : 2.10 m Plano ZY : 2.10 m	Acero : B 500 S, $\gamma_s=1.15$	
	Materiales	Longitud de pandeo					
	Hormigón : HA-25, $\gamma_c=1.5$	Plano ZX : 2.10 m Plano ZY : 2.10 m					
	Acero : B 500 S, $\gamma_s=1.15$						
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Armadura longitudinal</th> <th>Armadura transversal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Esquina : 4Ø12 Cara X : 2Ø12 Cara Y : 2Ø12 Cuantía : 0.57 %</td> <td>Estribos : 1eØ8+X1rØ8+Y1rØ8 Separación : 7 cm</td> </tr> </tbody> </table>	Armadura longitudinal	Armadura transversal	Esquina : 4Ø12 Cara X : 2Ø12 Cara Y : 2Ø12 Cuantía : 0.57 %	Estribos : 1eØ8+X1rØ8+Y1rØ8 Separación : 7 cm		
Armadura longitudinal	Armadura transversal						
Esquina : 4Ø12 Cara X : 2Ø12 Cara Y : 2Ø12 Cuantía : 0.57 %	Estribos : 1eØ8+X1rØ8+Y1rØ8 Separación : 7 cm						

#### **Disposiciones relativas a las armaduras** (Código Estructural, Artículos A19.8.2 y A19.9.5)

Un pilar es un elemento cuyo canto es inferior a 4 veces su ancho (Artículos A19.5.3.1(7) y A19.9.5.1).

$$400 \text{ mm} \leq 1600 \text{ mm} \quad \checkmark$$

Donde:

**h**: Dimensión mayor de la sección del soporte.

**h** : 400.00 mm

**b**: Dimensión menor de la sección del soporte.

**b** : 400.00 mm

#### **Armadura longitudinal**

La distancia libre  $s_b$  (horizontal y vertical) entre barras paralelas, o entre capas horizontales de barras paralelas, no debe ser inferior a  $s_{min}$  (Artículo A19.8.2(2)):

$$144 \text{ mm} \geq 20 \text{ mm} \quad \checkmark$$

Donde:

**S<sub>min</sub>**: Valor máximo de  $s_1, s_2, s_3$ .

**S<sub>min</sub>** : 20 mm

**s<sub>1</sub>** : 12 mm

**s<sub>2</sub>** : 19 mm

**s<sub>3</sub>** : 20 mm

Siendo:

$\varnothing_{\max}$ : Diámetro máximo de la armadura.

$\varnothing_{\max}$  : 12 mm

$d_g$ : Tamaño máximo del árido.

$d_g$  : 15 mm

Las barras longitudinales deberían tener un diámetro no menor que 12 mm (Artículo A19.9.5.2(1)):

**12 mm  $\geq$  12 mm** ✓

Donde:

$\varnothing_{\min}$ : Diámetro de la barra comprimida más delgada.

$\varnothing_{\min}$  : 12 mm

### Estribos

La distancia libre  $s_b$  (horizontal y vertical) entre barras aisladas paralelas o capas horizontales de barras paralelas no debe ser menor que  $s_{\min}$  (Artículo A19.8.2(2)):

**62 mm  $\geq$  20 mm** ✓

Donde:

$s_{\min}$ : Valor máximo de  $s_1, s_2, s_3$ .

$s_{\min}$  : 20 mm

$s_1$  : 8 mm

$s_2$  : 19 mm

$s_3$  : 20 mm

Siendo:

$\varnothing_{\max}$ : Diámetro de la barra más gruesa de la armadura transversal.

$\varnothing_{\max}$  : 8 mm

$d_g$ : Tamaño máximo del árido.

$d_g$  : 15 mm

La separación de la armadura transversal a lo largo del pilar no debe superar  $s_{cl,\max}$  (Artículo A19.9.5.3(3)):

**70 mm  $\leq$  180 mm** ✓

Donde:

$s_{cl,\max}$ : Valor mínimo de  $s_1, s_2, s_3$ .

$s_{cl,\max}$  : 180 mm

$s_1$  : 180 mm

$s_2$  : 300 mm

$s_3$  : 400 mm

Siendo:

$\varnothing_{\min}$ : Diámetro de la barra comprimida más delgada.  $\varnothing_{\min} : \underline{12}$  mm

El diámetro de la armadura transversal no debe ser inferior a un cuarto del diámetro máximo de las barras longitudinales (Artículo A19.9.5.3(1)):

$8 \text{ mm} \geq 6 \text{ mm}$  ✓

Donde:

$\varnothing_{\max}$ : Diámetro de la barra comprimida más gruesa.  $\varnothing_{\max} : \underline{12}$  mm

### **Armadura mínima y máxima** (Código Estructural, Artículo A19.9.5.2)

El área total de la armadura longitudinal  $A_s$  no debería ser menor que  $A_{s,\min}$  (Artículo A19.9.5.2(2)):

$9.05 \text{ cm}^2 \geq 3.20 \text{ cm}^2$  ✓

Donde:

$A_s$ : Área de la armadura longitudinal.  $A_s : \underline{9.05}$  cm<sup>2</sup>

$A_{s,\min} : \underline{3.20}$  cm<sup>2</sup>

Siendo:

$A_c$ : Área total de la sección de hormigón.  $A_c : \underline{1600.00}$  cm<sup>2</sup>

El área de la armadura longitudinal  $A_s$  no debería superar  $A_{s,\max}$  (Artículo A19.9.5.2(3)):

$9.05 \text{ cm}^2 \leq 61.33 \text{ cm}^2$  ✓

Donde:

$A_s$ : Área de la armadura longitudinal.  $A_s : \underline{9.05}$  cm<sup>2</sup>

$A_{s,\max} : \underline{61.33}$  cm<sup>2</sup>

Siendo:

$A_c$ : Área total de la sección de hormigón.  $A_c : \underline{1600.00}$  cm<sup>2</sup>

$f_{yd}$ : Límite elástico de la armadura.  $f_{yd} : \underline{434.78}$  MPa

$f_{cd}$ : Resistencia de cálculo a compresión del hormigón.  $f_{cd} : \underline{16.67}$  MPa

El área total de la armadura longitudinal  $A'_s$  no debería ser menor que  $A_{s,\min}$  (Artículo A19.9.5.2(2)):

$9.05 \text{ cm}^2 \geq 0.10 \text{ cm}^2$  ✓

Donde:

$A'_s$ : Área total de armadura comprimida.  $A'_s : \underline{9.05}$  cm<sup>2</sup>

$A_{s,\min} : \underline{0.10}$  cm<sup>2</sup>

Siendo:

$$\begin{aligned} N_{Ed} &: \text{Esfuerzo axial de compresión de cálculo.} & N_{Ed} &: \underline{43.40} \text{ kN} \\ f_{yd} &: \text{Límite elástico de la armadura.} & f_{yd} &: \underline{434.78} \text{ MPa} \end{aligned}$$

**Estado límite de agotamiento frente a cortante** (Código Estructural, Artículos A19.6.2.2, A19.6.2.3 y A19.9.2.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.004} \quad \checkmark$$

Donde:

$$\begin{aligned} V_{Ed,y} &: \text{Esfuerzo cortante efectivo de cálculo.} & V_{Ed,y} &: \underline{2.61} \text{ kN} \\ V_{Rd,max,Vy} &: \text{Esfuerzo cortante de agotamiento por} & V_{Rd,max,Vy} &: \underline{581.78} \text{ kN} \\ & \text{compresión oblicua en el alma.} & & \end{aligned}$$

$$\eta : \underline{0.043} \quad \checkmark$$

Donde:

$$\begin{aligned} V_{Ed,y} &: \text{Esfuerzo cortante efectivo de cálculo.} & V_{Ed,y} &: \underline{2.61} \text{ kN} \\ V_{Rd,s,Vy} &: \text{Esfuerzo cortante de agotamiento por} & V_{Rd,s,Vy} &: \underline{60.92} \text{ kN} \\ & \text{tracción en el alma.} & & \end{aligned}$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en 'Cabeza', para la combinación de hipótesis "PP+CM+1.5·V1".

**Esfuerzo cortante de agotamiento por compresión oblicua en el alma.**

El esfuerzo cortante de agotamiento por compresión oblicua del alma se deduce de la siguiente expresión:

Cortante en la dirección Y:

Según Artículo A19.6.2.3(3), el valor de cálculo del esfuerzo cortante máximo que puede soportar el elemento, limitado por la rotura de las bielas de compresión, se obtiene de:

$$V_{Rd,max} : \underline{581.78} \text{ kN}$$

Donde:

$$\alpha_{cw} : \text{Coeficiente que tiene en cuenta el estado de tensiones en el cordón comprimido.} \quad \alpha_{cw} : \underline{1.000}$$

Siendo:

$$\begin{aligned} \sigma_{cp} &: \text{Tensión media de compresión en el} & \sigma_{cp} &: \underline{-2.33} \text{ MPa} \\ & \text{hormigón, medida positiva, debida a la} & & \\ & \text{fuerza axial de cálculo.} & & \end{aligned}$$

Donde:

**$N_{Ed}$** : Esfuerzo axial de compresión de cálculo.

$$N_{Ed} : \underline{21.27} \text{ kN}$$

**$A'_s$** : Área total de armadura comprimida.

$$A'_s : \underline{9.05} \text{ cm}^2$$

**$A_c$** : Área total de la sección de hormigón.

$$A_c : \underline{1600.00} \text{ cm}^2$$

**$f_{yd}$** : Resistencia de cálculo de la armadura  $A'_s$ .

$$f_{yd} : \underline{434.78} \text{ MPa}$$

**$f_{cd}$** : Resistencia de cálculo a compresión del hormigón.

$$f_{cd} : \underline{16.67} \text{ MPa}$$

**$b_w$** : Ancho mínimo entre los cordones de tracción y compresión. Artículo A19.6.2.3(1), Figura A19.6.5

$$b_w : \underline{400.00} \text{ mm}$$

**$z$** : Para un elemento de canto constante, es el brazo mecánico de las fuerzas internas correspondiente al momento flector en el elemento considerado. Artículo A19.6.2.3(1), Figura A19.6.5

$$z : \underline{290.89} \text{ mm}$$

**$v_1$** : Coeficiente de reducción de la resistencia del hormigón fisurado por el efecto del cortante.

$$v_1 : \underline{0.600}$$

**$\alpha$** : Ángulo entre las armaduras de cortante con el eje de la viga perpendicular al esfuerzo cortante.

$$\alpha : \underline{90.0} \text{ grados}$$

**$\theta$** : Ángulo entre la biela de compresión de hormigón y el eje de la pieza.

$$\theta : \underline{45.0} \text{ grados}$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en 'Cabeza', para la combinación de hipótesis "PP+CM+1.5·V2".

### **Esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma.**

Cortante en la dirección Y:

Resistencia a cortante de cálculo en piezas sin armadura de cortante, obtenida de acuerdo con (Artículo A19.6.2.2(1)):

$$V_{Rd,s} : \underline{60.92} \text{ kN}$$

con un valor mínimo de:

$$V_{Rd,s} : \underline{52.65} \text{ kN}$$

Donde:

$$C_{Rd,c} : \underline{0.120}$$

Siendo:

**$\gamma_c$** : Coeficiente parcial de seguridad para el hormigón.

$$\gamma_c : \underline{1.500}$$

$$k : \underline{1.825}$$

$\rho_l$ : Cuantía geométrica de la armadura longitudinal principal de tracción.

$$\rho_l : \underline{0.005}$$

Siendo:

**A<sub>sl</sub>**: Área de la armadura de tracción, la cual se extiende una longitud  $\geq (l_{bd}+d)$  más allá de la sección analizada. Artículo A19.6.2.2(1), Figura A19.6.3

$$\mathbf{A_{sl}} : \underline{5.66} \text{ cm}^2$$

**f<sub>ck</sub>**: Resistencia característica a compresión del hormigón.

$$\mathbf{f_{ck}} : \underline{25.00} \text{ MPa}$$

**$\sigma_{cp}$** : Tensión media de compresión.

$$\mathbf{\sigma_{cp}} : \underline{0.11} \text{ MPa}$$

Siendo:

**N<sub>Ed</sub>**: Esfuerzo axial de compresión de cálculo.

$$\mathbf{N_{Ed}} : \underline{17.82} \text{ kN}$$

**A<sub>c</sub>**: Área total de la sección de hormigón.

$$\mathbf{A_c} : \underline{1600.00} \text{ cm}^2$$

**f<sub>cd</sub>**: Resistencia de cálculo a compresión del hormigón.

$$\mathbf{f_{cd}} : \underline{16.67} \text{ MPa}$$

**b<sub>w</sub>**: Ancho mínimo entre los cordones de tracción y compresión.

$$\mathbf{b_w} : \underline{400.00} \text{ mm}$$

**d**: Canto útil de la sección en mm referido a la armadura longitudinal de flexión.

$$\mathbf{d} : \underline{293.60} \text{ mm}$$

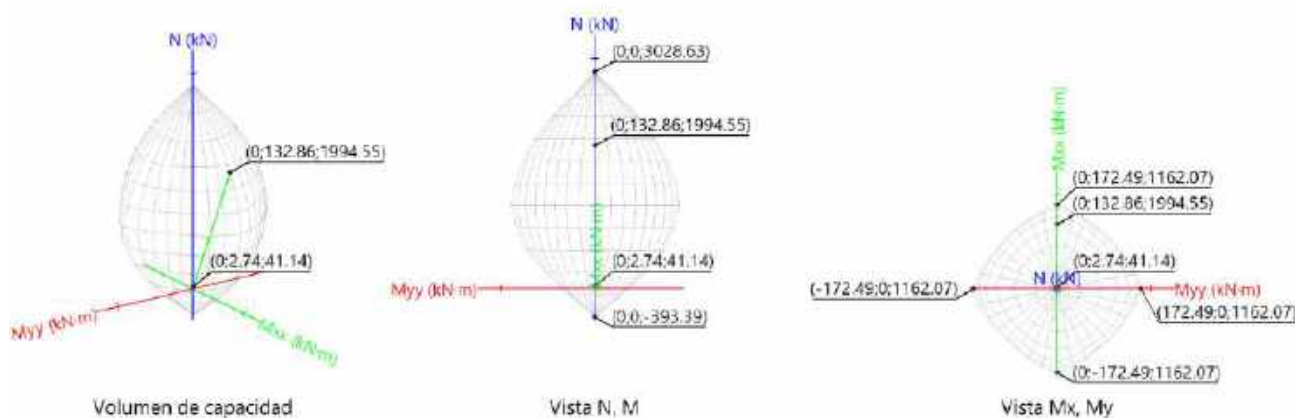
$$\mathbf{V_{min}} : \underline{0.43} \text{ MPa}$$

**Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales** (Código Estructural, Artículos A19.5.2, A19.5.8.3.1, A19.5.8.8 y A19.6.1)

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en 'Pie', para la combinación de hipótesis "1.35·PP+1.35·CM+1.05·Qa+1.5·V1+0.75·N1".

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.021} \checkmark$$



### Comprobación de resistencia de la sección ( $\eta_1$ )

$N_{Ed}, M_{Ed}$  son los esfuerzos de cálculo de primer orden, incluyendo, en su caso, la excentricidad mínima según A19.6.1(4):

**$N_{Ed}$** : Esfuerzo normal de cálculo.

**$M_{Ed}$** : Momento de cálculo de primer orden.

$$\begin{aligned} N_{Ed} &: \underline{41.14} \text{ kN} \\ M_{Ed,x} &: \underline{2.74} \text{ kN}\cdot\text{m} \\ M_{Ed,y} &: \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

$N_{Rd}, M_{Rd}$  son los esfuerzos que producen el agotamiento de la sección con las mismas excentricidades que los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos.

**$N_{Rd}$** : Axil de agotamiento.

**$M_{Rd}$** : Momentos de agotamiento.

$$\begin{aligned} N_{Rd} &: \underline{1994.55} \text{ kN} \\ M_{Rd,x} &: \underline{132.86} \text{ kN}\cdot\text{m} \\ M_{Rd,y} &: \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

Donde:

Siendo:

**$e_e$** : Excentricidad de primer orden. Se calcula teniendo en cuenta la excentricidad mínima  $e_{min}$  según el artículo A19.6.1(4).

$$e_{e,x} : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$e_{e,y} : \underline{66.62} \text{ mm}$$

En este caso, alguna de las excentricidades  $e_{0,x}$ ,  $e_{0,y}$  es superior a la mínima.

Donde:

**En el eje x:**

$$e_{min} : \underline{20.00} \text{ mm}$$



**h:** Canto de la sección en el plano de flexión considerado.

$$h : \underline{400.00} \text{ mm}$$

$$e_o : \underline{66.62} \text{ mm}$$

Donde:

**M<sub>d</sub>:** Momento de cálculo de primer orden.

$$M_d : \underline{2.74} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**N<sub>d</sub>:** Esfuerzo normal de cálculo.

$$N_d : \underline{41.14} \text{ kN}$$

**En el eje y:**

$$e_{min} : \underline{20.00} \text{ mm}$$

**h:** Canto de la sección en el plano de flexión considerado.

$$h : \underline{400.00} \text{ mm}$$

$$e_o : \underline{0.00} \text{ mm}$$

Donde:

**M<sub>d</sub>:** Momento de cálculo de primer orden.

$$M_d : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**N<sub>d</sub>:** Esfuerzo normal de cálculo.

$$N_d : \underline{41.14} \text{ kN}$$

### Comprobación del estado límite de inestabilidad

#### En el eje x:

Los efectos de segundo orden pueden ser despreciados, ya que la esbeltez mecánica del soporte  $\lambda$  es menor que la esbeltez límite inferior  $\lambda_{lim}$  indicada en A19.5.8.3.1 - A19.5.8.3.2.

$$\lambda : \underline{18.19}$$

Donde:

**l<sub>o</sub>:** Longitud de pandeo

$$l_o : \underline{2.100} \text{ m}$$

**i<sub>c</sub>:** Radio de giro de la sección de hormigón.

$$i_c : \underline{11.55} \text{ cm}$$

**A<sub>c</sub>:** Área total de la sección de hormigón.

$$A_c : \underline{1600.00} \text{ cm}^2$$

**I:** Inercia.

$$I : \underline{213333.33} \text{ cm}^4$$

$$\lambda_{inf} : \underline{95.02}$$

Donde:

$$A : \underline{0.74}$$

Siendo:

**φ<sub>ef</sub>:** Coeficiente de fluencia eficaz.

$$\phi_{ef} : \underline{1.8}$$

$$B : \underline{1.14}$$

Formulación UNE-EN 1992-1-1:2013

Siendo:

$$\omega : \underline{0.15}$$

Donde:

**A<sub>s</sub>**: Área total de refuerzo longitudinal.

$$A_s : \underline{9.05} \text{ cm}^2$$

**A<sub>c</sub>**: Área total de la sección de hormigón.

$$A_c : \underline{1600.00} \text{ cm}^2$$

**f<sub>yd</sub>**: Límite elástico de la armadura.

$$f_{yd} : \underline{434.78} \text{ MPa}$$

**f<sub>cd</sub>**: Resistencia de cálculo a compresión del hormigón.

$$f_{cd} : \underline{16.67} \text{ MPa}$$

$$C : \underline{0.70}$$

$$n : \underline{0.02}$$

Siendo:

**N<sub>Ed</sub>**: Esfuerzo axial de compresión de cálculo.

$$N_{Ed} : \underline{41.14} \text{ kN}$$

#### En el eje y:

Los efectos de segundo orden pueden ser despreciados, ya que la esbeltez mecánica del soporte  $\lambda$  es menor que la esbeltez límite inferior  $\lambda_{lim}$  indicada en A19.5.8.3.1 - A19.5.8.3.2.

$$\lambda : \underline{18.19}$$

Donde:

**l<sub>0</sub>**: Longitud de pandeo

$$l_0 : \underline{2.100} \text{ m}$$

**i<sub>c</sub>**: Radio de giro de la sección de hormigón.

$$i_c : \underline{11.55} \text{ cm}$$

**A<sub>c</sub>**: Área total de la sección de hormigón.

$$A_c : \underline{1600.00} \text{ cm}^2$$

**I**: Inercia.

$$I : \underline{213333.33} \text{ cm}^4$$

$$\lambda_{inf} : \underline{95.02}$$

Donde:

$$A : \underline{0.74}$$

Siendo:

**φ<sub>ef</sub>**: Coeficiente de fluencia eficaz.

$$\phi_{ef} : \underline{1.8}$$

$$B : \underline{1.14}$$

Formulación UNE-EN 1992-1-1:2013

Siendo:

$$\omega : \underline{0.15}$$

Donde:

$A_s$ : Área total de refuerzo longitudinal.	$A_s : \underline{9.05} \text{ cm}^2$
$A_c$ : Área total de la sección de hormigón.	$A_c : \underline{1600.00} \text{ cm}^2$
$f_{yd}$ : Límite elástico de la armadura.	$f_{yd} : \underline{434.78} \text{ MPa}$
$f_{cd}$ : Resistencia de cálculo a compresión del hormigón.	$f_{cd} : \underline{16.67} \text{ MPa}$

$$C : \underline{0.70}$$

$$n : \underline{0.02}$$

Siendo:

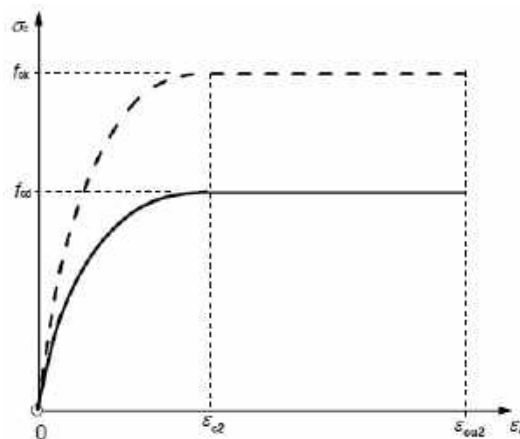
$$N_{Ed} : \text{Esfuerzo axial de compresión de cálculo.} \quad N_{Ed} : \underline{41.14} \text{ kN}$$

### Cálculo de la capacidad resistente

El cálculo de la capacidad resistente última de las secciones se efectúa a partir de las hipótesis generales siguientes (Artículo A19.6.1):

- El agotamiento se caracteriza por el valor de la deformación en determinadas fibras de la sección, definidas por los dominios de deformación de agotamiento.
- Las deformaciones del hormigón siguen una ley plana.
- Las deformaciones  $\varepsilon_s$  de las armaduras pasivas se mantienen iguales a las del hormigón que las envuelve.
- Las tensiones en el hormigón comprimido se derivan del diagrama de cálculo tensión-deformación indicado en el apartado A19.3.1.7(1).

El diagrama de cálculo tensión-deformación del hormigón es del tipo parábola rectángulo. No se considera la resistencia del hormigón a tracción.



$$\varepsilon_{cu2} : \text{Deformación unitaria última conforme a Tabla A19.3.1.} \quad \varepsilon_{cu2} : \underline{0.0035}$$

$$\varepsilon_{c2} : \text{Deformación unitaria bajo carga máxima, conforme a Tabla A19.3.1.} \quad \varepsilon_{c2} : \underline{0.0020}$$

$f_{cd}$ : Resistencia de cálculo a compresión del hormigón.

$$f_{cd} : \underline{16.67} \text{ MPa}$$

Siendo:

$\alpha_{cc}$ : Factor que tiene en cuenta el cansancio del hormigón cuando está sometido a altos niveles de tensión de compresión debido a cargas de larga duración.

$$\alpha_{cc} : \underline{1.00}$$

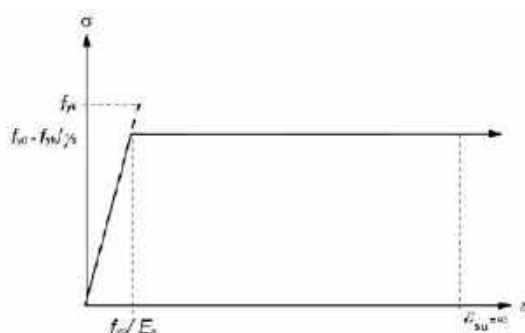
$f_{ck}$ : Resistencia característica a compresión del hormigón.

$$f_{ck} : \underline{25.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_c$ : Coeficiente parcial de seguridad para el hormigón.

$$\gamma_c : \underline{1.5}$$

(e) Las tensiones en las armaduras se obtienen del diagrama dado en: Artículo A19.3.2, Figura A19.3.8



$\epsilon_{su}$ : Deformación unitaria última conforme a Artículo A19.3.2.7(2.b).

$$\epsilon_{su} : \underline{0.0100}$$

$f_{yd}$ : Límite elástico de la armadura.

$$f_{yd} : \underline{434.78} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{yk}$ : Resistencia característica del acero.

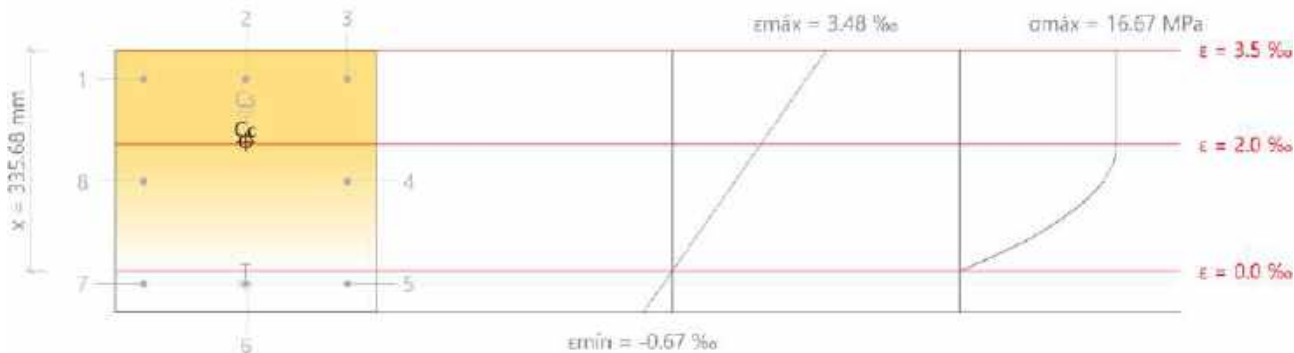
$$f_{yk} : \underline{500.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_s$ : Coeficiente parcial de seguridad para el acero.

$$\gamma_s : \underline{1.15}$$

(e) Se aplican a las resultantes de tensiones en la sección las ecuaciones generales de equilibrio de fuerzas y de momentos.

**Equilibrio de la sección para los esfuerzos de agotamiento, calculados con las mismas excentricidades que los esfuerzos de cálculo pésimos:**



Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	$\sigma_s$ (MPa)	$\epsilon$
1	Ø12	-156.00	156.00	+400.00	+0.003026
2	Ø12	0.00	156.00	+400.00	+0.003026
3	Ø12	156.00	156.00	+400.00	+0.003026
4	Ø12	156.00	0.00	+281.52	+0.001408
5	Ø12	156.00	-156.00	-42.17	-0.000211
6	Ø12	0.00	-156.00	-42.17	-0.000211
7	Ø12	-156.00	-156.00	-42.17	-0.000211
8	Ø12	-156.00	0.00	+281.52	+0.001408

	Resultante (kN)	e.x (mm)	e.y (mm)
Cc	1809.46	0.00	60.49
Cs	199.40	0.00	106.18
T	14.31	0.00	-156.00

$N_{Rd}$  : 1994.55 kN

$M_{Rd,x}$  : 132.86 kN·m

$M_{Rd,y}$  : 0.00 kN·m

Donde:

$C_c$ : Resultante de compresiones en el hormigón.

$C_s$ : Resultante de compresiones en el acero.

$T$ : Resultante de tracciones en el acero.

$e_{cc}$ : Excentricidad de la resultante de compresiones en el hormigón en la dirección de los ejes X e Y.

$e_{cs}$ : Excentricidad de la resultante de compresiones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.

$e_T$ : Excentricidad de la resultante de tracciones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.

$\epsilon_{cmax}$ : Deformación de la fibra más comprimida de hormigón.

$\epsilon_{smax}$ : Deformación de la barra de acero más traccionada.

$\sigma_{cmax}$ : Tensión de la fibra más comprimida de hormigón.

$\sigma_{smax}$ : Tensión de la barra de acero más traccionada.

$C_c$  : 1809.46 kN

$C_s$  : 199.40 kN

$T$  : 14.31 kN

$e_{cc,x}$  : 0.00 mm

$e_{cc,y}$  : 60.49 mm

$e_{cs,x}$  : 0.00 mm

$e_{cs,y}$  : 106.18 mm

$e_{T,x}$  : 0.00 mm

$e_{T,y}$  : -156.00 mm

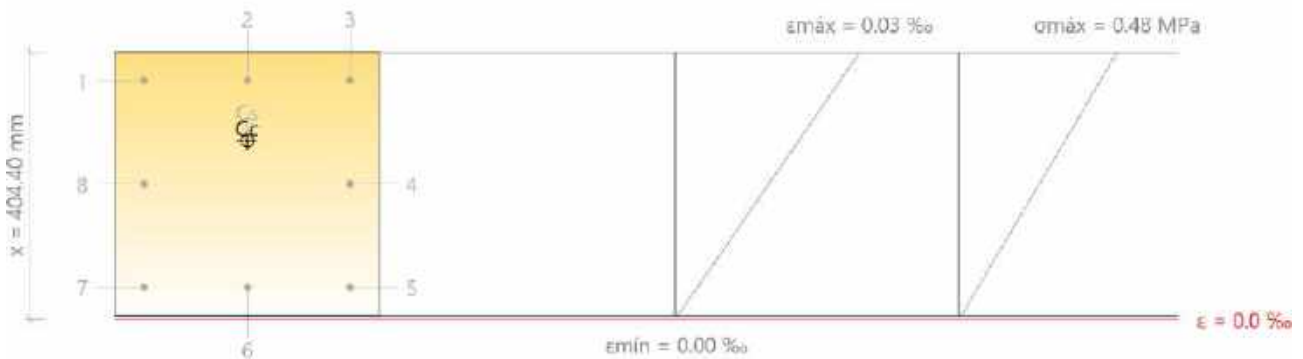
$\epsilon_{cmax}$  : 0.0035

$\epsilon_{smax}$  : 0.0002

$\sigma_{cmax}$  : 16.67 MPa

$\sigma_{smax}$  : 42.17 MPa

### Equilibrio de la sección para los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos:



Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	$\sigma_s$ (MPa)	$\epsilon$
1	Ø12	-156.00	156.00	+5.12	+0.000026
2	Ø12	0.00	156.00	+5.12	+0.000026
3	Ø12	156.00	156.00	+5.12	+0.000026
4	Ø12	156.00	0.00	+2.90	+0.000015
5	Ø12	156.00	-156.00	+0.69	+0.000003
6	Ø12	0.00	-156.00	+0.69	+0.000003
7	Ø12	-156.00	-156.00	+0.69	+0.000003
8	Ø12	-156.00	0.00	+2.90	+0.000015

	Resultante (kN)	e.x (mm)	e.y (mm)
Cc	38.51	0.00	65.07
Cs	2.63	0.00	89.29
T	0.00	0.00	0.00

$$N_{Ed} : \underline{41.14} \text{ kN}$$

$$M_{Ed,x} : \underline{2.74} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{Ed,y} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**C<sub>c</sub>**: Resultante de compresiones en el hormigón.

**C<sub>s</sub>**: Resultante de compresiones en el acero.

**T**: Resultante de tracciones en el acero.

**e<sub>cc</sub>**: Excentricidad de la resultante de compresiones en el hormigón en la dirección de los ejes X e Y.

$$C_c : \underline{38.51} \text{ kN}$$

$$C_s : \underline{2.63} \text{ kN}$$

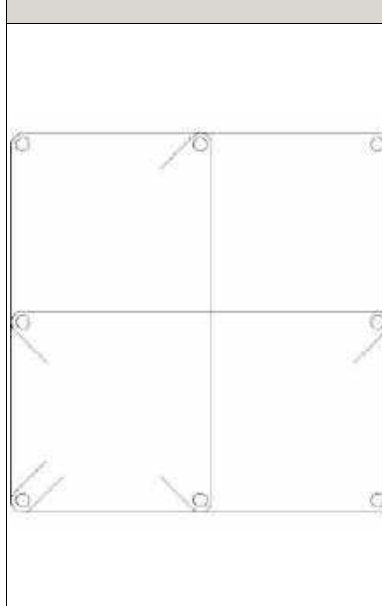
$$T : \underline{0.00} \text{ kN}$$

$$e_{cc,x} : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$e_{cc,y} : \underline{65.07} \text{ mm}$$

<b>e<sub>cs</sub></b> : Excentricidad de la resultante de compresiones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.	<b>e<sub>cs,x</sub></b> : <u>0.00</u> mm
	<b>e<sub>cs,y</sub></b> : <u>89.29</u> mm
<b>e<sub>T</sub></b> : Excentricidad de la resultante de tracciones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.	<b>e<sub>T</sub></b> : <u>0.00</u> mm
<b>ε<sub>cmax</sub></b> : Deformación de la fibra más comprimida de hormigón.	<b>ε<sub>cmax</sub></b> : <u>0.0000</u>
<b>ε<sub>smax</sub></b> : Deformación de la barra de acero más traccionada.	<b>ε<sub>smax</sub></b> : <u>0.0000</u>
<b>σ<sub>cmax</sub></b> : Tensión de la fibra más comprimida de hormigón.	<b>σ<sub>cmax</sub></b> : <u>0.48</u> MPa
<b>σ<sub>smax</sub></b> : Tensión de la barra de acero más traccionada.	<b>σ<sub>smax</sub></b> : <u>0.00</u> MPa

## 2. CIMENTACIÓN

Datos del pilar	
	Geometría
	Dimensiones : 40x40 cm
	Tramo : -0.426/0.000 m
	Altura libre : 0.00 m
	Recubrimiento geométrico : 3.0 cm
	Tamaño máximo de árido : 15 mm
Materiales	Longitud de pandeo
Hormigón : HA-25, $\gamma_c=1.5$	Plano ZX : 2.10 m
Acero : B 500 S, $\gamma_s=1.15$	Plano ZY : 2.10 m
Armadura longitudinal	Armadura transversal
Esquina : 4Ø12	Estribo : 1eØ8+X1rØ8+Y1rØ8
Cara X : 2Ø12	s : 8
Cara Y : 2Ø12	
Cuantía : 0.57 %	

### **Disposiciones relativas a las armaduras** (Código Estructural, Artículos A19.8.2 y A19.9.5)

La comprobación no procede

### **Armadura mínima y máxima** (Código Estructural, Artículo A19.9.5.2)

La comprobación no procede

### **Estado límite de agotamiento frente a cortante** (Código Estructural, Artículos A19.6.2.2, A19.6.2.3 y A19.9.2.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.004} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,y}$ : Esfuerzo cortante efectivo de cálculo.

$$V_{Ed,y} : \underline{2.61} \text{ kN}$$

$V_{Rd,max,Vy}$ : Esfuerzo cortante de agotamiento por compresión oblicua en el alma.

$$V_{Rd,max,Vy} : \underline{581.78} \text{ kN}$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+CM+1.5·V1.

#### **Esfuerzo cortante de agotamiento por compresión oblicua en el alma.**

El esfuerzo cortante de agotamiento por compresión oblicua del alma se deduce de la siguiente expresión:

Cortante en la dirección Y:



Según Artículo A19.6.2.3(3), el valor de cálculo del esfuerzo cortante máximo que puede soportar el elemento, limitado por la rotura de las bielas de compresión, se obtiene de:

$$V_{Rd,max} : \underline{581.78} \text{ kN}$$

Donde:

$\alpha_{cw}$ : Coeficiente que tiene en cuenta el estado de tensiones en el cordón comprimido.

$$\alpha_{cw} : \underline{1.000}$$

Siendo:

$\sigma_{cp}$ : Tensión media de compresión en el hormigón, medida positiva, debida a la fuerza axial de cálculo.

$$\sigma_{cp} : \underline{-0.76} \text{ MPa}$$

Donde:

$N_{Ed}$ : Esfuerzo axial de compresión de cálculo.

$$N_{Ed} : \underline{25.39} \text{ kN}$$

$A'_s$ : Área total de armadura comprimida.

$$A'_s : \underline{3.39} \text{ cm}^2$$

$A_c$ : Área total de la sección de hormigón.

$$A_c : \underline{1600.00} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo de la armadura  $A'_s$ .

$$f_{yd} : \underline{434.78} \text{ MPa}$$

$f_{cd}$ : Resistencia de cálculo a compresión del hormigón.

$$f_{cd} : \underline{16.67} \text{ MPa}$$

$b_w$ : Ancho mínimo entre los cordones de tracción y compresión. Artículo A19.6.2.3(1), Figura A19.6.5

$$b_w : \underline{400.00} \text{ mm}$$

$z$ : Para un elemento de canto constante, es el brazo mecánico de las fuerzas internas correspondiente al momento flector en el elemento considerado. Artículo A19.6.2.3(1), Figura A19.6.5

$$z : \underline{290.89} \text{ mm}$$

$v_1$ : Coeficiente de reducción de la resistencia del hormigón fisurado por el efecto del cortante.

$$v_1 : \underline{0.600}$$

$\alpha$ : Ángulo entre las armaduras de cortante con el eje de la viga perpendicular al esfuerzo cortante.

$$\alpha : \underline{90.0} \text{ grados}$$

$\theta$ : Ángulo entre la biela de compresión de hormigón y el eje de la pieza.

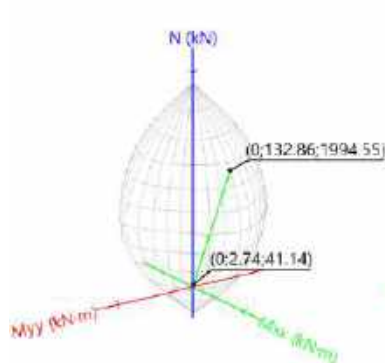
$$\theta : \underline{45.0} \text{ grados}$$

### **Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales** (Código Estructural, Artículos A19.5.2, A19.5.8.3.1, A19.5.8.8 y A19.6.1)

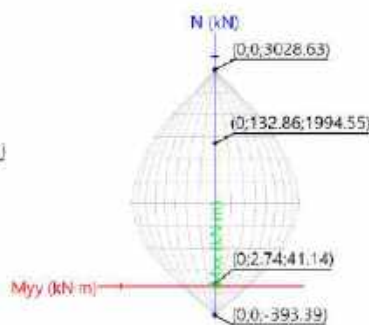
Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM + 1.05 \cdot Qa + 1.5 \cdot V1 + 0.75 \cdot N1$ .

Se debe satisfacer:

$\eta$  : **0.021** ✓



Volumen de capacidad



Vista N, M



Vista Mx, My

### Comprobación de resistencia de la sección ( $\eta_1$ )

$N_{Ed}, M_{Ed}$  son los esfuerzos de cálculo de primer orden, incluyendo, en su caso, la excentricidad mínima según A19.6.1(4):

**$N_{Ed}$** : Esfuerzo normal de cálculo.

**$M_{Ed}$** : Momento de cálculo de primer orden.

$$\mathbf{N}_{Ed} : \frac{41.14}{\quad} \text{ kN}$$

$$\mathbf{M}_{Ed,x} : \frac{2.74}{\quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\mathbf{M}_{Ed,y} : \frac{0.00}{\quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$N_{Rd}, M_{Rd}$  son los esfuerzos que producen el agotamiento de la sección con las mismas excentricidades que los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos.

**$N_{Rd}$** : Axil de agotamiento.

**$M_{Rd}$** : Momentos de agotamiento.

$$\mathbf{N}_{Rd} : \frac{1994.55}{\quad} \text{ kN}$$

$$\mathbf{M}_{Rd,x} : \frac{132.86}{\quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\mathbf{M}_{Rd,y} : \frac{0.00}{\quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

Siendo:

**$e_e$** : Excentricidad de primer orden. Se calcula teniendo en cuenta la excentricidad mínima  $e_{min}$  según el artículo A19.6.1(4).

$$\mathbf{e}_{e,x} : \frac{0.00}{\quad} \text{ mm}$$

$$\mathbf{e}_{e,y} : \frac{66.62}{\quad} \text{ mm}$$

En este caso, alguna de las excentricidades  $e_{0,x}, e_{0,y}$  es superior a la mínima.

Donde:

**En el eje x:**

$$e_{min} : \underline{20.00} \text{ mm}$$

**h**: Canto de la sección en el plano de flexión considerado.

$$h : \underline{400.00} \text{ mm}$$

$$e_o : \underline{66.62} \text{ mm}$$

Donde:

**M<sub>d</sub>**: Momento de cálculo de primer orden.

$$M_d : \underline{2.74} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**N<sub>d</sub>**: Esfuerzo normal de cálculo.

$$N_d : \underline{41.14} \text{ kN}$$

**En el eje y:**

$$e_{min} : \underline{20.00} \text{ mm}$$

**h**: Canto de la sección en el plano de flexión considerado.

$$h : \underline{400.00} \text{ mm}$$

$$e_o : \underline{0.00} \text{ mm}$$

Donde:

**M<sub>d</sub>**: Momento de cálculo de primer orden.

$$M_d : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**N<sub>d</sub>**: Esfuerzo normal de cálculo.

$$N_d : \underline{41.14} \text{ kN}$$

### Comprobación del estado limite de inestabilidad

**En el eje x:**

Los efectos de segundo orden pueden ser despreciados, ya que la esbeltez mecánica del soporte  $\lambda$  es menor que la esbeltez límite inferior  $\lambda_{lim}$  indicada en A19.5.8.3.1 - A19.5.8.3.2.

$$\lambda : \underline{18.19}$$

Donde:

**l<sub>o</sub>**: Longitud de pandeo

$$l_o : \underline{2.100} \text{ m}$$

**i<sub>c</sub>**: Radio de giro de la sección de hormigón.

$$i_c : \underline{11.55} \text{ cm}$$

**A<sub>c</sub>**: Área total de la sección de hormigón.

$$A_c : \underline{1600.00} \text{ cm}^2$$

**I**: Inercia.

$$I : \underline{213333.33} \text{ cm}^4$$

$$\lambda_{inf} : \underline{95.02}$$

Donde:

$$A : \underline{0.74}$$

Siendo:

$\varphi_{ef}$ : Coeficiente de fluencia eficaz.

$$\varphi_{ef} : \underline{1.8}$$

$$B : \underline{1.14}$$

Formulación UNE-EN 1992-1-1:2013

Siendo:

$$\omega : \underline{0.15}$$

Donde:

$A_s$ : Área total de refuerzo longitudinal.

$$A_s : \underline{9.05} \text{ cm}^2$$

$A_c$ : Área total de la sección de hormigón.

$$A_c : \underline{1600.00} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Límite elástico de la armadura.

$$f_{yd} : \underline{434.78} \text{ MPa}$$

$f_{cd}$ : Resistencia de cálculo a compresión del hormigón.

$$f_{cd} : \underline{16.67} \text{ MPa}$$

$$C : \underline{0.70}$$

$$n : \underline{0.02}$$

Siendo:

$N_{Ed}$ : Esfuerzo axial de compresión de cálculo.

$$N_{Ed} : \underline{41.14} \text{ kN}$$

### En el eje y:

Los efectos de segundo orden pueden ser despreciados, ya que la esbeltez mecánica del soporte  $\lambda$  es menor que la esbeltez límite inferior  $\lambda_{lim}$  indicada en A19.5.8.3.1 - A19.5.8.3.2.

$$\lambda : \underline{18.19}$$

Donde:

$l_0$ : Longitud de pandeo

$$l_0 : \underline{2.100} \text{ m}$$

$i_c$ : Radio de giro de la sección de hormigón.

$$i_c : \underline{11.55} \text{ cm}$$

$A_c$ : Área total de la sección de hormigón.

$$A_c : \underline{1600.00} \text{ cm}^2$$

$I$ : Inercia.

$$I : \underline{213333.33} \text{ cm}^4$$

$$\lambda_{inf} : \underline{95.02}$$

Donde:

$$A : \underline{0.74}$$

Siendo:

$\varphi_{ef}$ : Coeficiente de fluencia eficaz.

$$\varphi_{ef} : \underline{1.8}$$

$$B : \underline{1.14}$$

Formulación UNE-EN 1992-1-1:2013

Siendo:

$$\omega : \underline{0.15}$$

Donde:

$A_s$ : Área total de refuerzo longitudinal.

$$A_s : \underline{9.05} \text{ cm}^2$$

$A_c$ : Área total de la sección de hormigón.

$$A_c : \underline{1600.00} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Límite elástico de la armadura.

$$f_{yd} : \underline{434.78} \text{ MPa}$$

$f_{cd}$ : Resistencia de cálculo a compresión del hormigón.

$$f_{cd} : \underline{16.67} \text{ MPa}$$

$$C : \underline{0.70}$$

$$n : \underline{0.02}$$

Siendo:

$N_{Ed}$ : Esfuerzo axial de compresión de cálculo.

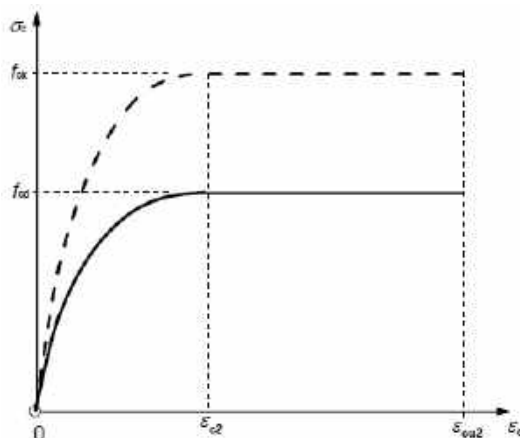
$$N_{Ed} : \underline{41.14} \text{ kN}$$

### Cálculo de la capacidad resistente

El cálculo de la capacidad resistente última de las secciones se efectúa a partir de las hipótesis generales siguientes (Artículo A19.6.1):

- El agotamiento se caracteriza por el valor de la deformación en determinadas fibras de la sección, definidas por los dominios de deformación de agotamiento.
- Las deformaciones del hormigón siguen una ley plana.
- Las deformaciones  $\varepsilon_s$  de las armaduras pasivas se mantienen iguales a las del hormigón que las envuelve.
- Las tensiones en el hormigón comprimido se derivan del diagrama de cálculo tensión-deformación indicado en el apartado A19.3.1.7(1).

El diagrama de cálculo tensión-deformación del hormigón es del tipo parábola rectángulo. No se considera la resistencia del hormigón a tracción.

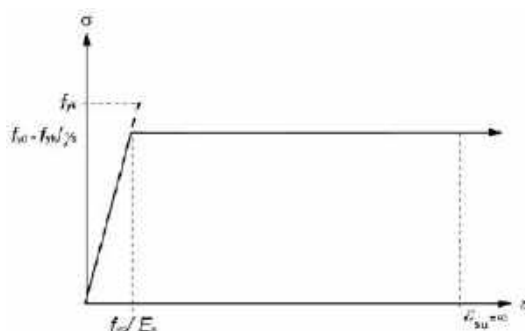


$\epsilon_{cu2}$ : Deformación unitaria última conforme a Tabla A19.3.1.  $\epsilon_{cu2} : \underline{0.0035}$   
 $\epsilon_{c2}$ : Deformación unitaria bajo carga máxima, conforme a Tabla A19.3.1.  $\epsilon_{c2} : \underline{0.0020}$   
 $f_{cd}$ : Resistencia de cálculo a compresión del hormigón.  $f_{cd} : \underline{16.67}$  MPa

Siendo:

$\alpha_{cc}$ : Factor que tiene en cuenta el cansancio del hormigón cuando está sometido a altos niveles de tensión de compresión debido a cargas de larga duración.  $\alpha_{cc} : \underline{1.00}$   
 $f_{ck}$ : Resistencia característica a compresión del hormigón.  $f_{ck} : \underline{25.00}$  MPa  
 $\gamma_c$ : Coeficiente parcial de seguridad para el hormigón.  $\gamma_c : \underline{1.5}$

(e) Las tensiones en las armaduras se obtienen del diagrama dado en: Artículo A19.3.2, Figura A19.3.8



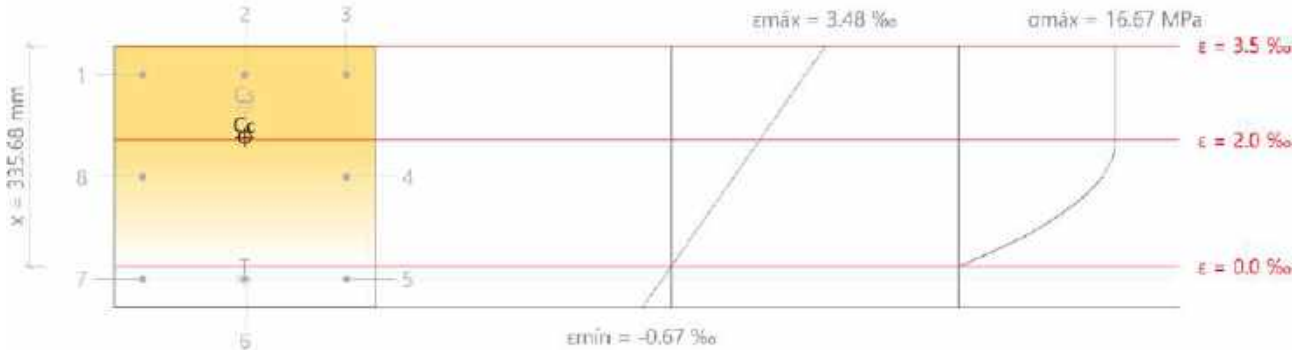
$\epsilon_{su}$ : Deformación unitaria última conforme a Artículo A19.3.2.7(2.b).  $\epsilon_{su} : \underline{0.0100}$   
 $f_{yd}$ : Límite elástico de la armadura.  $f_{yd} : \underline{434.78}$  MPa

Siendo:

$f_{yk}$ : Resistencia característica del acero.  $f_{yk} : \underline{500.00}$  MPa  
 $\gamma_s$ : Coeficiente parcial de seguridad para el acero.  $\gamma_s : \underline{1.15}$

(e) Se aplican a las resultantes de tensiones en la sección las ecuaciones generales de equilibrio de fuerzas y de momentos.

**Equilibrio de la sección para los esfuerzos de agotamiento, calculados con las mismas excentricidades que los esfuerzos de cálculo pésimos:**



Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	$\sigma_s$ (MPa)	$\epsilon$
1	Ø12	-156.00	156.00	+400.00	+0.003026
2	Ø12	0.00	156.00	+400.00	+0.003026
3	Ø12	156.00	156.00	+400.00	+0.003026
4	Ø12	156.00	0.00	+281.52	+0.001408
5	Ø12	156.00	-156.00	-42.17	-0.000211
6	Ø12	0.00	-156.00	-42.17	-0.000211
7	Ø12	-156.00	-156.00	-42.17	-0.000211
8	Ø12	-156.00	0.00	+281.52	+0.001408

	Resultante (kN)	e.x (mm)	e.y (mm)
Cc	1809.46	0.00	60.49
Cs	199.40	0.00	106.18
T	14.31	0.00	-156.00

$N_{Rd}$  : 1994.55 kN

$M_{Rd,x}$  : 132.86 kN·m

$M_{Rd,y}$  : 0.00 kN·m

Donde:

**C<sub>c</sub>**: Resultante de compresiones en el hormigón.

**C<sub>s</sub>**: Resultante de compresiones en el acero.

**T**: Resultante de tracciones en el acero.

**e<sub>cc</sub>**: Excentricidad de la resultante de compresiones en el hormigón en la dirección de los ejes X e Y.

**C<sub>c</sub>** : 1809.46 kN

**C<sub>s</sub>** : 199.40 kN

**T** : 14.31 kN

**e<sub>cc,x</sub>** : 0.00 mm

**e<sub>cc,y</sub>** : 60.49 mm

$e_{cs}$ : Excentricidad de la resultante de compresiones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.

$$e_{cs,x} : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$e_{cs,y} : \underline{106.18} \text{ mm}$$

$e_T$ : Excentricidad de la resultante de tracciones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.

$$e_{T,x} : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$e_{T,y} : \underline{-156.00} \text{ mm}$$

$\epsilon_{cmax}$ : Deformación de la fibra más comprimida de hormigón.

$$\epsilon_{cmax} : \underline{0.0035}$$

$\epsilon_{smax}$ : Deformación de la barra de acero más traccionada.

$$\epsilon_{smax} : \underline{0.0002}$$

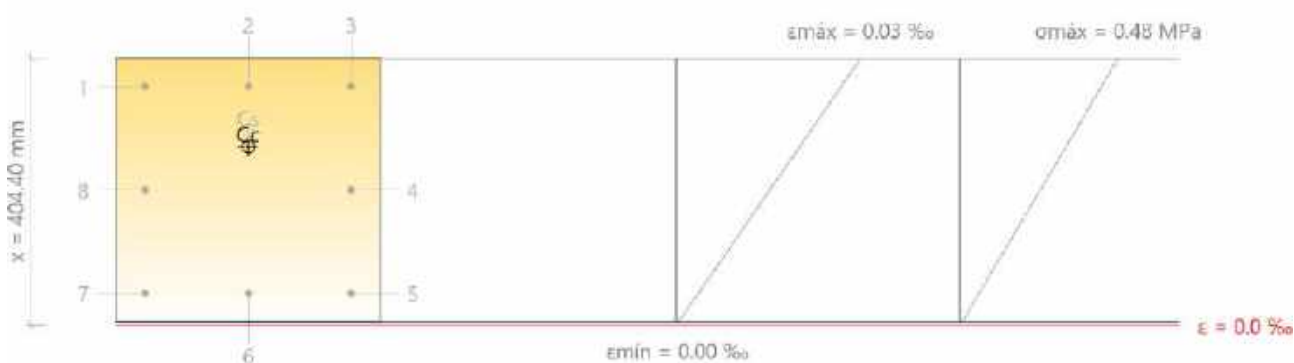
$\sigma_{cmax}$ : Tensión de la fibra más comprimida de hormigón.

$$\sigma_{cmax} : \underline{16.67} \text{ MPa}$$

$\sigma_{smax}$ : Tensión de la barra de acero más traccionada.

$$\sigma_{smax} : \underline{42.17} \text{ MPa}$$

### Equilibrio de la sección para los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos:



Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	$\sigma_s$ (MPa)	$\epsilon$
1	Ø12	-156.00	156.00	+5.12	+0.000026
2	Ø12	0.00	156.00	+5.12	+0.000026
3	Ø12	156.00	156.00	+5.12	+0.000026
4	Ø12	156.00	0.00	+2.90	+0.000015
5	Ø12	156.00	-156.00	+0.69	+0.000003
6	Ø12	0.00	-156.00	+0.69	+0.000003
7	Ø12	-156.00	-156.00	+0.69	+0.000003
8	Ø12	-156.00	0.00	+2.90	+0.000015

	Resultante (kN)	e.x (mm)	e.y (mm)
Cc	38.51	0.00	65.07
Cs	2.63	0.00	89.29
T	0.00	0.00	0.00

$$N_{Ed} : \underline{41.14} \text{ kN}$$

$$M_{Ed,x} : \underline{2.74} \text{ kN}\cdot\text{m}$$



$$M_{Ed,y} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$C_c$ : Resultante de compresiones en el hormigón.

$$C_c : \underline{38.51} \text{ kN}$$

$C_s$ : Resultante de compresiones en el acero.

$$C_s : \underline{2.63} \text{ kN}$$

$T$ : Resultante de tracciones en el acero.

$$T : \underline{0.00} \text{ kN}$$

$e_{cc}$ : Excentricidad de la resultante de compresiones en el hormigón en la dirección de los ejes X e Y.

$$e_{cc,x} : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$e_{cc,y} : \underline{65.07} \text{ mm}$$

$e_{cs}$ : Excentricidad de la resultante de compresiones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.

$$e_{cs,x} : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$e_{cs,y} : \underline{89.29} \text{ mm}$$

$e_T$ : Excentricidad de la resultante de tracciones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.

$$e_T : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$\epsilon_{cmax}$ : Deformación de la fibra más comprimida de hormigón.

$$\epsilon_{cmax} : \underline{0.0000}$$

$\epsilon_{smax}$ : Deformación de la barra de acero más traccionada.

$$\epsilon_{smax} : \underline{0.0000}$$

$\sigma_{cmax}$ : Tensión de la fibra más comprimida de hormigón.

$$\sigma_{cmax} : \underline{0.48} \text{ MPa}$$

$\sigma_{smax}$ : Tensión de la barra de acero más traccionada.

$$\sigma_{smax} : \underline{0.00} \text{ MPa}$$

# **Anejo 8: Estudio de Gestión de Residuos**

## **Proyecto ejecutivo de Planta Solar Fotovoltaica Labrador en el T.M. de Navalcarnero (Madrid)**

**Potencia instalada: 5,00 MWn**

**Potencia pico: 6,291 MWp**

Promotor: **PLANTA FOTOVOLTAICA IMAGESOL, S.L.**

Ingeniería: **Innova Proyectos**

**Marzo 2024**

## ÍNDICE

<b>1. JUSTIFICACIÓN Y ALCANCE.....</b>	<b>3</b>
<b>2. LEGISLACIÓN NACIONAL .....</b>	<b>4</b>
2.1. RESIDUOS .....	4
2.2. VERTIDOS.....	4
2.3. EMISIONES .....	5
2.4. GENERAL .....	6
<b>3. DEFINICIONES.....</b>	<b>6</b>
<b>4. CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO.....</b>	<b>10</b>
<b>5. REQUISITOS AMBIENTALES .....</b>	<b>12</b>
5.1. REQUISITOS DE CARÁCTER GENERAL.....	12
5.2. CONDICIONADOS DE LOS ORGANISMOS DE LA ADMINISTRACIÓN .....	13
5.3. ÁREAS DE ALMACENAMIENTO TEMPORAL O DE TRASIEGO DE COMBUSTIBLE .....	13
5.4. CAMBIOS DE ACEITES Y GRASAS.....	13
5.5. CAMPAMENTO DE OBRA.....	13
5.6. GESTIÓN DE RESIDUOS .....	14
5.7. INCIDENTES CON CONSECUENCIAS AMBIENTALES .....	14
5.8. REQUISITOS ESPECÍFICOS PARA LA OBRA CIVIL .....	14
5.9. ACONDICIONAMIENTO FINAL DE LA OBRA .....	14
<b>6. RESIDUOS GENERADOS EN LA OBRA .....</b>	<b>15</b>
<b>7. MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MINIMIZACIÓN DE LOS RESIDUOS A GENERAR.....</b>	<b>16</b>
<b>8. REUTILIZACIÓN, VALORACIÓN O ELIMINACIÓN DE RESIDUOS GENERADOS .....</b>	<b>18</b>
<b>9. MEDIDAS PARA LA SEPARACIÓN DE RESIDUOS .....</b>	<b>21</b>
<b>10. ESTIMACIÓN DE LOS RESIDUOS A GENERAR .....</b>	<b>22</b>
<b>11. PRESCRIPCIONES A INCLUIR EN EL PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS DEL PROYECTO 27</b>	

## 1. Justificación y alcance

El presente Estudio de Gestión de Residuos se realiza en cumplimiento del Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero (B.O.E N.º 38 del 13 de febrero de 2008), por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición. Conforme a su Disposición transitoria única, dicho Real Decreto es de aplicación a aquellos proyectos de obras de titularidad pública cuya aprobación se produzca pasado un año desde la fecha de su entrada en vigor (14 de febrero de 2008).

El citado Real Decreto establece como obligación del productor de residuos la inclusión, en el Proyecto de Ejecución de las obras, de un estudio de gestión de residuos de construcción y demolición con el siguiente contenido:

- Estimación de la cantidad, expresada en toneladas y en metros cúbicos, de los residuos de construcción y demolición que se generarán en la obra, codificados con arreglo a la lista europea de residuos publicada por orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos.
- Medidas para la prevención de residuos en la obra objeto del Proyecto.
- Operaciones de reutilización, valorización o eliminación a que se destinarán los residuos que se generarán en la obra.
- Las medidas para la separación de los residuos en obra. considerando básicamente las fracciones:
  - Hormigón.
  - Ladrillos, tejas, cerámicos.
  - Metal
  - Madera
  - Vidrio
  - Plástico
  - Papel y cartón
- Croquis de las instalaciones previstas para el almacenamiento, manejo, separación y, en su caso, otras operaciones de gestión de los residuos de construcción y demolición dentro de la obra.
- Las prescripciones del Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del Proyecto, en relación con el almacenamiento, manejo, separación y, en su caso, otras operaciones de gestión de los residuos de construcción y demolición dentro de la obra.

- Valoración del coste previsto de la gestión de los residuos de construcción y demolición que formará parte del presupuesto del Proyecto en capítulo independiente.

## 2. Legislación nacional

### 2.1. Residuos

- Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular
- Real Decreto 717/2010 de 28 de mayo, por el que se modifican el Real Decreto 363/1995, de 10 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento sobre clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas y el Real Decreto 255/2003, de 28 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento sobre clasificación, envasado y etiquetado de preparados peligrosos.
- Real Decreto 679/2006, de 2 de junio, por el que se regula la gestión de los aceites industriales usados.
- Real Decreto 110/2015, de 20 de febrero, sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.
- Real Decreto 815/2013, de 18 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento de emisiones industriales y de desarrollo de la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación
- Real Decreto 646/2020, de 7 de julio, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero
- Real Decreto 1055/2022, de 27 de diciembre, de envases y residuos de envases.
- ORDEN de 12 de julio de 2002, por la que se regulan los documentos de control y seguimiento a emplear en la recogida de residuos peligrosos en pequeñas cantidades.
- Legislación específica Autonómica y local.

### 2.2. Vertidos

- Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental.
- Real Decreto 29/2011, de 14 de enero, por el que se modifican el Real Decreto 125/2007, de 2 de febrero, por el que se fija el ámbito territorial de las demarcaciones hidrográficas, y el Real Decreto 650/1987, de 8 de mayo, por el

que se definen los ámbitos territoriales de los Organismos de cuenca y de los planes hidrológicos.

- Real Decreto 9/2005, de 14 de Enero, por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y criterios y estándares para declaración suelos contaminados.
- Real Decreto 2116/1998, de 2 de octubre, por el que se modifica el Real Decreto 509/1996, de 15 de marzo, de desarrollo del Real Decreto-ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas.
- Legislación específica Autonómica y local.

### 2.3. Emisiones

- Real Decreto 100/2011, de 28 de enero, por el que se actualiza el catálogo de actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera y se establecen las disposiciones básicas para su aplicación.
- Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire.
- Ley 13/2010, de 5 de julio, por la que se modifica la Ley 1/2005, de 9 de marzo, por la que se regula el régimen del comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero, para perfeccionar y ampliar el régimen general de comercio de derechos de emisión e incluir la aviación en el mismo.
- LEY 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera. (BOE 16 de noviembre 2007)
- Real Decreto 508/2007, de 20 de abril, por el que se regula el suministro de información sobre emisiones del Reglamento E-PRTR y de las autorizaciones ambientales integradas.
- Real Decreto 1264/2005, de 21 de octubre, por el que se regula la organización y funcionamiento del Registro nacional de derechos de emisión.
- Ley 1/2005, de 9 de Marzo por la que se regula el régimen del Comercio de Derechos de Emisión de gases de efecto invernadero. (BOE 10 de Marzo de 2005).
- Legislación específica Autonómica y local.

## 2.4. General

- Ley 6/2010, de 24 de marzo, de modificación del texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos, aprobado por Real Decreto legislativo 1/2008, de 11 de Enero.
- Ley 10/2006, de 28 de abril, por la que se modifica la Ley 43/2003, de 21 de noviembre, de Montes.
- Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental. (BOE 24 octubre 2007).
- Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Planificación Hidrológica.
- Real Decreto Legislativo 7/2015, de 30 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Suelo y Rehabilitación Urbana.
- Ley 43/2003, de 21 de noviembre, de Montes.
- Real Decreto 815/2013, de 18 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento de emisiones industriales y de desarrollo de la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación.
- Real Decreto 1421/2006, de 1 de diciembre, por el que se modifica el Real Decreto 1997/1995, de 7 de diciembre, por el que se establecen medidas para contribuir a garantizar la biodiversidad mediante la conservación de los hábitats naturales y de la flora y fauna silvestres.
- Ley 27/2006, de 18 de Julio, por la que se regulan los derechos de acceso a la información, de participación pública y de acceso a la justicia en materia de medio ambiente (incorpora las Directivas 2003/4/CE y 2003/35/CE).
- Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental.
- 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 Legislativo 1/2001, de 20 de Julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas. (BOE 24 de Julio de 2001).
- Ley 22/1988, de 28 de Julio, de Costas (BOE 29 de Julio de 1988).
- Legislación específica Autonómica y local.

## 3. Definiciones

- **Residuo:** cualquier sustancia u objeto que su poseedor deseche o tenga la intención o la obligación de desechar.

- **Residuos domésticos:** residuos generados en los hogares como consecuencia de las actividades domésticas. Se consideran también residuos domésticos los similares a los anteriores generados en servicios e industrias.

Se incluyen también en esta categoría los residuos que se generan en los hogares de aparatos eléctricos y electrónicos, ropa, pilas, acumuladores, muebles y enseres, así como los residuos y escombros procedentes de obras menores de construcción y reparación domiciliaria.

Tendrán la consideración de residuos domésticos los residuos procedentes de limpieza de vías públicas, zonas verdes, áreas recreativas y playas, los animales domésticos muertos y los vehículos abandonados.

- **Residuos comerciales:** residuos generados por la actividad propia del comercio, al por mayor y al por menor, de los servicios de restauración y bares, de las oficinas y de los mercados, así como del resto del sector servicios.
- **Residuos industriales:** residuos resultantes de los procesos de fabricación, de transformación, de utilización, de consumo, de limpieza o de mantenimiento generados por la actividad industrial, excluidas las emisiones a la atmósfera reguladas en la Ley 34/2007, de 15 de noviembre.
- **Residuo peligroso:** residuo que presenta una o varias de las características peligrosas enumeradas en el anexo III, y aquél que pueda aprobar el Gobierno de conformidad con lo establecido en la normativa europea o en los convenios internacionales de los que España sea parte, así como los recipientes y envases que los hayan contenido.
- **Aceites usados:** todos los aceites minerales o sintéticos, industriales o de lubricación, que hayan dejado de ser aptos para el uso originalmente previsto, como los aceites usados de motores de combustión y los aceites de cajas de cambios, los aceites lubricantes, los aceites para turbinas y los aceites hidráulicos.
- **Biorresiduo:** residuo biodegradable de jardines y parques, residuos alimenticios y de cocina procedentes de hogares, restaurantes, servicios de restauración colectiva y establecimientos de venta al por menor; así como, residuos comparables procedentes de plantas de procesado de alimentos.
- **Residuo de construcción y demolición:** cualquier sustancia u objeto que, cumpliendo la definición de Residuo de la Ley 7/2022, de 8 de abril, se genere en una obra de construcción o demolición.
- **Residuo inerte:** aquel residuo no peligroso que no experimenta transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas, no es soluble ni combustible, ni reacciona física ni químicamente ni de ninguna otra manera, no es biodegradable, no afecta negativamente a otras materias con las cuales entra en contacto de forma que pueda dar lugar a contaminación del medio ambiente o perjudicar a la salud humana. La lixiviabilidad total, el contenido de



contaminantes del residuo y la ecotoxicidad del lixiviado deberán ser insignificantes, y en particular no deberán suponer un riesgo para la calidad de las aguas superficiales o subterráneas.

- **Obra de construcción o demolición:** Actividad consistente en:
  1. La construcción, rehabilitación, reparación, reforma o demolición de un bien inmueble, tal como un edificio, carretera, puerto, aeropuerto, ferrocarril, canal, presa, instalación deportiva o de ocio, así como cualquier otro análogo de ingeniería civil.
  2. La realización de trabajos que modifiquen la forma o sustancia del terreno o del subsuelo, tales como excavaciones, inyecciones, urbanizaciones u otros análogos, con exclusión de aquellas actividades a las que sea de aplicación la Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de noviembre de 2008, sobre los residuos y por la que se derogan determinadas Directivas.

Se considerará parte integrante de la obra toda instalación que dé servicio exclusivo a la misma, y en la medida en que su montaje y desmontaje tenga lugar durante la ejecución de la obra o al final de la misma, tales como:

- Plantas de machaqueo,
  - Plantas de fabricación de hormigón, grava-cemento o suelo-cemento,
  - Plantas de prefabricados de hormigón,
  - Plantas de fabricación de mezclas bituminosas,
  - Talleres de fabricación de encofrados,
  - Talleres de elaboración de ferralla,
  - Almacenes de materiales y almacenes de residuos de la propia obra y
  - Plantas de tratamiento de los residuos de construcción y demolición de la obra.
- **Obra menor de construcción o reparación domiciliaria:** obra de construcción o demolición en un domicilio particular, comercio, oficina o inmueble del sector servicios, de sencilla técnica y escasa entidad constructiva y económica, que no suponga alteración del volumen, del uso, de las instalaciones de uso común o del número de viviendas y locales, y que no precisa de proyecto firmado por profesionales titulados.
  - **Residuos urbanos o municipales:** los generados en los domicilios particulares, comercios, oficinas y servicios, así como todos aquellos que no tengan la calificación de peligrosos y que por su naturaleza o composición puedan asimilarse a los producidos en los anteriores lugares o actividades.

- **Residuos peligrosos**: aquéllos que figuren en la lista de residuos peligrosos, aprobada en la Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular, así como los recipientes y envases que los hayan contenido. Los que hayan sido calificados como peligrosos por la normativa comunitaria y los que pueda aprobar el Gobierno de conformidad con lo establecido en la normativa europea o en convenios internacionales de los que España sea parte.
- **Prevención**: el conjunto de medidas destinadas a evitar la generación de residuos o a conseguir su reducción, o la de la cantidad de sustancias peligrosas o contaminantes presentes en ellos.
- **Productor de residuos de construcción y demolición**:

La persona física o jurídica titular de la licencia urbanística en una obra de construcción o demolición; en aquellas obras que no precisen de licencia urbanística, tendrá la consideración de productor del residuo la persona física o jurídica titular del bien inmueble objeto de una obra de construcción o demolición.

La persona física o jurídica que efectúe operaciones de tratamiento, de mezcla o de otro tipo, que ocasionen un cambio de naturaleza o de composición de los residuos.

El importador o adquirente en cualquier Estado miembro de la Unión Europea de residuos de construcción y demolición.

- **Poseedor de residuos de construcción y demolición**: la persona física o jurídica que tenga en su poder los residuos de construcción y demolición y que no ostente la condición de gestor de residuos. En todo caso, tendrá la consideración de poseedor la persona física o jurídica que ejecute la obra de construcción o demolición, tales como el constructor, los subcontratistas o los trabajadores autónomos. En todo caso, no tendrán la consideración de poseedor de residuos de construcción y demolición los trabajadores por cuenta ajena.
- **Gestor**: la persona o entidad, pública o privada, que realice cualquiera de las operaciones que componen la gestión de los residuos, sea o no el productor de los mismos.
- **Gestión**: la recogida, el almacenamiento, el transporte, la valorización y la eliminación de los residuos, incluida la vigilancia de estas actividades, así como la vigilancia de los lugares de depósito o vertido después de su cierre.
- **Reutilización**: el empleo de un producto usado para el mismo fin para el que fue diseñado originariamente.
- **Reciclado**: la transformación de los residuos, dentro de un proceso de producción, para su fin inicial o para otros fines.

- **Valorización:** todo procedimiento que permita el aprovechamiento de los recursos contenidos en los residuos sin poner en peligro la salud humana y sin utilizar métodos que puedan causar perjuicios al medio ambiente.
- **Tratamiento previo:** proceso físico, térmico, químico o biológico, incluida la clasificación, que cambia las características de los residuos de construcción y demolición reduciendo su volumen o su peligrosidad, facilitando su manipulación, incrementando su potencial de valorización o mejorando su comportamiento en el vertedero.
- **Eliminación:** todo procedimiento dirigido, bien al vertido de los residuos o bien a su destrucción, total o parcial, realizado sin poner en peligro la salud humana y sin utilizar métodos que puedan causar perjuicios al medio ambiente.
- **Recogida:** toda operación consistente en recoger, clasificar, agrupar o preparar residuos para su transporte.
- **Recogida selectiva:** el sistema de recogida diferenciada de materiales orgánicos fermentables y de materiales reciclables, así como cualquier otro sistema de recogida diferenciada que permita la separación de los materiales valorizables contenidos en los residuos.
- **Almacenamiento:** el depósito temporal de residuos, con carácter previo a su valorización o eliminación, por tiempo inferior a dos años o a seis meses si se trata de residuos peligrosos, a menos que reglamentariamente se establezcan plazos inferiores.
- **Vertedero:** instalación de eliminación que se destine al depósito de residuos en la superficie o bajo tierra.
- **Suelo contaminado:** todo aquél cuyas características físicas, químicas o biológicas han sido alteradas negativamente por la presencia de componentes de carácter peligroso de origen humano, en concentración tal que comporte un riesgo para la salud humana o el medio ambiente, de acuerdo con los criterios y estándares que se establecen en el Real Decreto 9/2005, de 14 de enero, por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados.

#### 4. Características del proyecto

La Planta Solar Fotovoltaica Labrador se localiza en Navalcarnero, término municipal de Madrid, ubicada al noroeste del núcleo urbano de Navalcarnero.

Las coordenadas de referencia de la ubicación de la Planta son las siguientes:

Coordenadas UTM ETRS89 Huso 30	
Zona Este	X: 410.396,36 Y: 4.464.163,15
Zona Oeste	X: 409.332,71 Y: 4.464.731,60

Tabla 1. Coordenadas de emplazamiento

Las parcelas catastrales en las que se ubicará la instalación fotovoltaica son las siguientes:

Municipio	Polígono	Parcela	Área (m2)	Referencia catastral
Navalcarnero	33	149	48.212	28096A033001490000WU
Navalcarnero	33	103	68.756	28096A033001030000WM

Tabla 2. Datos catastrales

La superficie total de las parcelas es 11,69 Ha, cuya superficie ocupada por la instalación fotovoltaica mediante su cerramiento perimetral es de 8,82 Ha, con una longitud de vallado total de 1.789,18 m.

A continuación, se muestra una imagen con la localización del proyecto.

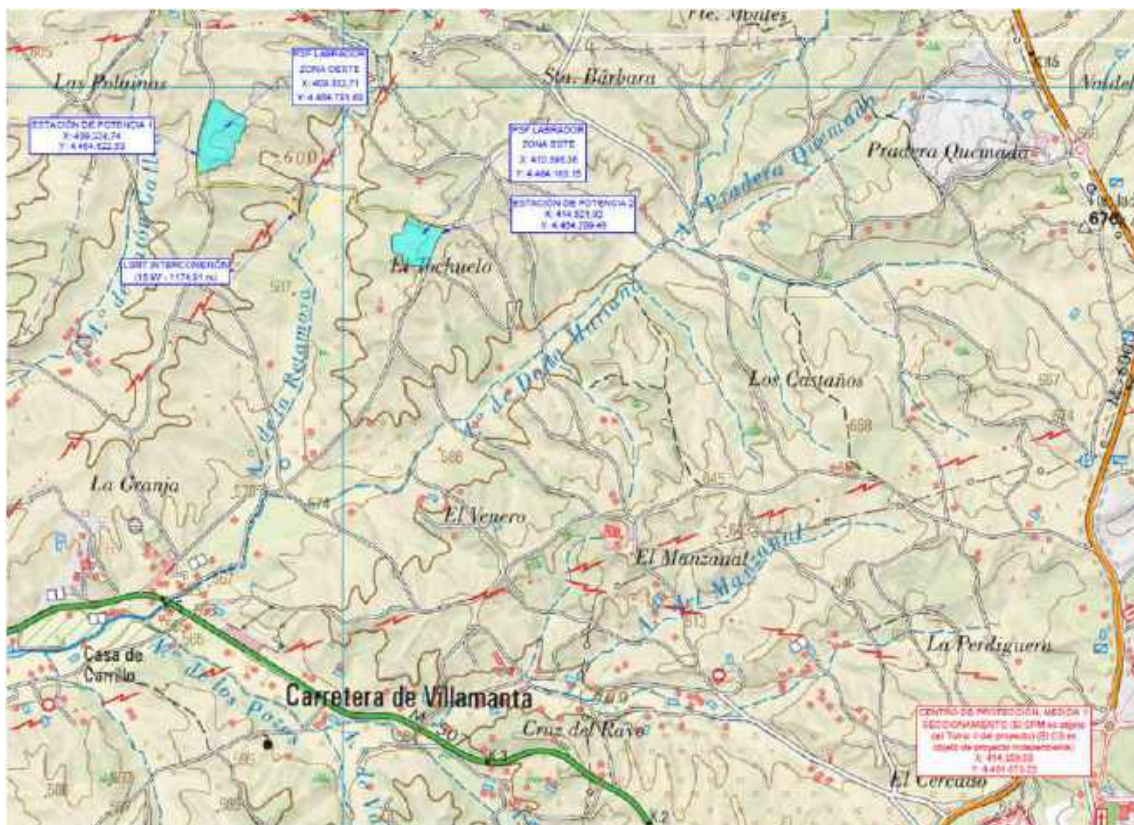


Ilustración 1. Situación

La fase de construcción de la Planta Solar Fotovoltaica consistirá en las siguientes fases:

- Fase 1: Obra Civil

- Preparación de los terrenos.
- Preparación de las instalaciones temporales de obra en la que se ubiquen las casetas y almacenes de las empresas que participarán en la construcción.
- Construcción de los accesos y viales internos.
- Excavaciones de zanjas para cables.
- Cimentación de Estación de potencia.
- Hincado de la estructura soporte de los paneles fotovoltaicos.
- Vallado perimetral de la instalación.
- **Fase 2: Montaje Electromecánico**

Una vez finalizada la obra civil se procederá al montaje de los diversos equipos. La secuencia será: montaje mecánico, eléctrico y de instrumentos.

- **Fase 3: Pruebas y Puesta en Marcha.**

Pruebas necesarias para la correcta ejecución de la Planta.

Destacar las siguientes consideraciones para la minimización de generación de residuos:

- El terreno sobre el que se implantará la Planta tiene una orografía adecuada, por lo que los movimientos de tierras serán mínimos.
- El sistema de hincado de perfiles metálicos para sustentar las estructuras de los paneles fotovoltaicos no precisa de cimentaciones de hormigón.

Con el mismo criterio de eficiencia y minimización de impactos sobre el medio, el hormigón necesario para la obra civil se obtendrá de plantas de hormigón cercanas debidamente autorizadas.

## **5. Requisitos ambientales**

### **5.1. Requisitos de carácter general**

Se contemplará un estricto cumplimiento de los requisitos medioambientales legales que en cada momento establecidos en los distintos ámbitos: europeo, estatal, autonómico y municipal. Las especificaciones ambientales de construcción de líneas aéreas que regirán la ejecución de la obra indicarán todos los requisitos a cumplir en relación a los trabajos.

## 5.2. Condicionados de los organismos de la administración

Durante el proceso de Autorización Administrativa los organismos públicos y entidades que puedan ser afectadas por el desarrollo del proyecto emitirán los condicionados correspondientes que serán aplicados en el desarrollo de la ejecución de la obra.

## 5.3. Áreas de almacenamiento temporal o de trasiego de combustible

Para evitar que las zonas de almacenamiento temporal o de trasiego de combustible se dispongan sobre suelo desnudo o sin mecanismos de retención de posibles derrames, se contará con una bandeja metálica sobre la que se colocaran los recipientes que contengan combustible.

La bandeja será estanca, con un bordillo mínimo de 10 cm y con capacidad igual o mayor que la del mayor de los recipientes que se ubiquen en ella. Será necesario disponer de una lona para tapar la bandeja con el fin de evitar que en caso de lluvia se llene de agua, a no ser que el almacenamiento se realice bajo cubierta.

En el caso de que sea necesario disponer de grupos electrógenos, su tanque de almacenamiento principal deberá tener doble pared y todas las tuberías irán encamisadas. Si no es así se colocarán sobre bandeja estanca de las características anteriormente descritas.

## 5.4. Cambios de aceites y grasas

No se verterán aceites y grasas al suelo, por lo que se tomarán todas las medidas preventivas necesarias.

El cambio de aceites de la maquinaria se realizará en un taller autorizado. Si ello no fuera posible se efectuará sobre el terreno utilizando siempre los accesorios necesarios (recipiente de recogida de aceite y superficie impermeable) para evitar posibles vertidos al suelo.

## 5.5. Campamento de obra

El campamento de obra dispondrá de los contenedores necesarios para los residuos sólidos urbanos que generen las personas que trabajan en la obra.

No serán utilizadas fosas sépticas/pozos filtrantes en la instalación sin autorización de la Confederación Hidrográfica correspondiente. Preferentemente se usarán depósitos estancos de acumulación o de wáter químico, que serán desmontados una vez hayan finalizados los trabajos. El mantenimiento de estos sistemas será el adecuado para evitar olores y molestias en el entorno de los trabajos.

## 5.6. Gestión de residuos

La gestión de los residuos se realizará conforme a la legislación específica vigente. Será según lo establecido en los siguientes documentos:

Estudio de gestión de residuos de construcción y demolición.

Plan de gestión de residuos de construcción y demolición: Entregado por el contratista y aprobado por la dirección facultativa

## 5.7. Incidentes con consecuencias ambientales

Se consideran incidencias medioambientales aquellas situaciones que por su posible afección al medio requieren actuaciones de emergencia.

Los principales incidentes que pueden tener lugar son incendios y fugas/derrames de material contaminante.

El riesgo de incendios viene asociado principalmente al almacenamiento y manipulación de productos inflamables. Se establecerán todas las medidas de prevención de incendios y se prestará especial atención para que los productos inflamables no entren en contacto con fuentes de calor: trabajo de soldaduras, recalentamiento de máquinas, cigarrillos etc. En el lugar de trabajo se contará con los extintores adecuados.

Además de las medidas de prevención de fugas y derrames (descritas en apartados anteriores) se contará en obra con los materiales necesarios para la actuación frente a derrames de sustancias potencialmente contaminantes.

## 5.8. Requisitos específicos para la obra civil

### Limpieza de cubas de hormigonado

Se delimitará y señalizará de forma clara una zona para la limpieza de las cubas de hormigonado para evitar vertidos de este tipo en las proximidades de la obra.

La zona será regenerada una vez finalizada la obra, llevándose los residuos a vertedero controlado y devolviéndola a su estado y forma inicial.

## 5.9. Acondicionamiento final de la obra

Una vez finalizados todos los trabajos se realizará una revisión del estado de limpieza y conservación del entorno de la obra, con el fin de proceder a la recogida de restos de todo tipo que pudieran haber quedado acumulados y gestionarlos adecuadamente.

Se procederá a la rehabilitación de todos los daños ocasionados sobre las propiedades derivados de la ejecución de los trabajos.

Se revisará la situación de todas las servidumbres previamente existentes y el cumplimiento de los acuerdos adoptados con particulares y administración, acometiendo las medidas correctoras que fueran precisas si se detectan carencias o incumplimientos.

Donde sea viable, se restituirá la forma y aspecto originales del terreno.

De forma inmediata a la finalización de la obra y en el caso que sea necesario, se revegetarán las superficies desprovistas de vegetación que pudieran estar expuestas a procesos erosivos y si así se ha definido, se realizarán los trabajos de integración paisajística de la instalación.

## **6. Residuos generados en la obra**

Según la Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular, los residuos se clasifican mediante códigos de seis cifras denominados códigos LER. A continuación, se enumeran los residuos con su código LER que se pueden generar en una obra de estas características:

### **Tierras limpias y materiales pétreos. 17.05.04**

Procedentes del movimiento de tierras necesario para realizar las zanjas, las cimentaciones, nivelaciones de terreno, etc.

#### **Residuos de Construcción y Demolición (RCD) de naturaleza pétreo:**

- 17.01.01. Hormigón.
- 17.01.02. Ladrillos.
- 17.09.04. Residuos mezclados de construcción que no contengan sustancias peligrosas.

#### **RCD de naturaleza no pétreo:**

- 17.02.01 Madera. Incluye los restos de corte, de encofrado, etc.
- 17.02.03 Plásticos
- 17.04.05. Hierro y acero. Incluye las armaduras de acero o restos de estructuras metálicas, restos de paneles de encofrado, etc.
- 17.04.11. Cables que no contienen hidrocarburos, alquitrán de hulla u otras sustancias peligrosas.

#### **Otros residuos:**



### Residuos peligrosos:

- 15.02.02 Absorbentes contaminados. Principalmente serán trapos de limpieza contaminados.
- 15.01.11 Aerosoles
- 15.01.10. Envases vacíos de metal o plástico contaminados.
- 20.01.01. Papel y cartón. Incluye restos de embalajes, etc.
- 20.01.39. Plásticos. Material plástico procedente de envases y embalajes de equipos.
- 20.03.01. Residuos sólidos urbanos (RSU) o asimilables a urbanos. Principalmente son los generados por la actividad en vestuarios, casetas de obra, etc.

## **7. Medidas de prevención y minimización de los residuos a generar**

Las medidas de prevención de residuos en la obra están basadas en fomentar, por este orden, su prevención, reutilización, reciclado y otras formas de valorización, asegurando que los destinados a operaciones de eliminación reciban un tratamiento adecuado, y contribuir a un desarrollo sostenible de la actividad de construcción. Se van a establecer medidas aplicables en las siguientes actividades de la obra:

- Adquisición de materiales
- Comienzo de la obra
- Puesta en obra
- Almacenamiento en obra

A continuación, se describen cada una de estas medidas:

- **Medidas de minimización en la adquisición de materiales.**
  - La adquisición de materiales se realizará ajustando la cantidad a las mediciones reales de obra, ajustando lo máximo las mismas, para evitar la aparición de excedentes de material al final de la obra.
  - Se requerirá a las empresas suministradoras a que reduzcan al máximo la cantidad y volumen de embalajes. Se solicitará a los proveedores que el suministro en obra se realice con la menor cantidad de embalaje posible, renunciando a los aspectos decorativos superfluos.
  - Se primará la adquisición de materiales reciclables frente a otros de mismas prestaciones, pero de difícil o imposible reciclado.

- El suministro de los elementos metálicos y sus aleaciones se realizará con las cantidades mínimas y estrictamente necesarias para la ejecución de la fase de la obra correspondiente.
- Los suministros se adquirirán en el momento que la obra los requiera, de este modo, y con unas buenas condiciones de almacenamiento, se evitará que se estropeen y se conviertan en residuos.
- **Medidas de minimización en el comienzo de las obras**
  - Se realizará una planificación previa a las excavaciones y movimiento de tierras para minimizar la cantidad de sobrantes por excavación y posibilitar la reutilización de la tierra en la propia obra o emplazamientos cercanos.
  - Se destinarán unas zonas determinadas al almacenamiento de tierras y de movimiento de maquinaria para evitar compactaciones excesivas del terreno.
  - El personal tendrá una formación adecuada respecto al modo de identificar, reducir y manejar correctamente los residuos que se generen según el tipo.
- **Medidas de minimización en la puesta en obra**
  - En caso de excavaciones, éstas se ajustarán a las dimensiones específicas del Proyecto, atendiendo a las cotas marcadas en los planos constructivos.
  - En el caso de sobrantes de hormigón, se utilizarán en las partes de la obra que se prevea para estos casos como hormigón de limpieza, bases, rellenos, etc.
  - Se vaciarán por completo los recipientes que contengan los productos antes de su limpieza o eliminación, especialmente si se trata de residuos peligrosos.
  - En la medida de lo posible, se favorecerá la elaboración de productos en taller frente a los realizados en la propia obra, que habitualmente generan mayor cantidad de residuos.
  - Se evitará el deterioro de aquellos envases o soportes de materiales que puedan ser reutilizados como los palés, para poder ser devueltos al proveedor.
  - Se evitará la producción de residuos de naturaleza pétreo (grava, hormigón, arena, etc.) ajustando previamente lo máximo posible los volúmenes de materiales necesarios.
  - Los medios auxiliares y embalajes de madera procederán de madera recuperada y se utilizarán tantas veces como sea posible, hasta que estén deteriorados. En ese momento se separarán para su reciclaje o tratamiento

posterior. Se mantendrán separados del resto de residuos para que no sean contaminados.

- Los encofrados se reutilizarán tantas veces como sea posible.
- Los perfiles y barras de las armaduras deben de llegar a la obra con las medidas necesarias, listas para ser colocadas, y a ser posible, dobladas y montadas. De esta manera no se generarán residuos de obra. Para reutilizarlos, se preverán las etapas de obras en las que se originará más demanda y en consecuencia se almacenarán.
- En el caso de piezas o materiales que vengan dentro de embalajes, se abrirán los embalajes justos para que los sobrantes queden dentro de sus embalajes. Además, respecto a los embalajes y los plásticos la opción preferible es la recogida por parte del proveedor del material. En cualquier caso, no se ha de quitar el embalaje de los productos hasta que no sean utilizados, y después de usarlos, se guardarán inmediatamente.
- Medidas de minimización del almacenamiento en obra
  - Se almacenarán los materiales correctamente para evitar su deterioro y transformación en residuo.
  - Se ubicará un espacio como zona de corte para evitar dispersión de residuos y aprovechar, siempre que sea viable, los restos de ladrillos, bloques de cemento, etc.
  - Se designarán las zonas de almacenamiento de los residuos, y se mantendrán señalizadas correctamente.
  - Se realizará una clasificación correcta de los residuos según se haya establecido en el estudio y plan previo de gestión de residuos.
  - Se realizará una vigilancia y seguimiento del correcto almacenamiento y gestión de los residuos.

En caso de que se adopten otras medidas para la optimización de la gestión de los residuos de la obra se le comunicará al director de obra para su conocimiento y aprobación. Estas medidas no supondrán menoscabo de la calidad de la obra.

## **8. Reutilización, valoración o eliminación de residuos generados**

A continuación, se describe cuál va a ser la gestión de los residuos que se pueden generar en este tipo de obra. Se muestra una tabla con los destinos y tratamiento de cada uno de ellos:

<b>Código LER</b>	<b>Residuo</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Destino</b>
17 01 01	Hormigón	Reciclado / vertedero	Planta reciclaje RCD / vertedero de RCD
17 01 02	Ladrillos	Reciclado / vertedero	Planta reciclaje RCD / vertedero de RCD
17 05 04	Tierras y piedras distintas de las especificadas en el código 17 05 03	Sin tratamiento específico	Restauración / vertedero
17 04 05	Metales: hierro y acero	Valorización	Reciclaje o recuperación de metales y de compuestos metálicos
17 09 04	Residuos mezclados de construcción/demolición que no contengan sustancias peligrosas	Reciclado / vertedero	Planta reciclaje RCD / vertedero de RCD
17 02 01	Madera	Reciclado/Valorización	Planta de reciclaje/ Planta de valorización energética
17 02 03	Plástico	Reciclado/Valorización	Planta de reciclaje RCD/ vertedero RCD
17 04 11	Cables que no contienen hidrocarburos, alquitrán de hulla u otras sustancias peligrosas.	Valorización	Reciclaje o recuperación de metales y de compuestos metálicos
20 01 39	Envases de plástico	Recogida mediante sistema integrado de gestión (SIG)	Planta de reciclaje
20 01 01	Envases de papel y cartón	Recogida mediante sistema integrado de gestión (SIG)	Planta de reciclaje
20 03 01	Mezcla de residuos municipales	Valorización/eliminación	Planta de tratamiento vertedero
15 02 02	Absorbentes contaminados. Principalmente serán trapos de limpieza contaminados.	Según gestor autorizado	Gestor autorizado

Código LER	Residuo	Tratamiento	Destino
15 01 11	Aerosoles	Según gestor autorizado	Gestor autorizado
15 01 10	Envases vacíos de metal o plástico contaminados.	Según gestor autorizado	Gestor autorizado

Tabla 3. Destino y tratamiento de los residuos

Cada residuo será almacenado en la obra según su naturaleza, y se depositará en el lugar destinado a tal fin, según se vaya generando.

- Los residuos no peligrosos se almacenarán temporalmente en contenedores metálicos o sacos industriales según el volumen generado previsto, en la ubicación previamente designada.
- También se depositarán en contenedores o en sacos independientes los residuos valorizables como metales o maderas para facilitar su posterior gestión.
- Todos los contenedores o sacos industriales que se utilicen en las obras tendrán que estar identificados según el tipo de residuo o residuos que van a contener. Estos contenedores tendrán que estar marcados además con el titular del contenedor, su razón social y su código de identificación fiscal, además del número de inscripción en el registro de transportistas de residuos. El responsable de la obra adoptará medidas para evitar que se depositen residuos ajenos a la propia obra.
- Los residuos sólidos urbanos (RSU) se recogerán en contenedores específicos para ello, se ubicarán donde determine la normativa municipal. Se puede solicitar permiso para el uso de contenedores cercanos o contratar el servicio de recogida con una empresa autorizada por el ayuntamiento.
- Los residuos cuyo destino sea el depósito en vertedero autorizado deberán ser trasladados y gestionados según marca la legislación.
- Los residuos peligrosos que se generen en la obra se almacenarán en recipientes cerrados y señalizados, bajo cubierto. El almacenamiento se realizará siguiendo la normativa específica de residuos peligrosos, es decir, se almacenarán en envases convenientemente identificados especificando en su etiquetado el nombre del residuo, código LER, nombre y dirección del productor y pictograma de peligro. Serán gestionados posteriormente mediante gestor autorizado de residuos peligrosos.
- Se deberá tener constancia de las autorizaciones de los gestores de los residuos, de los transportistas y de los vertederos.

## 9. Medidas para la separación de residuos

En la lista anterior puede apreciarse que la mayor parte de los residuos que se generarán en la obra son de naturaleza NO peligrosa.

Con respecto a las moderadas cantidades de residuos contaminantes o peligrosos procedentes de restos de materiales o productos industrializados, así como los envases desechados de productos contaminantes o peligrosos, se tratarán con precaución y preferiblemente se retirarán de la obra a medida que su contenido haya sido utilizado.

Las medidas de prevención y minimización de residuos consideradas en este Proyecto son las siguientes:

- Todas las tierras sobrantes no contaminadas serán entregadas a gestor autorizado situado próximo a la localización de la obra.
- Se deberá requerir a los suministradores de materiales que retiren de las obras todos aquellos elementos de transporte o embalaje de sus materiales que sean reutilizables (pallets, contenedores de plantaciones, cajas de madera, etc.).

El Constructor se encargará de almacenar separadamente estos residuos hasta su entrega al “gestor de residuos” correspondiente y, en su caso, especificará en los contratos con los subcontratistas la obligación que éstos contraen de retirar de la obra todos los residuos y envases generados por su actividad, así como de responsabilizarse de su gestión posterior.

Los residuos de la misma naturaleza o similares deberán ser almacenados en los mismos contenedores para facilitar su gestión. Conforme al artículo 5 del R.D 105/2008, los residuos de construcción y demolición deberán separarse en las siguientes fracciones cuando, de forma individualizada para cada una de dichas fracciones, la cantidad prevista de generación para el total de la obra supere las siguientes cantidades:

- Hormigón: 80 t
- Ladrillos, tejas y cerámicos: 40 t
- Metal: 2 t
- Madera: 1 t
- Vidrio: 1 t
- Plástico: 0,5 t
- Papel y cartón: 0,5 t

Considerando la generación de residuos estimada, se realizará una segregación exhaustiva de los materiales, separándose según su naturaleza en las siguientes categorías:

- Los hormigones y las tierras y piedras se cargarán directamente sobre camión para su envío a gestor autorizado, no precisándose contenedores fijos en las obras para dichos residuos.

- Para el resto de los materiales de obra se dispondrán diferentes contenedores dependiendo su tipología y capacidad del material que vayan a almacenar.
- Los residuos sólidos urbanos se segregarán en las fracciones establecidas en la recogida municipal de dichos residuos, contándose en todo caso con un contenedor para envases, un contenedor para fracción resto y un contenedor de papel y cartón.

Todos los contenedores estarán debidamente señalizados indicándose el tipo de residuo para el cual está destinado. El área destinada a la ubicación de los contenedores deberá ser señalizada y delimitada mediante vallado flexible temporal. Los bidones de residuos peligrosos permanecerán cerrados y fuera de las zonas de movimiento habitual de maquinaria para evitar derrames o pérdidas por evaporación, deberán además situarse en zonas protegidas de temperaturas excesivas y del fuego. Los residuos peligrosos no podrán permanecer más de 6 meses en las obras sin proceder a su retirada por gestor autorizado.

## **10. Estimación de los residuos a generar**

Los trabajos de construcción de una obra dan lugar a una amplia variedad de residuos.

Previamente al inicio de los trabajos es necesario estimar el volumen de residuos que se producirán, organizar las áreas y los contenedores de segregación y recogida de los residuos, e ir adaptando dicha logística a medida que avanza la ejecución de los trabajos.

Antes de que se produzcan los residuos, hay que estudiar su posible reducción, reutilización y reciclado.

Atendiendo a las características del proyecto de la Planta Solar Fotovoltaica, así como del emplazamiento, todos los residuos generados serán de obra nueva, no existiendo residuos de demolición de obras o instalaciones preexistentes.

Se ha realizado la siguiente agrupación de residuos según la siguiente tipología:

- Tipo I. Residuos vegetales procedentes del desbroce y/o acondicionamiento del terreno.
- Tipo II. Tierras y pétreos de la excavación.
- Tipo III. Residuos inertes de naturaleza pétreo resultantes de la ejecución de la obra (ni tierras, ni pétreos de la excavación).
- Tipo IV. Residuos de naturaleza no pétreo resultantes de la ejecución de la obra.
- Tipo V. Residuos potencialmente peligrosos y otros.

Esta tipología se ha establecido para este Proyecto concreto, pudiendo variar para otros proyectos y emplazamientos.

A continuación, se describen las diferentes tipologías de residuos que se han establecido.

### **Tipo I. Residuos Vegetales Procedentes del Desbroce y/o Acondicionamiento del Terreno**

La primera labor de obra consistirá en el desbroce de los terrenos en las áreas de actuación. La vegetación afectada, corresponde en su totalidad a un porte herbáceo. Es posible, bien sea porque no pueda ser valorizado en su totalidad, o bien, la época no sea la adecuada para su reincorporación al terreno por riesgo de incendio, que deba ser retirada a vertedero.

### **Tipo II. Tierras y Pétreos de la Excavación**

Son residuos generados en el transcurso de las obras, siendo resultado de los excedentes de excavación de los movimientos de tierra generados en las mismas. Así, se trata de las tierras y materiales pétreos, no contaminados, procedentes de obras de excavación.

El terreno sobre el que se implantará la Planta tiene una orografía adecuada, por lo que no hará falta realizar movimientos de tierras significativos para la explanación.

En el Proyecto del que es objeto el presente estudio se ha considerado la reutilización de parte de las tierras procedentes de la excavación de las zanjas y de los centros de transformación. Se aprovecharán al máximo estas tierras de excavación en la creación de terraplenes y de caminos cuando sea requerido. Lo que no sea posible reutilizar se enviará a graveras de la zona o a vertederos.

### **Tipo III. Residuos Inertes de Naturaleza Pétreo Resultantes de la Ejecución de la Obra (ni tierras, ni pétreos de la excavación)**

Dentro de este tipo se han incluido los residuos generados principalmente en las actividades propias del sector de la construcción relativos a la obra civil, tales como gravas, arenas, restos de hormigones y bloques de hormigón, ladrillos, y mezclas de los mismos, entre otros.

La solución seleccionada para la instalación de los postes que sustentarán tanto la estructura como los paneles fotovoltaicos es el hincado directo. De esta forma, se generará una menor cantidad de residuo de hormigón.

Este tipo de residuos se almacenan separados del resto y se gestionan como residuo no peligroso por gestor autorizado, siempre y cuando no puedan ser retirados por el contratista y reutilizados en otra obra.

### **Tipo IV. Residuos de Naturaleza no Pétreo Resultantes de la Ejecución de la Obra**



Dentro de esta tipología se han incluido muchos residuos que son reciclables, tales como son la madera, metales, vidrio, papel, etc., si bien se incluyen también otros que son enviados a vertedero o planta de tratamiento, pero inertes.

En función de la cantidad generada, se podrá optar por la reutilización (maderas para encofrado, etc.) o reciclado (metales, vidrio, etc.), siendo el resto gestionados como residuo no peligroso.

### **Tipo V. Residuos Potencialmente peligrosos y otros**

Se han agrupado en este tipo los residuos asimilables a urbanos y los potencialmente peligrosos.

A continuación, se incluye una estimación aproximada de la cantidad de residuos que se podrían generar:

- Residuos vegetales procedentes del desbroce y/o acondicionamiento del terreno
  - 02 01 07 Residuos de la silvicultura: El residuo vegetal generado, correspondiente a los desbroces previstos en la zona de actuación, supondrá la generación de dos tipologías de fracción vegetal:
    - La fracción maderable que será utilizada como leña por la Propiedad, o en su defecto, se considerará su retirada completa a vertedero.
    - La fracción no maderable (follajes y ramilla) que será aprovechada inicialmente a nivel pecuario mediante ramoneo, y por otro lado, la eliminación final que tendrá que ser autorizado por la Administración.

Teniendo en cuenta que el área ocupada por la Planta es de 8,82 ha, y que el área ocupada por la zanja de la línea de interconexión es de 841,51 m<sup>2</sup> y la ocupada por las arquetas es de 34,89 m<sup>2</sup>, y que aproximadamente en un 80% se esperan labores de desbroce además de que se retirará una capa de 0,05 metros, el volumen aproximado generado de residuos es de  $89.376,4 \text{ m}^2 \cdot 80\% \cdot 0,05 \text{ m} = 3.578,04 \text{ m}^3$ .

Debido a este residuo no puede ser valorizado en su totalidad, y, además teniendo en cuenta la época de actuación, no es adecuada su reincorporación al terreno por riesgo de incendio, por tanto, se considera su retirada completa a vertedero.

De este residuo se estima un esponjamiento de 1,3 veces el volumen y una densidad de 0,02 tn/m<sup>3</sup>. De esta manera:

$$\text{RCD VOLUMEN TOTAL} = 3.578,04 \text{ m}^3 \times 1,3 = 4.647,55 \text{ m}^3$$

$$\text{RCD PESO TOTAL} = 4.647,55 \text{ m}^3 \times 0,02 \text{ tn/m}^3 = 92,95 \text{ tn}$$

- Tierras y pétreos procedentes de demolición.
  - Naturaleza pétreo 17 01 02 Ladrillos y 17 01 03 Tejas. Esta partida está incluida en el apartado de obra civil del Proyecto.

- Tierras y pétreos procedentes de excavación.
  - 17 05 04 Tierras limpias y materiales pétreos: Corresponde a las tierras sobrantes de las excavaciones necesarias para las distintas cimentaciones y zanjas.

Considerando un esponjamiento de 1,25 y que el 5% va al vertedero (95% será reutilizado en obra), se gestionarán aproximadamente las siguientes cantidades, considerando una densidad de 1700 kg/m<sup>3</sup>:

$$\text{RCD VOLUMEN TOTAL} = 3.578,04 \text{ m}^3 \times 1,25 \times 5\% = 223,62 \text{ m}^3$$

$$\text{RCD PESO TOTAL} = 223,62 \text{ m}^3 \times 1,7 \text{ tn/m}^3 = 380,16 \text{ tn}$$

- RCD resultantes de la ejecución de la obra.
  - RCD de naturaleza pétreo
    - 17 01 01 Hormigón

El hormigón que se genera como residuo será el sobrante del hormigonado de las cimentaciones de las estaciones de potencia, el cual asciende a 79,96 m<sup>3</sup>.

Siendo el esponjamiento del hormigón de 1,50 veces el volumen y la densidad de 2.400 kg/m<sup>3</sup> y considerando que se produce un residuo del 1%:

$$\text{RCD VOLUMEN TOTAL} = 79,96 \text{ m}^3 \times 1,5 \times 1\% = 1,20 \text{ m}^3$$

$$\text{RCD PESO TOTAL} = 1,20 \text{ m}^3 \times 2,4 \text{ tn/m}^3 = 2,88 \text{ tn}$$

- 17 01 02 Ladrillos

En esta obra no se generará residuos de ladrillos.

- RCD de naturaleza no pétreo
  - 17 02 01 Madera

Puede generarse por su presencia en pallets de entrega de equipos, si bien será retirado por gestor autorizado para su posterior revalorización, por lo cual no genera ningún residuo.

- 17 02 02 Vidrio

Puede generarse si bien será retirado por gestor autorizado para su posterior revalorización, por lo cual no genera ningún residuo.

- 17 02 03 Plásticos. Tubos de PVC

Puede generarse si bien será retirado por gestor autorizado para su posterior revalorización, por lo cual no genera ningún residuo.

- 17 04 05 Hierro y acero

En el caso de generarse este material metálico será retirado por gestor autorizado para su posterior revalorización, por lo cual no genera ningún residuo.

- 17 04 11 Cables sin sustancias peligrosas

Puede generarse si bien será retirado por gestor autorizado para su posterior revalorización, por lo cual no genera ningún residuo.

- Otros residuos:
  - 20 01 01 Papel y cartón

Pueden generarse este tipo de residuos, ya que serán necesarios embalajes de materiales y equipos. En este caso será retirado por gestor autorizado para su posterior reciclaje, por lo cual no genera ningún residuo.

- 20 01 39 Plásticos

Pueden generarse este tipo de residuos, ya que serán necesarios embalajes de materiales y equipos. En este caso será retirado por gestor autorizado para su posterior revalorización, por lo cual no genera ningún residuo.

En esta obra se estima también que podrán generarse residuos peligrosos, por ello se va a considerar una partida para la posible gestión de los mismos, entre ellos:

- Absorbentes contaminados
- Aerosoles vacíos
- Envases vacíos de metal o Plástico contaminado
- Residuos de pintura y barniz que contienen disolventes orgánicos u otras sustancias peligrosas.
- Otros.

En resumen, la estimación de los residuos generados en la Planta, son los siguientes:

Resumen de Residuos Generados Durante la Obra		m <sup>3</sup>	Tn
Residuos vegetales procedentes del desbroce y/o acondicionamiento del terreno	17 05 04 Tierras limpias y materiales pétreos	4.647,55	92,95
Tierras y pétreos procedentes de excavación.	17 05 04 Tierras limpias y materiales pétreos	223,62	380,16
RCD de naturaleza pétreo	17 01 01 Hormigón	1,20	2,88

Tabla 4. Resumen de residuos generados en obra

## **11. Prescripciones a incluir en el pliego de condiciones técnicas del proyecto**

### **• Respetto a las condiciones del poseedor de los residuos**

- Además de las obligaciones previstas en la normativa aplicable, la persona física o jurídica que ejecute la obra estará obligada a presentar a la propiedad de la misma un Plan de Gestión de Residuos. Este Plan reflejará cómo se va a llevar a cabo las obligaciones que le apliquen en relación con los residuos de construcción y demolición que se vayan a producir en la obra. El Plan, una vez aprobado por la dirección facultativa y aceptado por la propiedad, pasará a formar parte de los documentos contractuales de la obra.
- El poseedor de los residuos de construcción y demolición, cuando no proceda a gestionarlos por sí mismo, y sin perjuicio de los requerimientos del proyecto aprobado, estará obligado a entregarlos a un gestor de residuos.
- Los residuos de construcción y demolición se destinarán preferentemente y por este orden, a operación de reutilización, reciclado o a otras formas de valorización y en última instancia a depósito en vertedero.
- Según exige el Real Decreto 105/2008, que regula la producción y gestión de los residuos de construcción y de demolición, el poseedor de los residuos estará obligado a sufragar los correspondientes costes de gestión de los residuos.
- El poseedor de los residuos (contratista) facilitará al productor de los mismos (promotor) toda la documentación acreditativa de que los residuos de construcción y demolición producidos en la obra han sido gestionados en la misma o entregados a instalación de valorización o de eliminación para su tratamiento por gestor de residuos autorizado, en los términos regulados en la normativa y especialmente, en el plan o sus modificaciones. Es decir, acreditación fehaciente y documental que deje constancia del destino final de los residuos reutilizados.
- El poseedor de residuos dispondrá de documentos de aceptación por parte de un gestor autorizado para cada tipo de residuo que se vaya a generar en la obra.
- El gestor de residuos deberá emitir un certificado acreditativo de la gestión de los residuos generados, especificando la identificación del poseedor y del productor, la obra de procedencia, la cantidad y tipo de residuo gestionado codificado con el código LER.
- Cuando dicho gestor únicamente realice operaciones de recogida, almacenamiento, transferencia o transporte, en el documento de entrega al poseedor (contratista) deberá también figurar el gestor de valorización o eliminación posterior al que se destinan los residuos.

- Para el transporte de los residuos peligrosos se completará el Documento de Control y Seguimiento.
- Para el traslado de residuos peligrosos se deberá remitir notificación al órgano competente de la comunidad autónoma en materia medioambiental con al menos diez días de antelación a la fecha del traslado. Si el traslado de los residuos afecta a más de una comunidad autónoma, dicha notificación se realizará al Ministerio de Medio Ambiente.

- **Respecto a la segregación de los residuos:**

La segregación de los residuos es obligatoria en ciertos casos.

- En el caso de Residuos Peligrosos (RP). siempre es obligatorio la separación en origen. No mezclar ni diluir residuos peligrosos con otras categorías de residuos peligrosos ni con otros residuos, sustancias o materiales.
- En el caso de Residuos de Construcción y Demolición (RCD), y según el RD 105/2008, de 1 de febrero, la segregación ha de realizarse siempre que las siguientes fracciones, de forma individualizada para cada fracción, supere las siguientes cantidades:
  - Hormigón: 80 t
  - Ladrillos, tejas, cerámico: 40 t
  - Metal: 2 t
  - Madera: 1 t
  - Vidrio: 1 t
  - Plástico: 0,5 t
  - Papel y cartón: 0,5 t
- Cuando por falta de espacio físico en la obra, no sea posible realizar la segregación en origen, se podrá realizar por un gestor autorizado en una instalación externa a la obra, siempre que el gestor obtenga la Documentación Acreditativa de haber cumplido en nombre del productor con su obligación de segregación
- Los residuos valorizables siempre se van a segregar, y se realizará en contenedores o en acopios que estarán correctamente señalizados para que se puedan almacenar de un modo adecuado.
- El responsable de la obra adoptará las medidas necesarias para evitar el depósito de residuos ajenos a la propia obra, igualmente deberá impedir la mezcla de residuos valorizables con aquellos que no lo son.

- Los contenedores o los sacos industriales para almacenamiento de residuos han de estar en buenas condiciones. En los mismos deberá figurar, de forma visible y legible, la razón social, CIF, teléfono y número de inscripción en el registro de transportistas de residuos.
- Los residuos generados en las casetas de obra producidos en tareas de oficina, vestuarios, comedores, etc. tendrán la consideración de Residuos Sólidos Urbanos y se gestionarán como tal según estipule la normativa reguladora de dichos residuos en el área de obra.
- **En cuanto a la gestión concreta de los residuos no peligrosos:**
  - Según requiere la normativa, se prohíbe el depósito en vertedero de residuos de construcción y demolición que no hayan sido sometidos a alguna operación de tratamiento previo.
  - El poseedor de los residuos estará obligado, mientras se encuentre en su poder, a mantenerlos en las condiciones adecuadas de higiene y seguridad, así como a evitar la mezcla de fracciones ya seleccionadas que impida o dificulte su posterior valorización o eliminación.
  - Se debe asegurar que los transportistas o gestores autorizados que se contraten estén autorizados correctamente dentro de la/s comunidad/es autónoma/s de actuación. Se realizará un estricto control documental de modo que los transportistas y los gestores deberán aportar la documentación de cada retirada y entrega en destino final. Toda esta documentación será recopilada por el poseedor del residuo (contratista) y entregada al productor (promotor) al final de la obra.
  - Las tierras que puedan tener un uso posterior para jardinería o recuperación de suelos degradados serán retiradas y almacenadas durante el menor tiempo posible, en condiciones de altura no superior a 2 metros.
  - El depósito temporal de residuos se realizará en contenedores, sacos o bidones adecuados a la naturaleza y al riesgo de los residuos generados.
  - La duración del almacenamiento de los residuos no peligrosos en el lugar de producción será inferior a 2 años cuando se destinen a valorización y a 1 año cuando se destinen a eliminación.
- **Respecto a la correcta gestión de los residuos peligrosos (RP):**
  - Cualquier persona física o jurídica cuya industria o actividad produzca residuos peligrosos ha de presentar una Comunicación previa al inicio de la actividad en la comunidad autónoma donde se ubique, según la Ley 7/2022, de 8 de abril.
  - Con el objeto de facilitar o mejorar lo dispuesto en el artículo 24, con carácter general, los residuos se recogerán por separado y no se mezclarán con otros residuos u otros materiales con propiedades diferentes y, en el caso de los

residuos peligrosos, se retirarán, antes o durante la valorización, las sustancias, mezclas y componentes peligrosos que contengan estos residuos, con la finalidad de que sean tratados conforme a los artículos 7 y 8 de la Ley 7/2022, de 8 de abril.

- Según el artículo 20 de la Ley 7/2022, de 8 de abril, el productor inicial u otro poseedor de residuos, estará obligado a identificar los residuos, antes de la entrega para su gestión, conforme a lo establecido en el artículo 6 y, en el caso de que sean residuos peligrosos, determinar sus características de peligrosidad.
- El productor inicial u otro poseedor de residuos está obligado a disponer de una zona habilitada e identificada para el correcto almacenamiento de los residuos que reúna las condiciones adecuadas de higiene y seguridad mientras se encuentren en su poder. En el caso de almacenamiento de residuos peligrosos estos deberán estar protegidos de la intemperie y con sistemas de retención de vertidos y derrames.
- La duración máxima del almacenamiento de los residuos peligrosos será de 6 meses (en supuestos excepcionales, la autoridad competente de las comunidades autónomas donde se lleve a cabo dicho almacenamiento, por causas debidamente justificadas y siempre que se garantice la protección de la salud humana y el medio ambiente, podrá modificar este plazo, ampliándolo como máximo otros seis meses).
- En el caso de almacenamiento de residuos peligrosos estos deberán estar protegidos de la intemperie y con sistemas de retención de vertidos y derrames.

Traslado de RP para almacenarlos en otro lugar: Está prohibido transportar los RP fuera de la obra para almacenarlos en otra instalación, aunque sea propia.

Los residuos peligrosos se envasarán con las siguientes condiciones:

- Envasar los residuos peligrosos de conformidad con lo establecido en el artículo 35 del Reglamento (CE) n.º 1272/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2008, sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas, y por el que se modifican y derogan las Directivas 67/548/CEE y 1999/45/CE y se modifica el Reglamento (CE) n.º 1907/2006.
- Los recipientes o envases que contengan residuos peligrosos deberán estar etiquetados de forma clara y visible, legible e indeleble, al menos en la lengua española oficial del Estado. En la etiqueta deberá figurar:
  - El código y la descripción del residuo conforme a lo establecido en el artículo 6, así como el código y la descripción de las características de peligrosidad de acuerdo con el anexo I.

- Nombre, Asignación de Número de Identificación Medioambiental (en adelante «NIMA»), dirección, postal y electrónica, y teléfono del productor o poseedor de los residuos.
- Fecha en la que se inicia el depósito de residuos.
- La naturaleza de los peligros que presentan los residuos, que se indicará mediante los pictogramas descritos en el Reglamento (CE) n.o 1272/2008 del Parlamento y del Consejo, de 16 de diciembre de 2008.

Cuando se asigne a un residuo envasado más de un pictograma, se tendrán en cuenta los criterios establecidos en el artículo 26 del Reglamento (CE) n.o 1272/2008 del Parlamento y del Consejo, de 16 de diciembre de 2008. En la etiqueta se harán constar todos los pictogramas de peligro que se le asignen al residuo, una vez aplicados los criterios mencionados en el apartado anterior.

La etiqueta deberá ser firmemente fijada sobre el envase, debiendo ser anuladas, si fuera necesario, las indicaciones o etiquetas anteriores, de forma que no induzcan a error o desconocimiento del origen y contenido del envase en ninguna operación posterior del residuo.

El tamaño de la etiqueta deberá tener como mínimo las dimensiones de 10 × 10 cm. No será necesaria una etiqueta cuando sobre el envase aparezcan marcadas de forma clara las inscripciones indicadas, siempre y cuando estén conformes con los requisitos exigidos.

- Requisitos generales de traslado (Real Decreto 553/2020, de 2 de junio):
  1. Son requisitos aplicables a todos los traslados de residuos regulados en este real decreto, los siguientes:
    - a) Disponer, con carácter previo al inicio de un traslado, de un contrato de tratamiento según se establece en el artículo 2.h). En el caso de los residuos que se trasladen entre dos instalaciones de tratamiento que sean gestionadas por la misma entidad jurídica, este contrato se podrá sustituir por una declaración de dicha entidad que incluya al menos el contenido especificado en el artículo 5. Quedan excluidas de la suscripción del contrato de tratamiento, las entidades locales que actúan como operadores del traslado, cuando trasladan residuos a sus propias instalaciones de valorización o eliminación.
  - En los traslados de los residuos desde los productores al almacén, previstos en el artículo 2.a).3.º, el contrato de tratamiento se establecerá entre el productor y el gestor del almacén e incluirá la obligación del gestor del almacén de disponer de los contratos de tratamiento oportunos para el adecuado tratamiento de los residuos recogidos, indicándose la operación de tratamiento a la que se someterá en el destino.
  - b) Que los residuos vayan acompañados de un documento de identificación desde el origen hasta su recepción en la instalación de destino.



2. Además de los requisitos establecidos en el apartado anterior, quedan sometidos al requisito de notificación previa al traslado

a) Los traslados de residuos, peligrosos y no peligrosos, destinados a eliminación;

b) Los traslados de residuos peligrosos, de residuos domésticos mezclados identificados con el código LER 20 03 01 y los que reglamentariamente se determinen, destinados a valorización.

3. Quedan excluidos del requisito de notificación previa, los traslados de residuos destinados expresamente a análisis de laboratorio para evaluar sus características físicas o químicas o para determinar su idoneidad para operaciones de valorización o eliminación, aunque deberán ir acompañados del documento de identificación indicado en el anexo III. La cantidad de tales residuos, se determinará en función de la cantidad mínima que sea razonablemente necesaria para hacer el análisis en cada caso.

4. En el caso de que el traslado sea de residuos que tengan la consideración de mercancía peligrosa, el transporte se realizará de acuerdo con la legislación vigente en materia de transporte de mercancías peligrosas por carretera, ferrocarril, vía aérea o vía marítima.

El contrato de tratamiento de residuos contendrá los siguientes aspectos:

a) Identificación de la instalación de origen de los residuos y de la instalación de destino de los traslados.

b) Cantidad de residuos a trasladar.

c) Identificación de los residuos mediante su codificación LER.

d) Periodicidad estimada de los traslados.

e) Tratamiento al que se van a someter los residuos, de conformidad con los anexos I y II de la Ley 22/2011, de 28 de julio.

f) Cualquier otra información que sea relevante para el adecuado tratamiento de los residuos.

g) Condiciones de aceptación de los residuos.

h) Obligaciones de las partes en relación con la posibilidad de rechazo de los residuos por parte del destinatario (devolución a origen o traslado a otra planta de tratamiento).

Además de ello, se establecen los siguientes condicionantes:

- En el caso de los traslados de residuos que requieran notificación previa, antes de iniciar el traslado, el operador cumplimentará el documento de identificación en los términos del anexo I (apartados 1 a 9) y de acuerdo con las previsiones

del contrato de tratamiento. A continuación, el operador lo presentará, antes de iniciarse el traslado, a la comunidad autónoma de origen, que lo remitirá a «eSIR» para incorporarlo al repositorio de traslados. El operador entregará una copia en formato digital o en papel del documento presentado al transportista para la identificación de los residuos durante el traslado y «eSIR» distribuirá una copia a la comunidad autónoma de destino y al gestor de la instalación de destino.

- Cuando los residuos lleguen a la instalación de destino, el gestor de la instalación entregará al transportista una copia del documento de identificación firmado por el gestor de esa instalación, en el que se hará constar la fecha de entrega de los residuos y la cantidad recibida. El transportista incorporará esta información a su archivo cronológico y conservará la copia del documento de identificación durante, al menos, tres años.
- El gestor de la instalación de destino dispondrá, como máximo, de un plazo de treinta días desde la entrega de los residuos para remitir al órgano competente de la comunidad autónoma de destino el documento de identificación firmado por el gestor de dicha instalación. El documento de identificación se cumplimentará con la información relativa a la aceptación del residuo de conformidad con el anexo I apartado 10, incluyendo la fecha de aceptación o rechazo del residuo. La comunidad autónoma de destino lo remitirá a «eSIR» para su incorporación al repositorio de traslados. El sistema de información «eSIR» enviará a la comunidad autónoma de origen una copia de este documento de identificación y una copia del mismo en formato pdf con el código seguro de verificación al gestor de la instalación de destino y este último lo remitirá al operador.
- El operador del traslado y el gestor que interviene en el traslado incorporarán la información a su archivo cronológico y conservarán una copia del documento de identificación en el que conste la entrega y la aceptación de los residuos, durante, al menos, tres años.

El coste de ejecución material del Estudio de Gestión de Residuos en el proyecto será de 6.000 €.

El resumen de la documentación que se generará en la gestión de residuos peligrosos será la siguiente:

Fase	Documentación	Legislación
Inicio de obra	Plan de Gestión de Residuos	
	Comunicación previa al inicio de la actividad (NIMA)	Ley 7/2022, de 8 de abril (art.35)
Fase de obra	Datos Gestor de Residuos Peligrosos	
	Datos transportista de Residuos Peligrosos	
	Registro de control interno de la gestión y almacenamiento de residuos peligrosos	Ley 7/2022, de 8 de abril (art.21)
	Documentación de Aceptación *	
	Documentos de Control y Seguimiento durante el traslado	Ley 7/2022, de 8 de abril (art.31)
	Comunicación traslado de RP	RD. 553/2020
	Hoja de control de Pequeñas cantidades de residuos	Orden 12 de julio de 2002

Tabla 5. Documentación

Se deben guardar durante un mínimo de 3 años.

En Córdoba, Marzo de 2024

El Ingeniero Técnico Superior

El Ingeniero Industrial

## **Anejo 9: Cronograma**

# **Proyecto ejecutivo de Planta Solar Fotovoltaica Labrador en el T.M. de Navalcarnero (Madrid)**

**Potencia instalada: 5,00 MWn  
Potencia pico: 6,291 MWp**

Promotor: **PLANTA FOTOVOLTAICA IMAGESOL, S.L.**

Ingeniería: **Innova Proyectos**

**Marzo 2024**

## ÍNDICE

<b>1. CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN.....</b>	<b>3</b>
--	----------

1. Cronograma de ejecución

#	SEMANA	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4				MES 5				MES 6				MES 7				MES 8			
		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>1</b>	<b>Trabajos Previos</b>	■	■	■	■	■																											
1.1	Ingeniería de detalle	■	■	■	■																												
1.2	Desbroce					■	■																										
1.3	Vallado perimetral					■	■																										
<b>2</b>	<b>Obra Civil</b>					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																
2.1	Acceso principal					■	■	■	■	■	■	■	■																				
2.2	Viales internos									■	■	■	■																				
2.3	Sistema de drenaje									■	■	■	■																				
2.4	Zanjas MT y BT									■	■	■	■	■	■	■	■																
<b>3</b>	<b>Instalación Mecánica y Eléctrica</b>									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■												
3.1	Montaje de seguidores									■	■	■	■	■	■	■	■																
3.2	Montaje de módulos FV									■	■	■	■	■	■	■	■																
3.3	Instalación eléctrica de BT													■	■	■	■	■	■	■	■												
3.4	Estaciones de potencia e inversores													■	■	■	■																
3.5	Instalación eléctrica de MT													■	■	■	■																
3.6	Sistema de monitorización y control																	■	■	■	■												
3.7	Sistema de seguridad y videovigilancia																	■	■	■	■												
<b>4</b>	<b>Puesta en Marcha</b>																					■	■	■	■	■	■	■	■				
4.1	Pruebas en frío																					■	■	■	■	■	■	■	■				
4.2	Puesta en marcha																									■	■	■	■				
4.3	Pruebas en caliente																									■	■	■	■				

En Córdoba, Marzo de 2024

El Ingeniero Técnico Superior

El Ingeniero Industrial

# **Anejo 10: Desmantelamiento**

## **Proyecto ejecutivo de Planta Solar Fotovoltaica Labrador en el T.M. de Navalcarnero (Madrid)**

**Potencia instalada: 5,00 MWn  
Potencia pico: 6,291 MWp**

Promotor: **PLANTA FOTOVOLTAICA IMAGESOL, S.L.**

Ingeniería: **Ingnova Proyectos**

**Marzo 2024**

## ÍNDICE

<b>1.</b>	<b>PLAN DE DESMANTELAMIENTO .....</b>	<b>3</b>
1.1.	DESCONEXIÓN DE LA RED ELÉCTRICA .....	3
1.2.	DESMANTELAMIENTO .....	4
1.3.	MEDIDAS CORRECTORAS Y RESTAURACIÓN PAISAJÍSTICA .....	6
1.4.	GESTIÓN DE RESIDUOS.....	7
1.5.	PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD .....	7
1.6.	PRESUPUESTO .....	8



## 1. Plan de desmantelamiento

En esta sección se describe el Plan de Desmantelamiento de la Planta que se realizará una vez cese la actividad de la Instalación. A efectos de este Proyecto se establece un mínimo de 30 años como la vida útil de la Planta desde su puesta en servicio.

El desmantelamiento implica dejar el terreno ocupado por la Planta Fotovoltaica en su estado original. Todos los elementos constituyentes de la Planta serán desmontados o demolidos y todos los escombros retirados a un vertedero autorizado, favoreciendo el reciclaje de los diferentes materiales que componen el Proyecto.

El plazo de ejecución de las actuaciones previstas en el Plan de Desmantelamiento será de seis meses.

Con el fin de que las operaciones de desmantelamiento se realicen de forma segura, se comenzará con la desconexión eléctrica de la Planta, para proceder de forma segura al desmontaje de los equipos y conexiones eléctricas, continuando con las mecánicas y con la demolición de las obras civiles, terminando con las operaciones de restitución del suelo sus condiciones originales previas a la construcción de la Planta.

A continuación, se describen las labores de desmantelamiento de las instalaciones que componen la Planta Fotovoltaica, el tratamiento de los residuos generados y la restauración de los terrenos ocupados por la misma, así como la valoración de los costes de dichas labores.

### 1.1. **Desconexión de la Red Eléctrica**

Una vez que la Planta finalice su actividad y antes de proceder al desmantelamiento de las instalaciones, se procederá al desconexión de la Planta de la red eléctrica. Lo que se realizará en las siguientes fases.

- Desconexión de la red de media tensión: Se procederá a la desconexión de la LSMT de la Planta, quedando por tanto aislada de la misma. Esta acción se realizará a nivel del Centro de Protección y medida. Para ello se procederá a:
  - Aislamiento de la Planta mediante apertura de líneas en el Centro de Protección y medida y la estación de potencia.
  - Retirada de los conductores de media tensión correspondientes al entronque.

Los conductores y demás materiales sobrantes serán almacenados para su entrega a gestor autorizado para su reciclaje.

- Desconexión de la red interna subterránea de media tensión: Se realizará a nivel de la estación de potencia.
  
- Desconexión de la red de baja tensión:
  - Desconexión de los inversores mediante interruptores.
  - Desconexión de los ramales de los módulos mediante interruptores seccionadores.
  - Desconexión del cableado que une los módulos en serie.
  - Desmantelamiento de los tubos protectores y del cableado.

Los conductores y demás material sobrante serán almacenados en contenedores para su entrega a gestor autorizado para su reciclaje.

## 1.2. Desmantelamiento

Durante el desmantelamiento se adoptarán todas las medidas de seguridad y prevención de riesgos laborales recogidas en la legislación vigente en ese momento, así como toda la legislación sectorial aplicable.

Se describe a continuación el desmantelamiento de los equipos principales del Proyecto.

### Desmantelamiento de los Módulos

Para llevar a cabo el desmontaje mecánico de los módulos que constituyen el generador fotovoltaico, en primer lugar, se debe realizar la desconexión eléctrica de las series de los módulos. Una vez que se haya garantizado la desconexión del sistema eléctrico se procederá en retirar los módulos de la estructura de soporte siguiendo el proceso inverso al adoptado durante su instalación.

Los módulos se irán desmontando y acopiando en zonas habilitadas para ese fin del vial más próximo, donde se irán colocando en pallets. Los módulos se repartirán por categorías en función de su estado de degradación para poder reutilizarlos en caso de que se considere conveniente. El resto se reciclarán separando los principales elementos que los componen. Las juntas aislantes colocadas entre los módulos y los marcos se separarán y se reciclarán de forma independiente.

Desde las zonas de acopio se trasladarán los pallets a un camión situado a la salida de la planta, para su traslado al destino final.

### Desmantelamiento de los Seguidores Solares (trackers)

Para realizar el desmantelamiento de las estructuras soporte de los módulos fotovoltaicos, el primer paso es el desensamblaje de todos los elementos metálicos.

Los materiales metálicos que se obtienen se acopiarán en las zonas habilitadas para ello, desde donde se trasladarán para su carga en camión por medio del manipulador telescópico y el camión pluma.

El desmontaje de las estructuras se hará secuencialmente y solo tras el desmontaje de los módulos fotovoltaicos, y tras la desinstalación de los cuatros y materiales eléctricos y de control que pertenecen a los mismos seguidores.

Todos los materiales retirados se trasladarán desde las zonas de acopio hasta el camión para trasladarlos a un vertedero autorizado o a una planta de tratamiento para su aprovechamiento, separando los distintos materiales en función de su destino.

### **Desmantelamiento de la Instalación de Eléctrica**

Los trabajos de desmantelamiento de la instalación eléctrica consistirán en:

- Remoción del cableado solar de los módulos fotovoltaicos
- Remoción del cable de continua desde los módulos a los inversores.
- Remoción del cable de cable de corriente alterna desde los inversores a la estación de potencia, incluyendo la red de tierra y todos sus elementos.
- Remoción del cableado de la línea de interconexión.

El cable se organizará por tipo de cable y se acopiará en contenedores distribuidos por la obra para dicho fin. Para desmontar las líneas subterráneas se recuperará en primer lugar el cableado y se abrirán después las zanjas para extraer las canalizaciones. También se demolerán las arquetas de registro distribuidas en el trazado de dicha red subterránea.

Tras la remoción del cableado se procederá con remover los inversores, los transformadores, las celdas de media tensión, los equipos de medida protección y control.

Todos los elementos recuperados, entre los que fundamentalmente hay cables de aluminio y cobre y material eléctrico, se acopiarán en los puntos habilitados para ello, para después llevarlos al camión separados según su destino, ya sea para su posterior reciclado o reutilización cuando sea posible o para su entrega a vertedero autorizado de cada tipo de material en caso contrario.

### **Desmantelamiento de la Obra Civil**

Se eliminarán las cimentaciones hasta una profundidad mínima de 70 cm, a medir desde la cota natural del terreno. Una vez realizada la extracción, se procederá al recubrimiento de la zona afectada mediante una capa de terreno vegetal de espesor suficiente para que se permita el arraigo de las especies autóctonas.

En el caso de edificios fabricados en la Planta, se procederá a su demolición y retirada de escombros a vertedero autorizado.

Los viales y caminos interiores, y correspondientes cunetas y bordillos, se desmantelarán una vez finalizado el desmantelamiento de todas las instalaciones de la Planta, siempre y cuando los servicios forestales o las autoridades competentes no expresen su deseo de contar con ellos en el futuro.

Cada apoyo de la línea eléctrica está compuesto por estructuras fijas. Esta estructura de soporte va anclada al suelo por medio de monobloques o zapatas de hormigón que constituyen la cimentación del apoyo. La tierra extraída se extenderá para poder ser usada como tierra de cultivo, y la sobrante se retirará a vertedero controlado.

### **Desmantelamiento del Vallado Perimetral**

El desmontaje del vallado perimetral se llevará a cabo manualmente, retirando los postes y vallas metálicas. Los residuos generados serán acopiados en camión para su traslado a una planta de tratamiento o vertedero autorizado para su reciclado.

### **1.3. Medidas Correctoras y Restauración Paisajística**

Las medidas correctoras que se plantean están enfocadas a lograr algunos de los siguientes aspectos:

- Reducir o eliminar las alteraciones que el medioambiente de la zona pueda haber sufrido por las instalaciones.
- Reducir o atenuar los efectos ambientales negativos, limitando la intensidad de la acción que se ha provocado.
- Llevar a cabo medidas de restauración de modo que se consiga el efecto contrario a la acción provocada.

En la tabla siguiente aparece un esquema simplificado de los aspectos a considerar para el buen desarrollo de las medidas correctoras a realizar.

<b>Factor Ambiental</b>	<b>Medidas Correctoras</b>
<b>Contaminación Atmosférica</b>	- Reducir los niveles de polvo.
<b>Contaminación Acústica</b>	- Minimizar los niveles de ruido en las labores de desmantelamiento. - Limitación del horario de trabajo de las unidades ruidosas. - Protección del personal adscrito a la obra según Plan de Seguridad y Salud.
<b>Suelo</b>	- Reducir los riesgos de contaminación propios de esta fase.

	- Restauración de las zonas ocupadas por las instalaciones.
<b>Factor Ambiental</b>	<b>Medidas Correctoras</b>
<b>Vegetación</b>	- Revegetación de los puntos ocupados por las instalaciones, empleando especies autóctonas que lo aproximen al clima.
<b>Paisaje</b>	- Restauración paisajística de las zonas ocupadas por las instalaciones.

*Tabla 1. Medidas correctoras y restauración paisajística*

#### 1.4. Gestión de Residuos

Como se ha mencionado en apartados anteriores, todos aquellos elementos resultantes del desmantelamiento de la Instalación se llevarán a centros autorizados para su reciclaje o a vertederos controlados para su eliminación.

Los residuos de construcción y demolición se destinarán preferentemente, por este orden, a operaciones de reutilización, reciclado o a otras formas de valorización, asegurando que los destinados a operaciones de reutilización reciban un control y tratamiento adecuado antes de ser reutilizado como repuestos u otras funciones que cumplan con un desarrollo sostenible de la actividad en cuestión.

#### 1.5. Plan de Seguridad y Salud

El contratista adjudicatario de los trabajos de desmantelamiento, realizará conforme a la legislación vigente un plan de seguridad y salud, donde recoja, según su sistema de trabajo, las medidas de seguridad a aplicar durante la realización de estos. Este plan de seguridad y salud será aprobado por el coordinador de seguridad y salud previo al comienzo de los trabajos.

## 1.6. Presupuesto

Cantidad	Unidad	Concepto	Precio unitario (€)	Total (€)
<b>Generador Fotovoltaico</b>				
11.544,00	Ud	Desmontaje, carga y transporte de módulos fotovoltaicos	20,50 €	236.652,00 €
123,00	Ud	Desmontaje, carga y transporte de seguidores	95,50 €	11.746,50 €
<b>Instalación Eléctrica de BT</b>				
117.335,63	ml	Desconexión de cableado eléctrico	1,50 €	176.003,45 €
25,00	Ud	Desmantelamiento de inversores y equipos eléctricos asociados	100,00 €	2.500,00 €
5.001,43	ml	Desmontaje de la red de tierras	2,99 €	14.954,28 €
<b>Obra Civil</b>				
1.209,00	Ud	Desmontaje de las cimentaciones de los seguidores (hincas).	4,70 €	5.682,30 €
2	Ud	Estación de potencia	5.000,00 €	10.000,00 €
57,94	m <sup>2</sup>	Eliminación de viales	2,78 €	161,07 €
<b>Cerramiento Perimetral</b>				
1.789,18	ml	Desmontaje del vallado	2,18 €	3.900,41 €
2	Ud	Desmontaje de puerta de acceso	250,00 €	500,00 €
1	Ud	Desmontaje del sistema de seguridad	6.000,00 €	6.000,00 €
<b>Restauración Paisajística</b>				
8,82	ha	Restauración capa vegetal	500,00 €	4.410,00 €
<b>Línea de interconexión</b>				
1.774,91	ml	Desmantelamiento de conductores y zanja de línea subterránea	4,95 €	8.785,80 €

Tabla 2. Presupuesto desmantelamiento

Resumen del Presupuesto de Desmantelamiento:

Resumen del Presupuesto	Cantidad
Total Generador Fotovoltaico	248.398,50 €
Total Instalación eléctrica de BT	193.457,72 €
Total Obra Civil	15.843,37 €
Total Cerramiento Perimetral	10.400,41 €
Total Restauración paisajística	4.410,00 €
Total Línea de interconexión	8.785,80 €
<b>TOTAL PRESUPUESTO</b>	<b>481.295,81 €</b>

Tabla 3. Resumen Presupuesto Desmantelamiento

El presupuesto total del desmantelamiento asciende a **481.295,81 €**

Córdoba, Marzo de 2024

El Ingeniero Técnico Superior

El Ingeniero Industrial

# **Anejo 11: Fichas técnicas equipos**

## **Proyecto ejecutivo de Planta Solar Fotovoltaica Labrador en el T.M. de Navalcarnero (Madrid)**

**Potencia instalada: 5,00 MWn  
Potencia pico: 6,291 MWp**

Promotor: **PLANTA FOTOVOLTAICA IMAGESOL, S.L.**

Ingeniería: **Ingnova Proyectos**

**Marzo 2024**



## ÍNDICE

- 1. PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA..... 3**
- 2. EQUIPOS ALTERNATIVOS (MÓDULO E INVERSOR) ..... 11**

## 1. Planta Solar Fotovoltaica

# Tiger Pro 72HC-TV

## 525-545 Watt

### BIFACIAL MODULE WITH TRANSPARENT BACKSHEET

#### P-Type

Positive power tolerance of 0~+3%

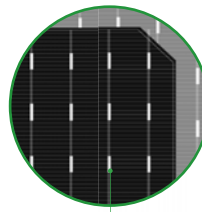
IEC61215(2016), IEC61730(2016)

ISO9001:2015: Quality Management System

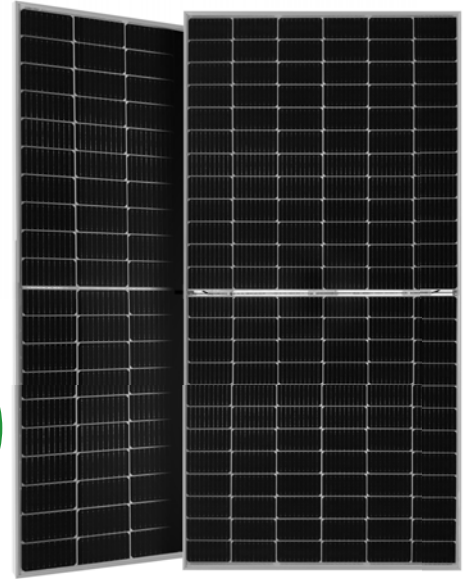
ISO14001:2015: Environment Management System

ISO45001:2018

Occupational health and safety management systems



Bifacial Technology



## Key Features



### Multi Busbar Technology

Better light trapping and current collection to improve module power output and reliability.



### Light-weight design

Light-weight design using transparent backsheet for easy installation and low BOS cost.



### Higher Power Output

Module power increases 5-25% generally, bringing significantly lower LCOE and higher IRR.



### Longer Life-time Power Yield

0.45% annual power degradation and 30 year linear power warranty.



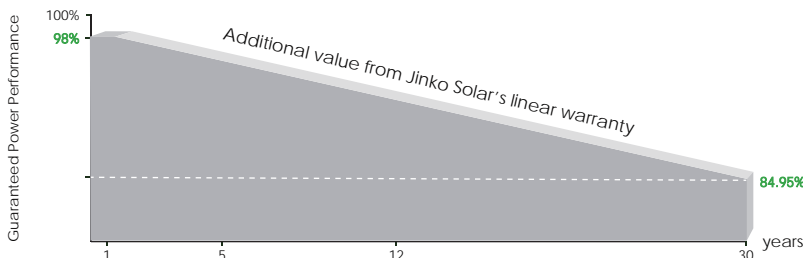
### Enhanced Mechanical Load

Certified to withstand: wind load (2400 Pascal) and snow load (5400 Pascal).



POSITIVE QUALITY™  
Continuous Quality Assurance

## LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

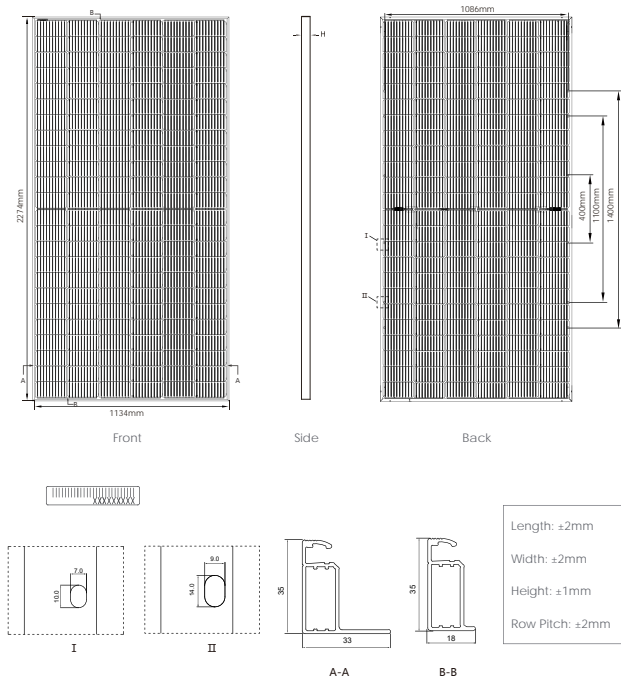


12 Year Product Warranty

30 Year Linear Power Warranty

0.45% Annual Degradation Over 30 years

## Engineering Drawings

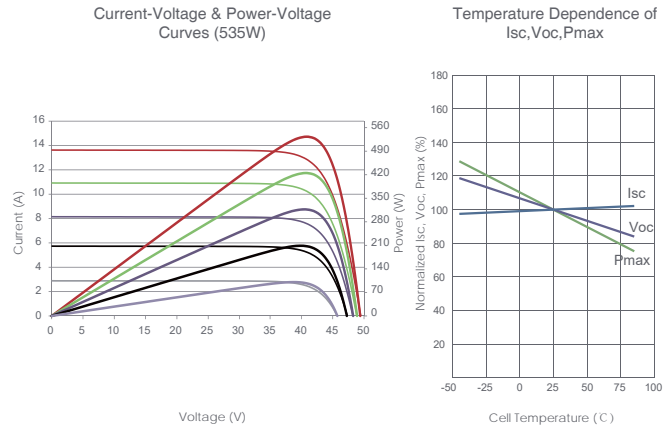


## Packaging Configuration

( Two pallets = One stack )

31pcs/pallets, 62pcs/stack, 620pcs/ 40'HQ Container

## Electrical Performance & Temperature Dependence



## Mechanical Characteristics

Cell Type	P type Mono-crystalline
No. of cells	144 (6×24)
Dimensions	2274×1134×35mm (89.53×44.65×1.38 inch)
Weight	28 kg (61.73 lbs)
Front Glass	3.2mm, Anti-Reflection Coating, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP68 Rated
Output Cables	TUV 1×4.0mm <sup>2</sup> (+): 400mm, (-): 200mm or Customized Length

## SPECIFICATIONS

Module Type	JKM525M-72HL4-TV		JKM530M-72HL4-TV		JKM535M-72HL4-TV		JKM540M-72HL4-TV		JKM545M-72HL4-TV	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	525Wp	391Wp	530Wp	394Wp	535Wp	398Wp	540Wp	402Wp	545Wp	405Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	40.61V	37.74V	40.71V	37.88V	40.81V	37.98V	40.91V	38.08V	41.07V	38.18V
Maximum Power Current (Imp)	12.93A	10.35A	13.02A	10.41A	13.11A	10.48A	13.20A	10.55A	13.27A	10.62A
Open-circuit Voltage (Voc)	49.27V	46.50V	49.35V	46.58V	49.42V	46.65V	49.49V	46.71V	49.65V	46.86V
Short-circuit Current (Isc)	13.64A	11.02A	13.71A	11.07A	13.79A	11.14A	13.87A	11.20A	13.94A	11.26A
Module Efficiency STC (%)	20.36%		20.55%		20.75%		20.94%		21.13%	
Operating Temperature(°C)	-40°C~+85°C									
Maximum system voltage	1500VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	30A									
Power tolerance	0~+3%									
Temperature coefficients of Pmax	-0.35%/°C									
Temperature coefficients of Voc	-0.28%/°C									
Temperature coefficients of Isc	0.048%/°C									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C									
Refer. Bifacial Factor	70±5%									

## BIFACIAL OUTPUT-REAR SIDE POWER GAIN

		Bifacial Factor				
		5%	15%	25%	35%	45%
5%	Maximum Power (Pmax)	551Wp	557Wp	562Wp	567Wp	572Wp
	Module Efficiency STC (%)	21.38%	21.58%	21.78%	21.99%	22.19%
15%	Maximum Power (Pmax)	604Wp	610Wp	615Wp	621Wp	623Wp
	Module Efficiency STC (%)	23.41%	23.64%	23.86%	24.08%	24.30%
25%	Maximum Power (Pmax)	656Wp	663Wp	669Wp	675Wp	681Wp
	Module Efficiency STC (%)	25.45%	25.69%	25.93%	26.18%	26.42%

\*STC: Irradiance 1000W/m<sup>2</sup>

Cell Temperature 25°C

AM=1.5

NOCT: Irradiance 800W/m<sup>2</sup>

Ambient Temperature 20°C

AM=1.5

Wind Speed 1m/s

# SUN2000-215KTL-H0

## Smart String Inverter



9  
MPP Trackers



99.0%  
Max. Efficiency



String-level  
Management



Smart I-V Curve  
Diagnosis Supported



MBUS  
Supported



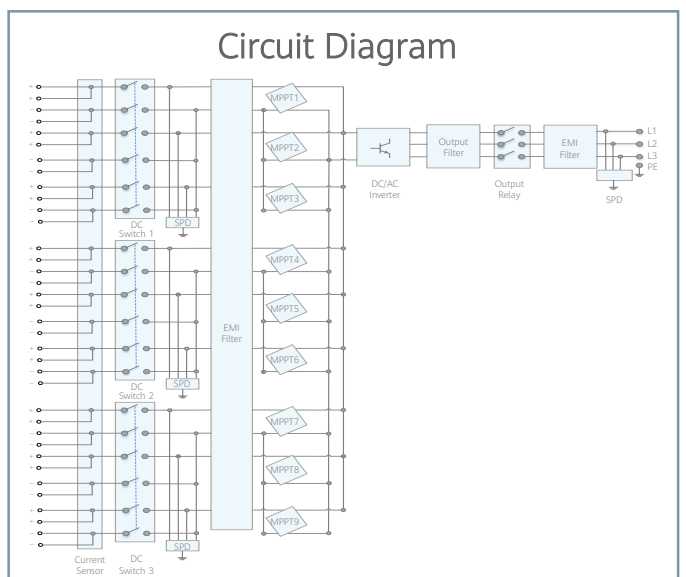
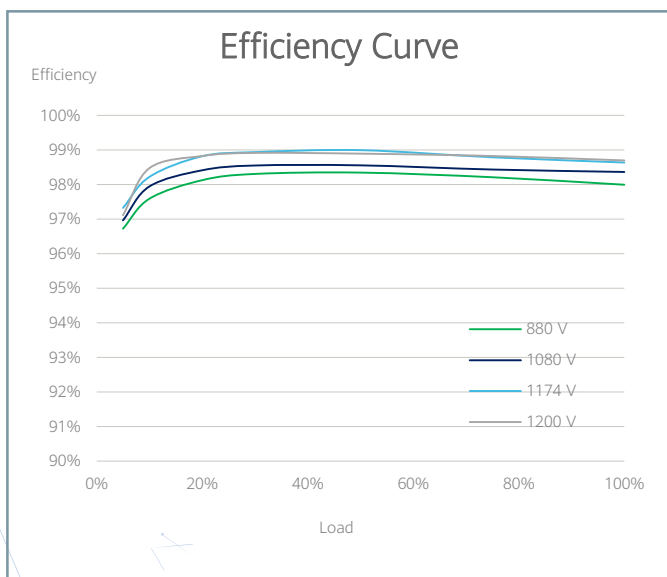
Fuse Free  
Design



Surge Arresters for  
DC & AC



IP66  
Protection



# Technical Specifications

Efficiency	
Max. Efficiency	≥99.00%
European Efficiency	≥98.60%
Input	
Max. Input Voltage	1,500 V
Max. Current per MPPT	30 A
Max. Short Circuit Current per MPPT	50 A
Start Voltage	550 V
MPPT Operating Voltage Range	500 V ~ 1,500 V
Nominal Input Voltage	1,080 V
Number of Inputs	18
Number of MPP Trackers	9
Output	
Nominal AC Active Power	200,000 W
Max. AC Apparent Power	215,000 VA
Max. AC Active Power (cosφ=1)	215,000 W
Nominal Output Voltage	800 V, 3W + PE
Rated AC Grid Frequency	50 Hz / 60 Hz
Nominal Output Current	144.4 A
Max. Output Current	155.2 A
Adjustable Power Factor Range	0.8 LG ... 0.8 LD
Max. Total Harmonic Distortion	< 1%
Protection	
Input-side Disconnection Device	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
Residual Current Monitoring Unit	Yes
Communication	
Display	LED Indicators, WLAN + APP
USB	Yes
MBUS	Yes
RS485	Yes
General	
Dimensions (W x H x D)	1,035 x 700 x 365 mm (40.7 x 27.6 x 14.4 inch)
Weight (with mounting plate)	≤86 kg (189.6 lb.)
Operating Temperature Range	-25°C ~ 60°C (-13°F ~ 140°F)
Cooling Method	Smart Air Cooling
Max. Operating Altitude without Derating	4,000 m (13,123 ft.)
Relative Humidity	0 ~ 100%
DC Connector	Staubli MC4 EVO2
AC Connector	Waterproof Connector + OT/DT Terminal
Protection Degree	IP66
Topology	Transformerless



The next-generation-now horizontal single-axis solar tracker



# TECHNICAL DATASHEET



Single-Axis Tracker

## MAIN FEATURES

Tracking System	Horizontal Single-Axis with independent rows		
Tracking Range	up to $\pm 60^\circ$		
Drive System	Enclosed Slewing Drive, DC Motor		
Power Supply	PV Series Self-powered Supply 2.0 Optional: 120/240 Vac or 24 Vdc power-cable		
Tracking Algorithm	Astronomical with TeamTrack® Backtracking		
Communication	Open Thread	Full Wireless	Optional: RS-485 Full Wired RS-485 cable not included in Soltec scope
Wind Resistance	Per Local Codes		
Land Use Features			
Independent Rows		YES	
Slope North-South		up to 17%	
Slope East-West		Unlimited	
Ground Coverage Ratio	Configurable. Typical range: 30-50%		
Foundation	Driven Pile   Ground Screw   Concrete		
Temperature Range			
Standard	- 4°F to +131°F   -20°C to +55°C		
Extended	-40°F to +131°F   -40°C to +55°C		
Availability	>99%		
Modules	Standard: 72 / 78 cells   Optional: 60 Cells; Crystalline, Thin Film (Solar Frontier, First Solar and others)		

**SPAIN / Headquarters**  
Pol. Ind. La Serreta  
Gabriel Campillo, s/n, 30500  
Molina de Segura, Murcia, Spain  
info@soltec.com  
+34 968 603 153

**MADRID**  
Núñez de Balboa 33, 1ªA  
28001 Madrid  
emea@soltec.com  
+34 91 449 72 03

**UNITED STATES**  
usa@soltec.com  
+1 510 440 9200

**BRAZIL**  
brasil@soltec.com  
+55 071 3026 4900

**MEXICO**  
mexico@soltec.com  
+52 1 55 5557 3144

**CHILE**  
chile@soltec.com  
+56 2 25738559

**PERU**  
peru@soltec.com  
+51 1422 7279

**INDIA**  
india@soltec.com  
+91 124 4568202

**AUSTRALIA**  
australia@soltec.com  
+61 2 9275 8806

**CHINA**  
china@soltec.com  
+86 21 66285799

**ARGENTINA**  
argentina@soltec.com  
+54 9 114 889 1476

**EGYPT**  
egypt@soltec.com

**B&V Bankability report**  
**DNV GL Technology**  
**Review available**  
**RWDI WIND TUNNEL TESTED**

## MODULE CONFIGURATIONS Approximate Dimensions

	Length	Height	Width		Length	Height	Width
2x28	29.2 m (95' 10")	4.1 m (13' 4")	4.1 m (13' 4")	2x42	43.6 m (143')	4.1 m (13' 4")	4.1 m (13' 4")
2x29	30.2 m (99' 1")			2x43.5	45.6 m (149' 7")		
2x30	31.4 m (103')			2x45	46.7 m (153' 3")		

## SERVICES

Pull Test Plan	Commissioning Plan
Factory Support Plan	Operation & Maintenance Plan
Onsite Advisory Plan	Tracker Monitoring System Plan
Construction Plan	Solmate Customer Care

## MAINTENANCE ADVANTAGES

Self-lubricating Bearings  
Face to Face Cleaning Mode  
2x Wider Aisles

## WARRANTY

Structure 10 years (extendable)  
Motor 5 years (extendable)  
Electronics 5 years (extendable)



soltec.com

Contents subject to change without prior notice © Soltec Energías Renovables • SF7.210111.V7



# STS-3000K-H1

## Smart Transformer Station



### Simple

Prefabricated and Pre-tested, No Internal Cabling Needed Onsite  
Compact 20' HC Container Design for Easy Transportation



### Efficient

High Efficiency Transformer for Higher Yields  
Lower Self-consumption for Higher Yields



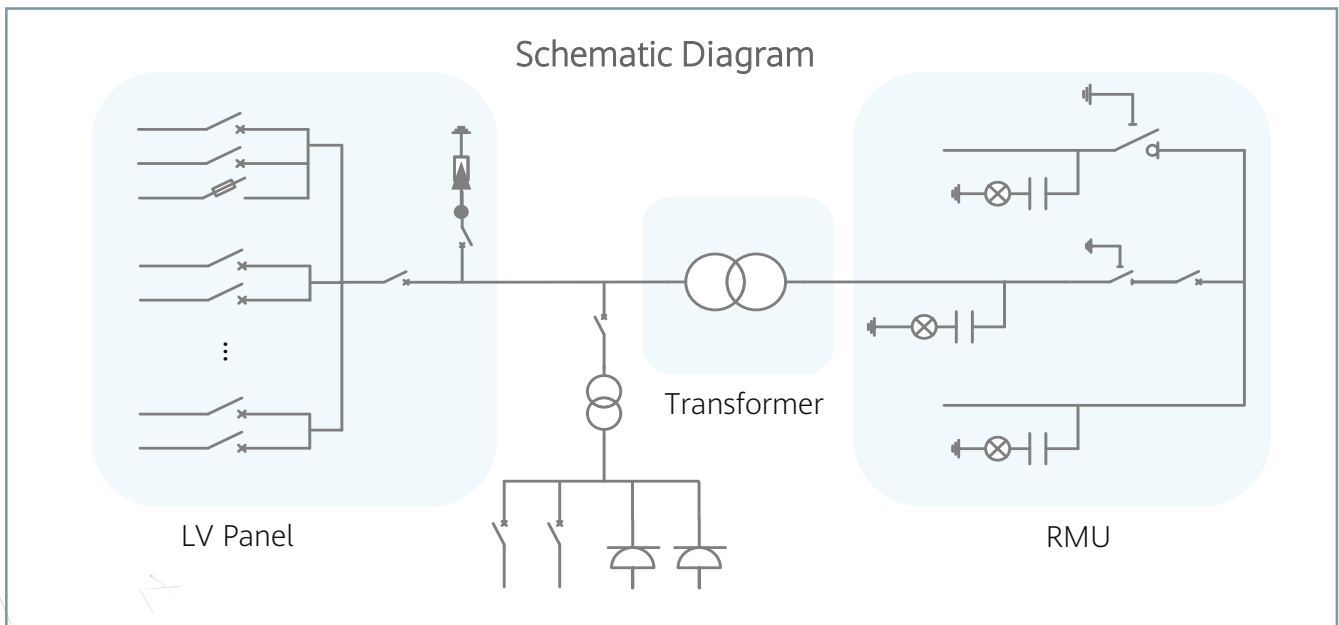
### Smart

Real-time Monitoring of Transformer, LV Panel and RMU  
High Precision Sensor of LV Electricity Parameters  
Remote Control of ACB and MV Circuit Breaker



### Reliable

Robust Design against Harsh Environments  
Optimal Cooling Design for High Availability and Easy O&M  
Comprehensive Tests from Components, Device to Solution



# STS-3000K-H1

## Technical Specifications

Input		
Available Inverters / PCS	SUN2000-200KTL / SUN2000-215KTL / SUN2000-185KTL / LUNA2000-200KTL	
Maximum LV AC Inputs	17	
AC Power	3,400 kVA @40°C <sup>1</sup>	
Rated Input Voltage	800 V	
LV Main Switches	ACB (2,900 A / 800 V / 3P, 1 pcs), MCCB (250 A / 800 V / 3P, 17 pcs)	
Output		
Rated Output Voltage	11 kV, 15 kV, 20 kV, 22 kV, 30 kV, 33 kV, 35 kV <sup>2</sup>	13.8 kV, 34.5 kV <sup>2</sup>
Frequency	50 Hz	60 Hz
Transformer Type	Oil-immersed, Conservator Type	
Transformer Cooling Type	ONAN	
Transformer Tappings	± 2 x 2.5%	
Transformer Oil Type	Mineral Oil (PCB Free)	
Transformer Vector Group	Dy11	
Transformer Min. Peak Efficiency Index	Tier 1 or Tier 2 In Accordance with EN 50588-1	
RMU Type	SF <sub>6</sub> Gas Insulated	
RMU Transformer Protection Unit	MV Vacuum Circuit Breaker Unit	
RMU Cable Incoming / Outgoing Unit	Direct Cable Unit or Cable Load Break Switch Unit	
Auxiliary Transformer	Dry Type Transformer, 5 kVA, Dyn11	
Output Voltage of Auxiliary Transformer	400 / 230 Vac or 220 / 127 Vac	
Protection		
Transformer Monitoring & Protection	Oil Level, Oil Temperature, Oil Pressure and Buchholz	
Protection Degree of MV & LV Room	IP 54	
Internal Arcing Fault Classification of STS	IAC A 20 kA 1s	
MV Relay Protection	50/51, 50N/51N	
LV Overvoltage Protection	Type I+II	
Anti-rodent Protection	C5 Medium in accordance with ISO 12944	
Features		
2 kVA UPS	Optional <sup>3</sup>	
MV Surge Arrester for MV VCB	Optional <sup>3</sup>	
General		
Dimensions (W x H x D)	6,058 x 2,896 x 2,438 mm (20' HC Container)	
Weight	< 15 t	
Operating Temperature Range	-25°C ~ 60°C <sup>4</sup> (-13°F ~ 140°F)	
Relative Humidity	0% ~ 95%	
Max. Operating Altitude	1,000 m <sup>5</sup>	1,500 m <sup>5</sup>
MV-LV AC Connections	Prewired and Pretested, No Internal Cabling Onsite	
LV & MV Room Cooling	Smart Cooling without Air-cross for Higher Availability	
Communication	Modbus-RTU, Preconfigured with Smartlogger3000B	
Applicable Standards	IEC 62271-202, EN 50588-1, IEC 60076, IEC 62271-200, IEC 61439-1	

1 - More detailed AC power of STS, please refer to the de-rating curve.

2 - Rated output voltage from 10 kV to 35 kV, more available upon request.

3 - Extra expense needed for optional features which standard product doesn't contain, more options upon request.

4 -When ambient temperature ≥55°C, awning shall be equipped for STS on site by customer.

5- For higher operating altitude, pls consult with Huawei.

## 2. Equipos alternativos (módulo e inversor)

# Hi-MO 5

(G2)

## LR5-72HBD 540~560M

- Based on M10 wafer, best choice for ultra-large power plants
- Advanced module technology delivers superior module efficiency
  - M10 Gallium-doped Wafer
  - Integrated Segmented Ribbons
  - 9-busbar Half-cut Cell
- Globally validated bifacial energy yield
- High module quality ensures long-term reliability

12

12-year Warranty for Materials and Processing

30

30-year Warranty for Extra Linear Power Output

### Complete System and Product Certifications

IEC 61215, IEC 61730, UL 61730

ISO9001:2015: ISO Quality Management System

ISO14001: 2015: ISO Environment Management System

ISO45001: 2018: Occupational Health and Safety

IEC62941: Guideline for module design qualification and type approval

**LONGI**



**21.7%**  
MAX MODULE  
EFFICIENCY

**0~3%**  
POWER  
TOLERANCE

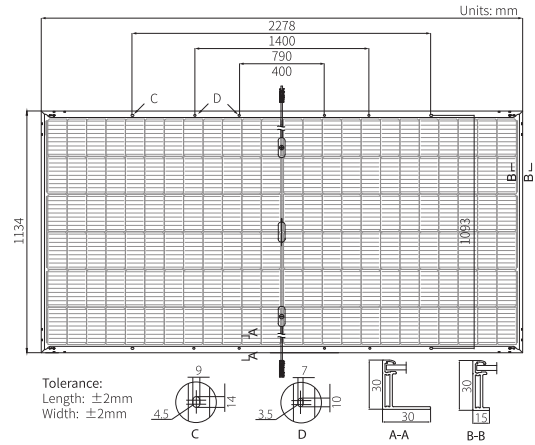
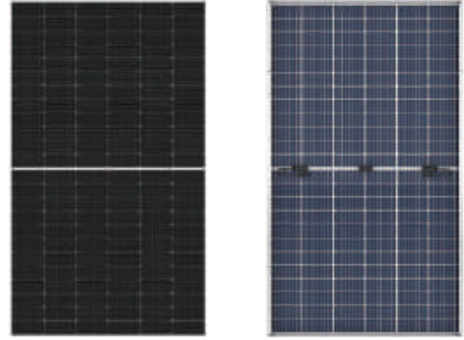
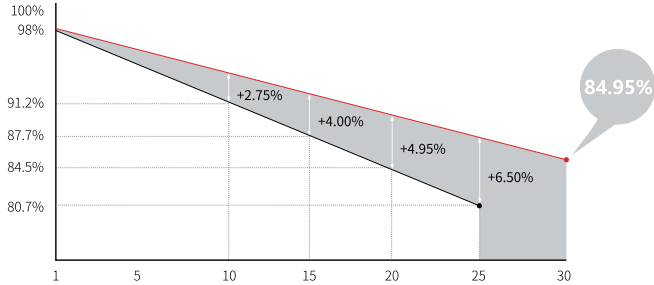
**<2%**  
FIRST YEAR  
POWER DEGRADATION

**0.45%**  
YEAR 2-30  
POWER DEGRADATION

**HALF-CELL**  
Lower operating temperature

## Additional Value

### 30-Year Power Warranty



## Mechanical Parameters

Cell Orientation	144 (6×24)
Junction Box	IP68, three diodes
Output Cable	4mm <sup>2</sup> , +400, -200mm/±1400mm length can be customized
Glass	Dual glass, 2.0+2.0mm heat strengthened glass
Frame	Anodized aluminum alloy frame
Weight	31.8kg
Dimension	2278×1134×30mm
Packaging	36pcs per pallet / 180pcs per 20' GP / 720pcs per 40' HC

## Electrical Characteristics

STC : AM1.5 1000W/m<sup>2</sup> 25°C      NOCT : AM1.5 800W/m<sup>2</sup> 20°C 1m/s      Test uncertainty for Pmax: ±3%

Module Type	LR5-72HBD-540M		LR5-72HBD-545M		LR5-72HBD-550M		LR5-72HBD-555M		LR5-72HBD-560M	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax/W)	540	403.6	545	407.4	550	411.1	555	414.8	560	418.6
Open Circuit Voltage (Voc/V)	49.50	46.54	49.65	46.68	49.80	46.82	49.95	46.97	50.10	47.11
Short Circuit Current (Isc/A)	13.85	11.17	13.92	11.23	13.99	11.29	14.05	11.34	14.10	11.38
Voltage at Maximum Power (Vmp/V)	41.65	38.86	41.80	39.00	41.95	39.14	42.10	39.28	42.25	39.42
Current at Maximum Power (Imp/A)	12.97	10.39	13.04	10.45	13.12	10.51	13.19	10.56	13.26	10.62
Module Efficiency(%)	20.9		21.1		21.3		21.5		21.7	

## Electrical characteristics with different rear side power gain (reference to 550W front)

Pmax/W	Voc/V	Isc/A	Vmp/V	Imp/A	Pmax gain
578	49.80	14.68	41.95	13.77	5%
605	49.80	15.38	41.95	14.43	10%
633	49.90	16.08	42.05	15.08	15%
660	49.90	16.78	42.05	15.74	20%
688	49.90	17.48	42.05	16.39	25%

## Operating Parameters

Operational Temperature	-40°C ~ +85°C
Power Output Tolerance	0 ~ 3%
Maximum System Voltage	DC1500V (IEC/UL)
Maximum Series Fuse Rating	30A
Nominal Operating Cell Temperature	45±2°C
Protection Class	Class II
Bifaciality	70±5%
Fire Rating	UL type 29 IEC Class C

## Mechanical Loading

Front Side Maximum Static Loading	5400Pa
Rear Side Maximum Static Loading	2400Pa
Hailstone Test	25mm Hailstone at the speed of 23m/s




## Temperature Ratings (STC)

Temperature Coefficient of Isc	+0.050%/°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.265%/°C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.340%/°C

## Maximizar la rentabilidad de los proyectos de Gran Escala en todos los entornos

- ✓ Máxima producción de energía
- ✓ Menos gastos de capital y de funcionamiento
- ✓ Funcionamiento inteligente y eficiente
- ✓ Los más altos estándares de seguridad

El HT 1500V, diseñado para admitir inversiones ecológicas, facilitar la rentabilidad y garantizar la longevidad, es la elección preferida para las plantas fotovoltaicas de gran escala. El inversor optimiza todo el rendimiento energético y garantiza un desempeño alto y continuo incluso bajo las condiciones medioambientales más duras, ofreciendo la mejor relación calidad-precio. Combínelo con el dispositivo de comunicación solar SCB3000 de GoodWe para llevar a cabo la supervisión y el control a distancia a través de comunicaciones mediante línea de potencia (PLC).

-  Compatible con módulos fotovoltaicos de alta potencia
-  Adaptabilidad a las altas temperaturas
-  PLC integradas



Datos técnicos	GW225K-HT	GW250K-HT	GW225KN-HT	GW250KN-HT
<b>Entrada</b>				
Máx. tensión de entrada (V)			1500	
Rango de tensión MPPT de funcionamiento (V)			500 ~ 1500	
Tensión de arranque (V)			550	
Tensión nominal de entrada (V)			1160	
Máx. corriente de entrada por MPPT (A)	30	30	60	60
Máx. corriente de cortocircuito por MPPT (A)	50	50	90	90
Número de seguidores (MPPT)	12	12	6	6
Número de series FV por MPPT	2	2	3	3
<b>Salida</b>				
Potencia nominal de salida (kW)	225	250	225	250
Potencia nominal aparente de salida (kVA)	225	250	225	250
Máx. potencia activa (kW)	247.5	250.0	247.5	250.0
Máx. potencia aparente (kVA)	247.5	250.0	247.5	250.0
Tensión nominal de salida (V)			800, 3L / PE	
Rango de tensión de salida (V) (Según normativa local)			640 ~ 920	
Frecuencia nominal de red (Hz)			50 / 60	
Rango de frecuencia de red (Hz)			45 ~ 55 / 55 ~ 65	
Máx. corriente de salida (A)	178.7	180.5	178.7	180.5
Factor potencia		~1 (Ajustable, desde 0.8 capacitivo a 0.8 inductivo)		
Máx. distorsión armónica total		<3%		
<b>Eficiencia</b>				
Máx. eficiencia			99.0%	
Eficiencia europea	98.5%	98.5%	98.7%	98.7%
<b>Protecciones</b>				
Monitorización de corriente por serie FV			Integrado	
Detección de la resistencia de aislamiento FV			Integrado	
Monitorización de la corriente residual			Integrado	
Protección contra polaridad inversa CC			Integrado	
Protección anti-isla			Integrado	
Protección contra sobrecorriente CA			Integrado	
Protección contra cortocircuito CA			Integrado	
Protección contra sobretensión CA			Integrado	
Interruptor CC			Integrado	
Protección contra sobretensión CC			Tipo II	
Protección contra sobretensión CA			Tipo II	
Apagado remoto			Integrado	
Anti-PID			Opcional	
Recuperación PID			Opcional	
Compensación de energía reactiva durante la noche			Integrado	
Alimentación desde la red			Integrado	
<b>Datos generales</b>				
Temperatura de operación (°C)			-30 ~ +60	
Humedad relativa			0 ~ 100%	
Altitud máx. de operación (m)			5000 (>4000 Regulación de potencia )	
Método de refrigeración			Refrigeración mediante ventilación inteligente	
Interfaz de usuario			LED (LCD Opcional), Bluetooth + APP	
Comunicación			RS485 o PLC	
Protocolos de comunicación			Modbus RTU	
Peso (kg)			111	
Medidas (ancho x alto x profundo mm)			1091 x 678 x 341	
Topología			No aislado	
Consumo nocturno (W)			<18	
Grado de protección			IP66	
Conector CC			MC4-Evo2 (4 ~ 6mm <sup>2</sup> )	
Conector CA			Terminal OT / DT (Máx. 300mm <sup>2</sup> )	

\* La apariencia del producto mostrado es GW225KN-HT / GW250KN-HT. La apariencia puede variar para GW225K-HT / GW250K-HT.

\*: Visite el sitio web de GoodWe para ver los últimos certificados.

# **Anejo 12: Configuración eléctrica**

## **Proyecto ejecutivo de Planta Solar Fotovoltaica Labrador en el T.M. de Navalcarnero (Madrid)**

**Potencia instalada: 5,00 MWn**

**Potencia pico: 6,291 MWp**

Promotor: **PLANTA FOTOVOLTAICA IMAGESOL, S.L.**

Ingeniería: **Innova Proyectos**

**Marzo 2024**



## ÍNDICE

### **1. CONFIGURACIÓN ELÉCTRICA DE LA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA ..... 3**

## 1. Configuración eléctrica de la Planta Solar Fotovoltaica

En el presente anejo se presenta la configuración eléctrica de la Planta Solar Fotovoltaica Labrador de 5,00 MW de potencia instalada y 6,291 MW de potencia pico.

Estación de potencia	Nº strings	Potencia pico (kWp)	Nº inversores	Potencia nominal inversores (kW)	Ratio CC/CA
EP1	250	3.542,50	14	2.800,00	1,27
EP2	194	2.748,98	11	2.200,00	1,25
<b>Total</b>	<b>444,00</b>	<b>6.291,48</b>	<b>25,00</b>	<b>5.000,00</b>	<b>1,26</b>

Tabla 1. Configuración planta fotovoltaica (1 de 2)

Estación de potencia	Inversor nº	Nº strings	Nº módulos	Potencia pico (kWp)
EP1	1	18	468	255,06
	2	18	468	255,06
	3	18	468	255,06
	4	18	468	255,06
	5	18	468	255,06
	6	18	468	255,06
	7	18	468	255,06
	8	18	468	255,06
	9	18	468	255,06
	10	18	468	255,06
	11	18	468	255,06
	12	18	468	255,06
	13	17	442	240,89
	14	17	442	240,89
EP2	1	18	468	255,06
	2	18	468	255,06
	3	18	468	255,06
	4	18	468	255,06
	5	18	468	255,06
	6	18	468	255,06
	7	18	468	255,06
	8	17	442	240,89
	9	17	442	240,89
	10	17	442	240,89
	11	17	442	240,89
<b>Total</b>	<b>25,00</b>	<b>444,00</b>	<b>11.544,00</b>	<b>6.291,48</b>

Tabla 2. Configuración planta fotovoltaica (2 de 2)

En Córdoba, Marzo de 2024

El Ingeniero Técnico Superior

El Ingeniero Industrial

## **Anejo 13: RBDA**

# **Proyecto ejecutivo de Planta Solar Fotovoltaica Labrador en el T.M. de Navalcarnero (Madrid)**

**Potencia instalada: 5,00 MWn**

**Potencia pico: 6,291 MWp**

Promotor: **PLANTA FOTOVOLTAICA IMAGESOL, S.L.**

Ingeniería: **Innova Proyectos**

**Marzo 2024**

## ÍNDICE

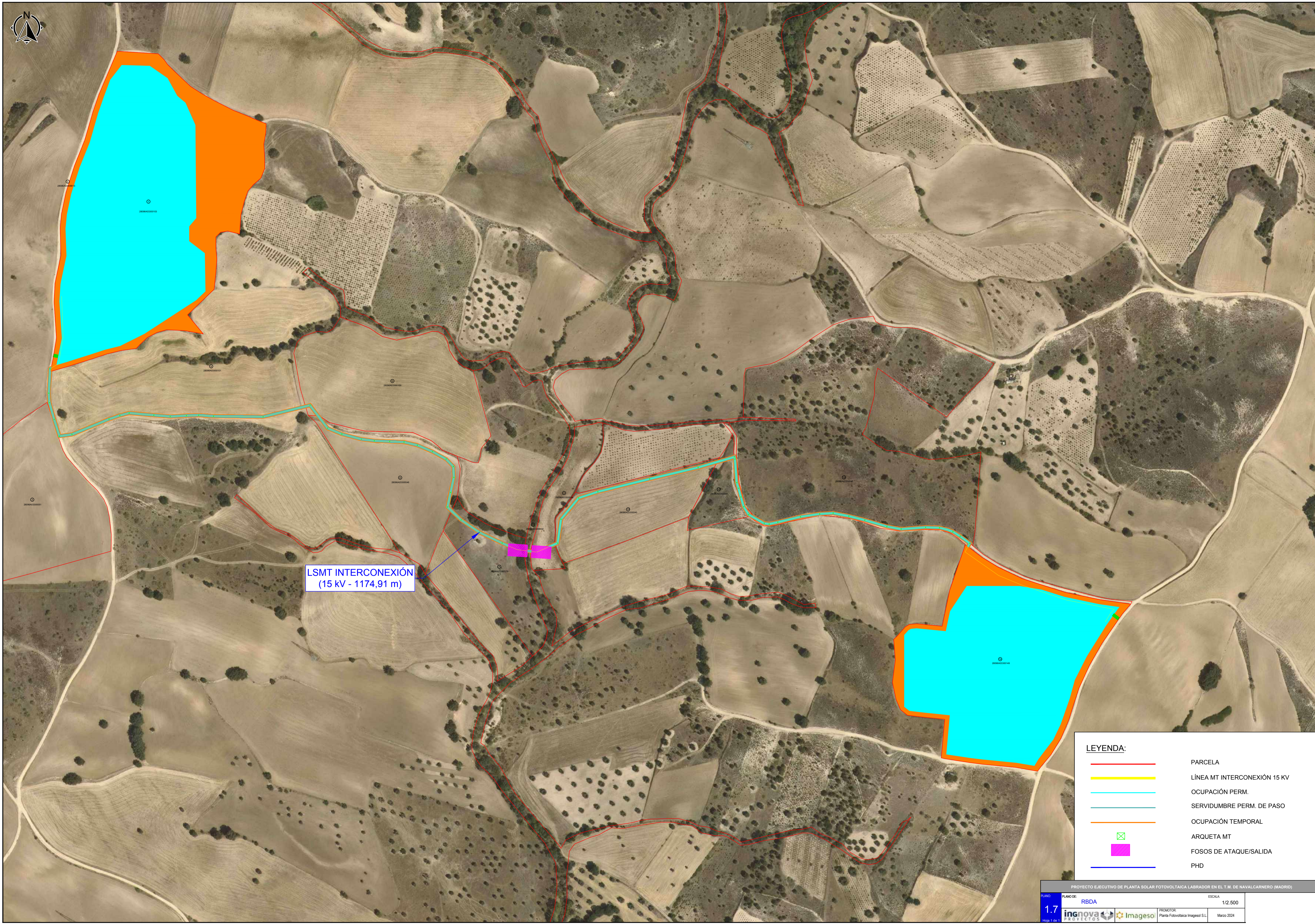
1. RELACIÓN DE BIENES Y DERECHOS AFECTADOS PLANTA SOLAR LABRADOR.....	3
2. PLANO.....	4

### 1. Relación de bienes y derechos afectados PSF Labrador

Parcela Proyecto	Datos de la parcela					Zanja				Dispositivos necesarios (Arquetas)			PHD	Usos/catastro
	Término Municipal	Paraje	Pol. Cat.	Parc. Cat.	Ref. Catastral	Longitud (ml)	Ocupación Subsuelo (m2)	Servidumbre de Paso (m2)	Ocup. Temp. (m2)	Ud.*	Sup. Ocup. (m2)	Ocup. Temp. (m2)	Fosos ataque/salida	
1	Navalcarnero	Retamosa	033	00103	28096A03300103	95,41	-	-	-	-	-	-	-	Agrario
2	Navalcarnero	Carril de Polainas	033	09013	28096A03309013	88,13	52,88	137,22	55,87	5	2,73	-	-	Vía de comunicación de dominio público
3	Navalcarnero	Polainas	033	00051	28096A03300051	-	-	0,06	15,74	-	-	-	-	Agrario
4	Navalcarnero	Retamosa	033	00101	28096A03300101	313,37	188,02	824,64	529,52	10	5,45	-	-	Agrario
5	Navalcarnero	Retamosa	033	00100	28096A03300100	22,48	13,49	53,98	34,59	1	0,55	-	-	Agrario
6	Navalcarnero	Retamosa	033	00046	28096A03300046	245,51	147,31	589,20	367,40	13	7,09	-	309,38	Agrario
7	Navalcarnero	Retamosa	033	00279	28096A03300279	104,85	50,22	200,89	125,56	4	2,18	-	50,62	Agrario
8	Navalcarnero	Arroyo de la Retamosa	033	09002	28096A03309002	7,64	2,42	9,66	6,10	1	0,55	-	360,00	Hidrografía natural
9	Navalcarnero	Retamosa	033	00044	28096A03300044	32,15	5,14	20,88	14,70	2	1,09	-	-	Agrario
10	Navalcarnero	Retamosa	033	00043	28096A03300043	247,13	148,28	593,05	370,35	6	3,27	-	-	Agrario
11	Navalcarnero	Retamosa	033	00041	28096A03300041	22,01	13,23	113,71	89,05	2	0,17	-	-	Agrario
12	Navalcarnero	Camino	033	09005	28096A03309005	367,55	220,53	639,71	278,69	22	11,74	-	-	Vía de comunicación de dominio público
13	Navalcarnero	Retamosa	033	00040	28096A03300040	-	-	181,53	213,93	2	0,08	-	-	Agrario
14	Navalcarnero	Retamosa	033	00149	28096A03300149	228,66	-	-	-	-	-	-	-	Agrario
Total						1.774,91	841,51	3.364,53	2.101,49	68	34,89	-	720,00	-

Ud\*: Hay 64 arquetas en total, pero algunas se encuentran repartidas en más de una parcela

## 2. Plano



LSMT INTERCONEXIÓN  
(15 kV - 1174,91 m)

LEYENDA:	
	PARCELA
	LÍNEA MT INTERCONEXIÓN 15 KV
	OCUPACIÓN PERM.
	SERVIDUMBRE PERM. DE PASO
	OCUPACIÓN TEMPORAL
	ARQUETA MT
	FOSOS DE ATAQUE/SALIDA
	PHD



# **Documento nº 2: Estudio de Seguridad y Salud**

## **Proyecto ejecutivo de Planta Solar Fotovoltaica Labrador en el T.M. de Navalcarnero (Madrid)**

**Potencia instalada: 5,00 MWn  
Potencia pico: 6,291 MWp**

Promotor: **PLANTA FOTOVOLTAICA IMAGESOL, S.L.**

Ingeniería: **Ingnova Proyectos**

**Marzo 2024**

## ÍNDICE

<b>MEMORIA ESS .....</b>	<b>5</b>
<b>1. OBJETO DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD .....</b>	<b>6</b>
1.1. DATOS GENERALES.....	6
1.1.1. <i>Datos del proyecto</i> .....	6
1.1.2. <i>Promotor</i> .....	6
1.1.3. <i>Proyectista</i> .....	6
1.1.4. <i>Coordinador de seguridad y salud en proyecto</i> .....	7
1.1.5. <i>Normas de seguridad aplicables</i> .....	7
1.1.6. <i>Obligaciones en Materia de Seguridad y Salud</i> .....	9
1.2. CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA .....	11
1.2.1. <i>Descripción de la obra</i> .....	11
1.2.2. <i>Centros asistenciales más próximos</i> .....	12
1.2.3. <i>Acceso a la obra y vallado</i> .....	14
1.2.4. <i>Personal en obra y duración de la obra</i> .....	14
1.3. ALCANCE.....	14
1.4. COORDINADOR DE SEGURIDAD Y SALUD.....	15
1.5. SEGUROS .....	16
<b>2. PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES.....</b>	<b>16</b>
2.1. FORMACIÓN EN MATERIA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES.....	16
2.1.1. <i>Charla de seguridad y primeros auxilios para el personal de ingreso en obra</i> .....	16
2.1.2. <i>Charla sobre riesgos específicos</i> .....	17
2.2. DOCUMENTACIÓN A DISPOSICIÓN DEL COORDINADOR DE SEGURIDAD Y SALUD .....	17
2.3. RECONOCIMIENTO MÉDICO DE LOS TRABAJADORES.....	18
2.4. ACCIDENTES IN ITINERE.....	18
2.5. PRIMEROS AUXILIOS .....	18
2.6. PROTECCIÓN DE LA MATERNIDAD .....	19
2.7. PROTECCIÓN DE LOS MENORES .....	19
2.8. SEGURO DE RIESGOS LABORALES .....	19
<b>3. DISPOSICIONES FACULTATIVAS .....</b>	<b>19</b>
3.1. OBLIGACIONES DEL CONTRATISTA.....	19
3.2. INFORMACIÓN Y FORMACIÓN .....	20
3.3. ACCIDENTE LABORAL .....	21
3.3.1. <i>Actuaciones</i> .....	21
3.3.2. <i>Comunicaciones</i> .....	21
3.3.3. <i>Actuaciones administrativas</i> .....	22
3.4. APROBACIÓN DE CERTIFICACIONES .....	22
3.5. PRECIOS CONTRADICTORIOS.....	23
3.6. LIBRO DE INCIDENCIAS .....	23
3.7. LIBRO DE ORDENES.....	24
3.8. DERECHOS DE LOS TRABAJADORES.....	24
3.9. PARALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS.....	24
3.10. DOCUMENTACIÓN .....	24
<b>4. DISPOSICIONES TÉCNICAS .....</b>	<b>25</b>
4.1. DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD QUE DEBERÁN APLICARSE EN LAS OBRAS .....	25
4.2. EQUIPOS DE PROTECCIÓN .....	25

4.2.1.	<i>Equipos de protección individual (EPIs)</i> .....	25
4.2.2.	<i>Equipos de protección colectiva</i> .....	27
4.3.	SEÑALIZACIÓN.....	28
4.3.1.	<i>Señalización de riesgos en el trabajo</i> .....	28
4.3.2.	<i>Señalización vial</i> .....	28
4.3.3.	<i>Características técnicas</i> .....	29
4.3.4.	<i>Montaje de las señales</i> .....	29
4.3.5.	<i>Protecciones durante la colocación de la señalización</i> .....	29
4.4.	ÚTILES Y HERRAMIENTAS PORTÁTILES.....	29
4.5.	MAQUINARIA.....	29
4.6.	INSTALACIONES PROVISIONALES.....	30
4.6.1.	<i>Instalación eléctrica</i> .....	30
4.6.2.	<i>Servicios de higiene y bienestar en obra</i> .....	32
<b>5.</b>	<b>DISPOSICIONES ECONÓMICO-ADMINISTRATIVAS</b> .....	<b>32</b>
<b>6.</b>	<b>PROCESO ANÁLISIS DE RIESGOS</b> .....	<b>33</b>
<b>7.</b>	<b>ACTIVIDADES DURANTE LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO</b> .....	<b>35</b>
7.1.	ACTIVIDADES PRINCIPALES.....	35
7.2.	IDENTIFICACIÓN DEL RIESGO.....	35
7.3.	NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD.....	36
7.4.	MOVIMIENTOS DE TIERRAS.....	37
7.4.1.	<i>Normas de seguridad</i> .....	37
7.4.2.	<i>Identificación de riesgos</i> .....	40
7.4.3.	<i>Señalización, protecciones colectivas y EPIs</i> .....	41
7.5.	CIMENTACIONES.....	43
7.5.1.	<i>Normas de seguridad</i> .....	43
7.5.2.	<i>Identificación de riesgos</i> .....	44
7.5.3.	<i>Señalización, protecciones colectivas y EPIs</i> .....	44
7.6.	MONTAJE DE EQUIPOS Y ESTRUCTURAS.....	45
7.6.1.	<i>Normas de seguridad</i> .....	45
7.6.2.	<i>Identificación de riesgos</i> .....	46
7.6.3.	<i>Señalización, protecciones colectivas y EPIs</i> .....	46
7.7.	INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	46
7.7.1.	<i>Normas de seguridad</i> .....	47
7.7.2.	<i>Identificación de riesgos</i> .....	49
7.7.3.	<i>Señalización, protecciones colectivas y EPIs</i> .....	50
7.8.	PUESTA EN MARCHA.....	50
7.8.1.	<i>Normas de seguridad</i> .....	50
7.8.2.	<i>Identificación de riesgos</i> .....	51
7.8.3.	<i>Señalización, protecciones colectivas y EPIs</i> .....	51
<b>8.</b>	<b>ANÁLISIS DE MÁQUINAS Y EQUIPOS</b> .....	<b>52</b>
8.1.	MÁQUINAS Y EQUIPOS.....	52
8.2.	NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD Y SALUD.....	53
8.3.	EQUIPOS DE PROTECCIÓN.....	55
8.4.	MAQUINARIA.....	56
8.4.1.	<i>Bulldozer</i> .....	56
8.4.2.	<i>Retroexcavadora</i> .....	56

8.4.3.	<i>Apisonadora</i> .....	59
8.4.4.	<i>Bañera y camión volquete</i> .....	60
8.4.5.	<i>Camión hormigonera</i> .....	60
8.4.6.	<i>Camión grúa y camión con pluma</i> .....	61
8.4.7.	<i>Dumper</i> .....	62
8.4.8.	<i>Autohormigonera</i> .....	63
8.4.9.	<i>Zanjadora</i> .....	64
8.4.10.	<i>Maquina hincapostes</i> .....	65
8.5.	EQUIPOS.....	68
8.5.1.	<i>Compresor neumático</i> .....	68
8.5.2.	<i>Martillo neumático</i> .....	68
8.5.3.	<i>Sierra circular portátil</i> .....	68
8.5.4.	<i>Instalación eléctrica auxiliar</i> .....	69
8.5.5.	<i>Escaleras manuales</i> .....	72
8.5.6.	<i>Andamios y plataformas de trabajo</i> .....	74
8.5.7.	<i>Estrobos, cables y cuerdas</i> .....	75
8.6.	INSTALACIONES PROVISIONALES.....	75
	<b>PLIEGO DE CONDICIONES ESS</b> .....	<b>77</b>
1.	<b>LEGISLACIÓN</b> .....	<b>78</b>
2.	<b>CONSIDERACIONES DE LOS EQUIPOS DE PROTECCIÓN COLECTIVA</b> .....	<b>80</b>
3.	<b>CONSIDERACIONES DE LOS EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL</b> .....	<b>80</b>
4.	<b>SEÑALIZACIÓN DE OBRA</b> .....	<b>81</b>
5.	<b>EQUIPOS DE SEGURIDAD DE LOS MEDIOS AUXILIARES, MÁQUINAS Y EQUIPOS</b> .....	<b>81</b>
6.	<b>FORMACIÓN E INFORMACIÓN A LOS TRABAJADORES</b> .....	<b>82</b>
7.	<b>ACCIONES A SEGUIR EN CASO DE ACCIDENTE LABORAL</b> .....	<b>83</b>
8.	<b>COMUNICACIONES INMEDIATAS EN CASO DE ACCIDENTE</b> .....	<b>84</b>
9.	<b>SEGURIDAD DE LA OBRA</b> .....	<b>84</b>
10.	<b>PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD</b> .....	<b>85</b>
11.	<b>OBLIGACIONES DE CADA CONTRATISTA ADJUDICATARIO EN MATERIA DE SEGURIDAD Y SALUD</b>	<b>86</b>
12.	<b>COORDINADOR DE SEGURIDAD Y SALUD</b> .....	<b>86</b>
13.	<b>LIBRO DE INCIDENCIAS</b> .....	<b>87</b>
14.	<b>SEGURIDAD DE RESPONSABILIDAD CIVIL Y PATRONAL</b> .....	<b>88</b>
15.	<b>SUBCONTRATACIÓN</b> .....	<b>88</b>
	<b>PRESUPUESTO ESS</b> .....	<b>90</b>
	<b>PLANOS ESS</b> .....	<b>94</b>

# Memoria ESS

## **1. Objeto del estudio de seguridad y salud**

El objeto del presente Estudio de Seguridad y Salud es establecer las directrices generales encaminadas a disminuir, en la medida de lo posible, los riesgos de accidentes laborales y enfermedades profesionales, así como a la minimización de las consecuencias de los accidentes que se produzcan, durante la ejecución de las obras de la instalación fotovoltaica para autoconsumo y sus infraestructuras de evacuación en el término municipal de Navalcarnero (Madrid).

El presente Estudio de Seguridad y Salud se ha elaborado en el marco de la Ley 31/1995 de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales, en cumplimiento del 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. También se ha dado cumplimiento al 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.

### **1.1. Datos generales**

#### **1.1.1. Datos del proyecto**

- Título: Proyecto ejecutivo de planta solar fotovoltaica Labrador en el T.M. de Navalcarnero (Madrid).
- Situación: Navalcarnero (Madrid).
- Presupuesto Ejecución (Según Proyecto): 4.570.203,47 € (I.V.A. incluido)

#### **1.1.2. Promotor**

- Nombre: PLANTA FOTOVOLTAICA IMAGESOL, S.L.
- C.I.F.: B-06844559
- Dirección: Glorieta Ruiz Jiménez, 3. Planta 1, Puerta DR, 28015, Madrid, Madrid

#### **1.1.3. Proyectista**

#### 1.1.4. Coordinador de seguridad y salud en proyecto

#### 1.1.5. Normas de seguridad aplicables

Las normativas indicadas en este punto serán de obligado cumplimiento durante la ejecución del Proyecto:

- Ley 31/1995 de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales.
- Ley 54/2003, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales.
- R.D. 171/2004, de 30 de enero, por la que se desarrolla el artículo 24 de la Ley 31/1995, De 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, en materia de coordinación de actividades empresariales.
- R.D. 604/2006, de 19 de mayo, por el que se modifican el R.D. 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, y el 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.
- RD 2177/2004, de 12 de noviembre, por el que se modifica el Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en materia de trabajos temporales en altura.
- R.D. 39/1997 de 17 de enero por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.
- R.D. 1627/1997 de 24 de octubre por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Ordenanza general de Seguridad e Higiene en el trabajo en los puntos no derogados (O.M. 09/03/1971)
- Orden de 28 de agosto de 1979 por la que se aprueba la Ordenanza de Trabajo de la Construcción, Vidrio y Cerámica en los puntos no derogados.
- R.D. 485/1997 de 14 de abril Señalización de Seguridad y Salud en el trabajo.

- R.D. 486/1997 de 14 de abril Seguridad y Salud en los locales de trabajo.
- R.D. 487/1997 de 14 de abril Manipulación manual de cargas.
- R.D. 773/1997 de 30 de mayo Utilización de Equipos de Protección Individual.
- R.D. 1215/1997 de 18 de julio por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas
- R.D. 614/2001 de 8 de junio sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- R.D. 5/2000 de 4 de agosto por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley sobre Infracciones y Sanciones en el Orden Social.
- R.D. 2001/1983 sobre regulación de jornadas de trabajo especiales y descansos.
- R.D. 374/2001 de 6 de abril sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.
- Decreto 840/2015, de 21 de septiembre, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas
- R.D. 212/2002, de 22 de febrero, por el que se regulan las emisiones sonoras en el entorno debido a determinadas máquinas de uso al aire libre.
- Real Decreto 2486/1994 de 23 de diciembre modifica el R.D. 1495/1991 sobre recipientes a presión simples.
- 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 159/1995 de 3 de febrero las modificaciones del R.D. 1435/1992 de aproximación de las legislaciones sobre los equipos de protección individual.
- Resolución de 10 de septiembre de 1998 que desarrolla el Reglamento de Aparatos de Elevación y Manutención.
- Resolución de 16 de junio de 1998 por el que se desarrolla el Reglamento de Aparatos a Presión.



- Orden de 29 de abril de 1999, modifica Orden de 6 de mayo de 1988 sobre requisitos y datos que deben reunir las comunicaciones de apertura previa o reanudación de actividades en los centros de trabajo.
- Resolución de 8 de abril de 1999 sobre delegación de Facultades en materia de Seguridad y salud en las obras de construcción. (complementa al R.D. 1627/1997).
- Orden de 27 de julio de 1999 por la que se determinan las condiciones que deben reunir los extintores de incendios instalados en vehículos de transporte de personas o mercancías.
- Real Decreto 1849/2000 de 10 de noviembre por el que se derogan diferentes disposiciones en materia de normalización y homologación de Productos Industriales.
- Ley 19/2001 de 19 de diciembre de reforma del texto articulado de la Ley sobre Tráfico, Circulación de Vehículos a Motor y Seguridad Vial, aprobado por R.D. legislativo 339/1990.
- Real Decreto 222/2001 por el que se dictan las disposiciones de aplicación a la Directiva 1999/36/CE relativa a equipos a presión transportables.
- Real Decreto 379/2001 por el que se aprueba el reglamento de almacenamiento de productos químicos y sus ITC's.
- Real Decreto 842/2002 por el que se aprueba el reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
- Ley 33/2002 de 5 de julio de modificación del art. 28 del texto refundido de la Ley del estatuto de los trabajadores.
- Orden 06-06-2003, de la Consejería de Agricultura y Medio Ambiente, por la que se regulan las campañas de prevención de incendios forestales.

#### 1.1.6. Obligaciones en Materia de Seguridad y Salud

- El Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre se ocupa de las obligaciones del Promotor, reflejadas en los Artículos 3 y 4; Contratista, en los Artículos 7, 11, 15 y 16; Subcontratistas, en el Artículo 11, 15 y 16 y Trabajadores Autónomos en el Artículo 12.
- El autor del encargo adoptará las medidas necesarias para que el Estudio de Seguridad y Salud quede incluido como documento integrante del Proyecto de Ejecución de Obra. Dicho Estudio de Seguridad y Salud será visado en el Colegio profesional correspondiente.

- Asimismo, se abonará al Contratista o Empresa Constructora, previa certificación del Coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra, las partidas incluidas en el documento Presupuesto del Plan de Seguridad y Salud. Si se implantasen elementos de seguridad no incluidos en el Presupuesto, durante la realización de la obra, éstos se abonarán igualmente a la Empresa Constructora, previa autorización del Coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra.
- El Promotor vendrá obligado a abonar al Coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra los honorarios devengados en concepto de aprobación del Plan de Seguridad y Salud, así como los de control y seguimiento del Plan de Seguridad y Salud.
- El Real Decreto 1627/1997 indica que cada contratista debe elaborar un Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- El Plan de Seguridad y Salud que analice, estudie, desarrolle y complemente este Estudio de Seguridad y Salud constará de los mismos apartados, así como la adopción expresa de los sistemas de producción previstos por el constructor, respetando fielmente el Pliego de Condiciones. Las propuestas de medidas alternativas de prevención incluirán la valoración económica de las mismas, que no podrán implicar disminución del importe total ni de los niveles de protección. La aprobación expresa del Plan quedará plasmada en acta firmada por el Coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra y el representante de la empresa constructora con facultades legales suficientes o por el propietario con idéntica calificación legal.
- La Empresa Constructora cumplirá las estipulaciones preventivas del Plan de Seguridad y Salud, respondiendo solidariamente de los daños que se deriven de la infracción del mismo por su parte o de los posibles subcontratistas o empleados.
- Para aplicar los principios de la acción preventiva, el empresario designará uno o varios trabajadores para ocuparse de dicha actividad, constituirá un Servicio de Prevención o concertará dicho servicio a una entidad especializada ajena a la Empresa.
- La definición de estos Servicios, así como la dependencia de determinar una de las opciones que hemos indicado para su desarrollo, está regulado en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales 31/95 en sus artículos 30 y 31, así como en la Orden del 27 de junio de 1997 y Real Decreto 39/1997 de 17 de enero.
- El incumplimiento por los empresarios de sus obligaciones en materia de prevención de riesgos laborales dará lugar a las responsabilidades que están reguladas en el artículo 42 de dicha Ley.

- El empresario deberá elaborar y conservar a disposición de la autoridad laboral la documentación establecida en el Artículo 23 de la Ley 31/1995, de Prevención de Riesgos Laborales.
- El empresario deberá consultar a los trabajadores la adopción de las decisiones relacionadas en el Artículo 33 de la Ley 31/1995, de Prevención de Riesgos Laborales.
- La obligación de los trabajadores en materia de prevención de riesgos está regulada en el Artículo 29 de la Ley 31/1995, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Los trabajadores estarán representados por los Delegados de Prevención ateniéndose a los Artículos 35 y 36 de la Ley 31/1995, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Se deberá constituir un Comité de Seguridad y Salud según se dispone en los Artículos 38 y 39 de la Ley 31/1995, de Prevención de Riesgos Laborales.

## 1.2. Características de la obra

### 1.2.1. Descripción de la obra

La Planta Solar Fotovoltaica se localiza en el término municipal de Navalcarnero (Madrid), ubicada al noroeste del núcleo urbano de Navalcarnero. El fin de la instalación es la generación de energía eléctrica y evacuación en la red.

Las coordenadas de referencia de la ubicación de la Planta son las siguientes:

Coordenadas UTM ETRS89 Huso 30	
<b>Zona Este</b>	X: 410.396,36 Y: 4.464.163,15
<b>Zona Oeste</b>	X: 409.332,71 Y: 4.464.731,60

Tabla 1. Coordenadas del emplazamiento

Las parcelas catastrales en las que se ubicará la instalación fotovoltaica son las siguientes:

Municipio	Polígono	Parcela	Área (m2)	Referencia catastral
Navalcarnero	33	149	48.212	28096A033001490000WU
Navalcarnero	33	103	68.756	28096A033001030000WM

Tabla 2. Datos catastrales

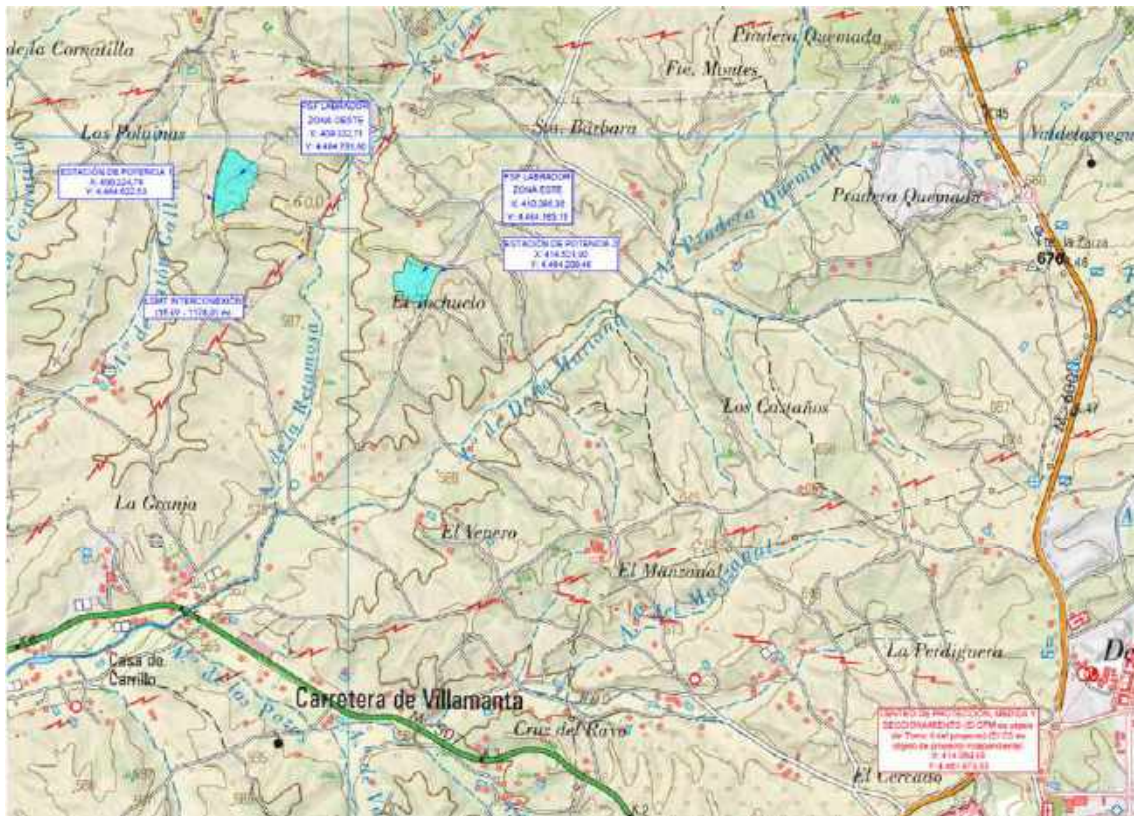


Ilustración 1. Situación

La superficie total de las parcelas es 11,69 Ha, cuya superficie ocupada por la instalación fotovoltaica mediante su cerramiento perimetral es de 8,82 Ha, con una longitud de vallado total de 1.789,18 m.

### 1.2.2. Centros asistenciales más próximos

El mapa sanitario de Madrid está compuesto por varias unidades técnicas del área de salud pública.



*Ilustración 2. Mapa de las Direcciones Asistenciales de Atención Primaria del Servicio Madrileño de Salud (SERMAS) de la Comunidad de Madrid (España)*

El término municipal de Navalcarnero pertenece a la unidad de salud III D.A. Oeste.

En la tabla de abajo se detallan las principales características de los centros de salud de la zona de actuación:

Unidad técnica	Nombre	Dirección	Teléfono/Fax
Navalcarnero	Centro de Salud Navalcarnero	Calle de la Doctora, 10. 28600 Navalcarnero	91 811 28 02
Móstoles	Hospital Rey Juan Carlos	C. Gladiolo, s/n, 28933 Móstoles, Madrid	914 81 62 25

*Tabla 3. Centros de salud*

Adicionalmente, en la tabla de abajo se muestran los contactos de interés (Ayuntamiento) del municipio:

Servicio	Municipio	Dirección	Teléfono
Ayuntamiento	Navalcarnero	Plaza de Francisco Sandoval, 1, 28600 Navalcarnero, Madrid	918 10 13 30

Tabla 4. Servicios de interés

### 1.2.3. Acceso a la obra y vallado

Con antelación al inicio de los trabajos, se dispondrá el vallado perimetral provisional del recinto de obras, con el fin de evitar que cualquier persona ajena a la obra tenga fácil acceso a la misma.

El acceso a la obra se realizará por las zonas de paso establecidas. Se considerarán las siguientes medidas de protección para minimizar el riesgo a las personas que transiten en las inmediaciones de la obra:

- Montaje de vallas metálicas separando la zona de obra de la zona de tránsito.
- Colocación de barreras, barandillas o medios alternativos para guiar a los trabajadores cuando deban atravesar lugares peligrosos (riesgo de caída, presencia de energía eléctrica, etc.).
- Disposición de vías de evacuación efectivas que permitan a los trabajadores salir de la obra rápidamente y de forma segura de ser necesario.

Los accesos de materiales y para el personal, estarán debidamente señalizados. En dichos accesos, en sitio visible, se colocarán carteles prohibiendo la entrada a personas ajenas a la obra. Esta acción de colocación de señales se debe realizar previa al inicio de los trabajos en la obra acondicionando los accesos con señalizaciones del tipo:

- Prohibido el paso de toda persona ajena a la obra.
- Prohibido fumar y encender fuego.
- Protección obligatoria de la cabeza.

### 1.2.4. Personal en obra y duración de la obra

La duración estimada de la obra es de 8 meses, con una presencia permanente de 25 trabajadores.

## 1.3. Alcance

El presente Estudio de Seguridad y Salud será de aplicación a todas las obras necesarias para la construcción del Parque Solar Fotovoltaico objeto del Proyecto. Entre otras, estas incluyen la obra civil, el montaje de los módulos fotovoltaicos, inversores, centros de transformación, y líneas de eléctricas, de control y de comunicaciones, y en general, todas las demás tareas necesarias para su puesta en funcionamiento.

Lo estipulado en este Estudio de Seguridad y Salud alcanza a todos los trabajos a realizar tanto por el Contratista principal, como por los subcontratistas, es de obligado cumplimiento para todas las personas de las diferentes organizaciones que intervengan durante la ejecución del Proyecto.

En concreto, trata lo siguiente sobre la Seguridad y Salud durante la ejecución del Proyecto:

- Exponer las obligaciones en materia de Seguridad y Salud en el trabajo del Contratista adjudicatario del Proyecto.
- Concretar la calidad de la prevención decidida.
- Exponer las normas preventivas de obligado cumplimiento en los casos determinados por el Proyecto de Ejecución.
- Fijar unos determinados niveles de calidad de toda la prevención que se prevé utilizar con el fin de garantizar su éxito.
- Definir las formas de efectuar el control de la prevención durante la ejecución del Proyecto.
- Establecer un determinado programa formativo en materia de Seguridad y Salud que sirva para implantar con éxito la prevención diseñada.

Todo lo anterior se establece con el objetivo final de conseguir que la ejecución del Proyecto resulte sin accidentes ni enfermedades profesionales, al cumplir los objetivos fijados en la memoria de Seguridad y Salud.

#### **1.4. Coordinador de seguridad y salud**

Esta figura de la seguridad y salud fue creada mediante los Artículos 3, 4, 5 y 6 de la Directiva 92/57 C.E.E. -Disposiciones mínimas de seguridad y salud que deben aplicarse a las obras de construcciones temporales o móviles-. El Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre transpone a nuestro Derecho Nacional esta normativa incluyendo en su ámbito de aplicación cualquier obra pública o privada en la que se realicen trabajos de construcción o ingeniería civil.

En el Artículo 3 del Real Decreto 1627/1997 se regula la figura de los Coordinadores en materia de seguridad y salud.

En el Artículo 8 del Real Decreto 1627/1997 refleja los principios generales aplicables al proyecto de obra.

De acuerdo con el artículo 3 del Real Decreto 1627/1997, si en la obra interviene más de una empresa, o una empresa y trabajadores autónomos, o más de un trabajador autónomo, el Promotor deberá designar un Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución del Proyecto.

Aquellos contratistas que intervengan en la ejecución de la obra, cuyos trabajos o suministros entren en los supuestos contemplados en la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales, quedarán obligados a la redacción de un Plan de Seguridad en consonancia con el presente Estudio de Seguridad y Salud y con lo previsto en dicho Real Decreto, en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en este Estudio y en función de su propio sistema de ejecución de obra.

Los Planes de Seguridad y Salud, que estarán sujetos a su aprobación por el Coordinador de Seguridad de la Obra, serán los documentos de referencia en cuanto a la aplicación específica de las medidas de prevención, seguridad y salud en cada uno de los trabajos contemplados en el Proyecto de Ejecución. Durante la ejecución del Proyecto se deberán aplicar, en todo momento, los principios de la acción preventiva.

## 1.5. Seguros

Será preceptivo en la obra, que los técnicos responsables dispongan de cobertura de responsabilidad civil profesional. De igual modo, el contratista debe disponer de cobertura de responsabilidad civil en el ejercicio de su actividad industrial, cubriendo el riesgo inherente a su actividad como constructor por los daños a terceras personas de los que pueda resultar responsabilidad civil extracontractual a su cargo, por hechos nacidos de culpa o negligencia; imputables al mismo o a personas de las que debe responder; se entiende que esta responsabilidad civil debe quedar ampliada al campo de la responsabilidad civil patronal.

El Contratista viene obligado a la contratación de su cargo en la modalidad de todo riesgo a la construcción durante el plazo de ejecución de la obra con ampliación de un período de mantenimiento de un año, contado a partir de la fecha de terminación definitiva de la obra.

## 2. Prevención de riesgos laborales

### 2.1. Formación en materia de prevención de riesgos laborales

Antes de comenzar la ejecución del Proyecto, los trabajadores deberán estar informados de los riesgos propios de los trabajos que van a realizar, de las técnicas preventivas, y se deberá promover la cultura de seguridad laboral.

Para la divulgación de la formación en materia de prevención de riesgos laborales, además de los sistemas de divulgación escrita, tales como folletos o carteles, ocuparán un lugar primordial las charlas.

#### 2.1.1. Charla de seguridad y primeros auxilios para el personal de ingreso en obra

Todo el personal, antes de comenzar sus trabajos, deberá asistir a una charla en la que será informado de los riesgos generales de la obra, de las medidas de prevención,



de las normas de seguridad de obligado cumplimiento y de nociones básicas de primeros auxilios.

Se prevé que al comienzo de los trabajos el Jefe de Obra o el responsable de seguridad, imparta una charla de prevención a la que deberán asistir todos los trabajadores, a fin de tratar los temas siguientes:

- Características de la obra.
- Métodos y procedimientos previstos.
- Protecciones colectivas y EPIs.
- Resumen del Plan de Seguridad y Salud.
- Actuaciones en caso de incidente o accidente.

#### 2.1.2. Charla sobre riesgos específicos

Las charlas sobre riesgos específicos estarán dirigidas a los grupos de trabajadores sujetos a riesgos concretos, en función de las actividades que desarrollen. Estas charlas serán impartidas por los responsables directos de los trabajos o por los responsables de seguridad de la obra.

Si sobre la marcha de los trabajos, se detectasen situaciones de especial riesgo en determinadas tareas o fases de trabajo no contempladas previamente, se deberá programar las charlas específicas, impartidas por el responsable de seguridad, encaminadas a dar la formación necesaria.

### 2.2. Documentación a disposición del coordinador de seguridad y salud

La siguiente documentación deberá estar en todo momento disponible en obra y a disposición del Coordinador de Seguridad y Salud:

- Plan de Seguridad y Salud aprobado.
- Modelos TC1 y TC2 de la Seguridad Social.
- Comunicación apertura del centro de trabajo.
- Seguro de Responsabilidad Civil.
- Reconocimientos médicos.
- Certificados de maquinaria.
- Acreditación de formación e información en materia de prevención de riesgos laborales.
- Registro de entrega de Equipos de Protección Individual (EPIs).

- Libro de Incidencias, que constará de hojas por duplicado, para el control y seguimiento del Plan de Seguridad y Salud por parte de la Inspección de Seguridad y Salud en el trabajo, según lo dispuesto en el artículo 13 del Real Decreto 1627/1997.

### **2.3. Reconocimiento médico de los trabajadores**

Tal como se establece en la Legislación Vigente, todos los trabajadores que intervengan en la construcción de las obras objeto de este Proyecto pasarán los reconocimientos médicos previstos en función del riesgo a que, por su oficio u ocupación, vayan a estar sometidos.

### **2.4. Accidentes In Itinere**

Se deberá concienciar a todos los operarios que participen en la ejecución de este Proyecto, de la necesidad de cumplir la legislación vigente en materia vial, así como de circular a una velocidad moderada y ajustada a las condiciones meteorológicas y al estado de la carretera.

Todos los vehículos utilizados deberán haber pasado las correspondientes revisiones indicadas por el fabricante, presentando un buen estado de conservación.

### **2.5. Primeros auxilios**

La primera asistencia médica a los posibles accidentados será realizada en obra por personal capacitado haciendo uso de un botiquín de primeros auxilios, y en segunda instancia por los servicios médicos de la mutua laboral concertada por el Contratista o, cuando la gravedad o tipo de asistencia lo requiera, por los servicios de urgencia de los hospitales públicos o privados más próximos.

El botiquín se revisará mensualmente y se repondrá inmediatamente lo consumido. El contenido mínimo será el exigido por la ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

En la obra se dispondrá, en todo momento, de un vehículo para hacer una evacuación inmediata, de un medio de comunicación y de un botiquín. Además, todo el personal deberá tener unos conocimientos básicos de primeros auxilios.

Se dispondrá en obra de una nota escrita, colocada en un lugar visible y de la que se informará y dará copia a todos los contratistas, con una relación de las direcciones y teléfonos de los hospitales más cercanos, tal como indica el apartado A3 del Anexo VI del Real Decreto 486/1997.

## 2.6. Protección de la maternidad

La evaluación de los riesgos deberá comprender la determinación de la naturaleza, el grado y la duración de la exposición de las trabajadoras en situación de embarazo o parto reciente, a agentes, procedimientos o condiciones de trabajo que puedan influir negativamente en la salud de las trabajadoras o del feto, adoptando, en su caso, las medidas necesarias para evitar la exposición a dicho riesgo.

## 2.7. Protección de los menores

Antes de la incorporación al trabajo de jóvenes menores de dieciocho años, y previamente a cualquier modificación importante de sus condiciones de trabajo, el empresario deberá efectuar una evaluación de los puestos de trabajo a desempeñar por los mismos, a fin de determinar la naturaleza, el grado y la duración de su exposición, teniendo especialmente en cuenta los riesgos derivados de su falta de experiencia, de su inmadurez para evaluar los riesgos existentes o potenciales y de su desarrollo todavía incompleto.

## 2.8. Seguro de riesgos laborales

El Contratista acreditará que tiene contratada y en vigencia una póliza de seguro de riesgos laborales que cubra los accidentes laborales y las enfermedades profesionales que puedan ocurrir durante la ejecución del Proyecto.

## 3. Disposiciones facultativas

### 3.1. Obligaciones del contratista

El Contratista, con la ayuda de colaboradores, deberá cumplir y hacer cumplir las siguientes obligaciones en materia de Seguridad y Salud:

- Cumplir y hacer cumplir en la obra, todas las obligaciones exigidas por la legislación vigente.
- Transmitir las consideraciones en materia de seguridad y prevención a todos los trabajadores propios, a las empresas subcontratistas y los trabajadores autónomos de la obra, y hacerla cumplir con las condiciones expresadas en los documentos de la Memoria y Pliego.
- Entregar a todos los trabajadores de la obra independientemente de su afiliación empresarial, subcontratada o autónoma, los equipos de protección individual especificados en la Memoria, para que puedan utilizarse de forma inmediata y eficaz.

- Montar a su debido tiempo todas las protecciones colectivas establecidas, mantenerlas en buen estado, cambiarlas de posición y retirarlas solo cuando no sea necesaria.
- Montar a tiempo las instalaciones provisionales para los trabajadores, mantenerles en buen estado de confort y limpieza, hacer las reposiciones de material fungible y la retirada definitiva. Estas instalaciones podrán ser utilizadas por todos los trabajadores de la obra, independientemente de si son trabajadores propios, subcontratistas o autónomos.
- Establecer un riguroso control y seguimiento en obra de aquellos trabajadores menores de 18 años.
- Observar una vigilancia especial con aquellas mujeres embarazadas que trabajen en obra.
- Cumplir lo expresado en el apartado actuaciones en caso de accidente laboral.
- Informar inmediatamente a la Dirección de Obra de los accidentes, tal como se indica en el apartado comunicaciones en caso de accidente laboral.
- Disponer en la obra de un acopio suficiente de todos los artículos de prevención nombrados en la Memoria y en las condiciones expresadas en la misma.
- Establecer los itinerarios de tránsito de mercancías y señalizarlos debidamente.
- Colaborar con la Dirección de Obra para encontrar la solución técnico-preventiva de los posibles imprevistos del Proyecto o bien sea motivados por los cambios de ejecución o bien debidos a causas climatológicas adversas, y decididos sobre la marcha durante las obras.
- El contratista está obligado a redactar un Plan de Seguridad e Higiene adaptando el presente estudio a sus medios y métodos de ejecución. Los cambios introducidos en el mismo en los medios y equipos de protección, aprobados por la Dirección Facultativa de Seguridad e Higiene se presupuestarán previa la aceptación de los precios correspondientes y sobre las mediciones reales en obra, siempre que no implique variación del importe total de Presupuesto previsto en este Estudio de Seguridad.

### 3.2. Información y formación

El Contratista queda obligado a transmitir las informaciones necesarias a todo el personal que intervenga en la obra, con el objetivo de que todos los trabajadores de la misma tengan un conocimiento de los riesgos propios de su actividad laboral, así como de las conductas a adoptar en determinadas maniobras, y del uso correcto de las protecciones colectivas y de los equipos de protección individual necesarios.

Independientemente de la información de tipo convencional que reciban los trabajadores, la Empresa les transmitirá la información específica necesaria, mediante cursos de formación que tendrán los siguientes objetivos:

- Conocer los contenidos preventivos del Plan de Seguridad y Salud.
- Comprender y aceptar su aplicación.
- Crear entre los trabajadores, un auténtico ambiente de prevención de riesgos laborales.

### 3.3. Accidente laboral

#### 3.3.1. Actuaciones

Actuaciones a seguir en caso de accidente laboral:

- El accidente laboral debe ser identificado como un fracaso de la prevención de riesgos. Estos fracasos pueden ser debidos a multitud de causas, entre las que destacan las de difícil o nulo control, por estar influidas de manera importante por el factor humano.
- En caso de accidente laboral se actuará de la siguiente manera:
  - El accidentado es lo más importante y por tanto se le atenderá inmediatamente para evitar la progresión o empeoramiento de las lesiones.
  - En las caídas a diferente nivel se inmovilizará al accidentado.
  - En los accidentes eléctricos, se extremará la atención primaria en la obra, aplicando las técnicas especiales de reanimación hasta la llegada de la ambulancia.
  - Se evitará, siempre que la gravedad del accidentado lo permita según el buen criterio de las personas que le atienden, el traslado con transportes particulares por la incomodidad y riesgo que implica.

#### 3.3.2. Comunicaciones

Comunicaciones en caso de accidente laboral:

- Accidente leve.
  - Al Coordinador de Seguridad y Salud.
  - A la Dirección de Obra, para investigar las causas y adoptar las medidas correctoras adecuadas.
  - A la Autoridad Laboral según la legislación vigente.

- Accidente grave.
  - Al Coordinador de Seguridad y Salud.
  - A la Dirección de Obra, para investigar las causas y adoptar las medidas correctoras adecuadas.
  - A la Autoridad Laboral según la legislación vigente.
- Accidente mortal.
  - Al Juzgado de Guardia.
  - Al Coordinador de Seguridad y Salud.
  - A la Dirección de Obra, para investigar las causas y adoptar las medidas correctoras adecuadas.
  - A la Autoridad Laboral según la legislación vigente.

### 3.3.3. Actuaciones administrativas

El Jefe de Obra, en caso de accidente laboral, realizará las siguientes actuaciones administrativas:

- Accidente sin baja laboral.
- Se redactará la hoja oficial de accidentes de trabajo sin baja médica, que se presentará a la entidad gestora o colaboradora dentro del Plazo de los 5 primeros días del mes siguiente.
- Accidente con baja laboral.
- Se redactará un parte oficial de accidente de trabajo, que se presentará a la entidad gestora o colaboradora dentro del Plazo de 5 días hábiles, contados a partir de la fecha del accidente.
- Accidente grave, muy grave o mortal.
- Se comunicará a la Autoridad Laboral, por teléfono o fax, dentro del Plazo de 24 horas contadas a partir de la fecha del accidente.

### 3.4. Aprobación de certificaciones

- El Coordinador en materia de Seguridad y Salud o la Dirección Facultativa en su caso, serán los encargados de revisar y aprobar las certificaciones correspondientes al Plan de Seguridad y Salud y serán presentadas a la Propiedad para su abono.

- Una vez al mes el Contratista extenderá la valoración de las partidas que, en materia de Seguridad y Salud se hubiesen realizado en la obra. La valoración se hará conforme al Plan de Seguridad y Salud y de acuerdo con los precios contratados por la Propiedad. Esta valoración será visada y aprobada por la Dirección Facultativa y sin este requisito no podrá ser abonada por la propiedad.
- El abono de las certificaciones expuestas en el párrafo anterior se hará conforme se estipule en el contrato de obra.
- Se tendrá en cuenta a la hora de redactar el presupuesto del apartado de seguridad, sólo las partidas que intervienen como medidas de seguridad y salud, haciendo omisión de medios auxiliares, sin los cuales la obra no se podría realizar.
- En caso de plantearse una revisión de precios, el Contratista comunicará esta proposición a la Propiedad por escrito, habiendo obtenido la aprobación previa del Coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra.

### 3.5. Precios contradictorios

En el supuesto de aparición de riesgos no evaluados previamente en el Estudio o Plan de Seguridad y Salud que precisarán medidas de prevención con precios contradictorios, para su puesta en la obra, deberán previamente ser autorizados por parte del Coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra o por la Dirección Facultativa en su caso.

### 3.6. Libro de incidencias

El Artículo 13 del Real Decreto 1627/97 regula las funciones de este documento.

Dicho libro será habilitado y facilitado al efecto por el Colegio Profesional al que pertenezca el técnico que haya aprobado el Plan de Seguridad y Salud o en su caso del Estudio Básico de Seguridad y Salud.

Las hojas deberán ser presentadas en la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia en que se realiza la obra por el Coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra o, en su caso, por la Dirección Facultativa en el plazo de veinticuatro horas desde la fecha de la anotación. Las anotaciones podrán ser efectuadas por la Dirección Facultativa de la obra, el Coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra, los contratistas y subcontratistas, 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.

Las anotaciones estarán, únicamente relacionadas con el control y seguimiento y especialmente con la inobservancia de las medidas, instrucciones y recomendaciones preventivas recogidas en los Planes de Seguridad y Salud respectivos.

### **3.7. Libro de ordenes**

Las órdenes de Seguridad y Salud se recibirán de la Dirección de Obra, a través de la utilización del Libro de Órdenes y Asistencias de la obra. Las anotaciones aquí expuestas, tienen categoría de órdenes o comentarios necesarios para la ejecución de la obra.

### **3.8. Derechos de los trabajadores**

Los contratistas y subcontratistas deberán garantizar que los trabajadores reciban una información adecuada y comprensible de todas las medidas que hayan de adoptarse en lo que se refiere a seguridad y salud en la obra.

Una copia del plan de seguridad y salud y de sus posibles modificaciones, a los efectos de su conocimiento y seguimiento, será facilitada por el contratista a los representantes de los trabajadores en el centro de trabajo.

### **3.9. Paralización de los trabajos**

Sin perjuicio de lo previsto en los apartados 2 y 3 del artículo 21 y en el artículo 44 de la ley de prevención de riesgos laborales, cuando el coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra o cualquier otra persona integrada en la dirección facultativa observase incumplimiento de las medidas de seguridad y salud, advertirá al contratista de ello, dejando constancia de tal incumplimiento en el libro de incidencias, cuando éste exista de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 13, apartado 1º del real decreto 1627/1997, y quedando facultado para, en circunstancias de riesgo grave e inminente para la seguridad y salud de los trabajadores, disponer la paralización de los tajos o, en su caso, de la totalidad de la obra.

En el supuesto previsto anteriormente, la persona que hubiera ordenado la paralización deberá dar cuenta a los efectos oportunos a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social correspondiente, a los contratistas y, en su caso, a los subcontratistas afectados por la paralización, así como a los representantes de los trabajadores de éstos.

### **3.10. Documentación**

El empresario deberá elaborar y conservar a disposición de la autoridad laboral la siguiente documentación:



- Evaluación de los riesgos para la seguridad y salud en el trabajo, y planificación de la acción preventiva.
- Medidas de protección y prevención a adoptar.
- Resultado de los controles periódicos de las condiciones de trabajo.
- Práctica de los controles del estado de salud de los trabajadores.
- Relación de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales que hayan causado al trabajador una incapacidad laboral superior a un día de trabajo.

#### **4. Disposiciones técnicas**

##### **4.1. Disposiciones mínimas de seguridad y salud que deberán aplicarse en las obras**

El Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, en su Anexo IV regula las disposiciones mínimas de seguridad y salud que deberán aplicarse en las obras, dentro de tres apartados.

- Disposiciones mínimas generales relativas a los lugares de trabajo en las obras.
- Disposiciones mínimas específicas a los puestos de trabajo en las obras en el interior de los locales.
- Disposiciones mínimas específicas relativas a los puestos de trabajo en las obras en el exterior de los locales.

##### **4.2. Equipos de protección**

###### **4.2.1. Equipos de protección individual (EPIs)**

Todo equipo de protección individual que se emplee durante la ejecución del Proyecto se ajustará a lo siguiente:

- El Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, establece en el marco de la Ley 31/1995 de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos laborales, en sus Artículos 5, 6 y 7, las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la elección, utilización por los trabajadores en el trabajo y mantenimiento de los equipos de protección individual (EPIs).
- Los EPIs deberán utilizarse cuando existen riesgos para la seguridad o salud de los trabajadores que no hayan podido evitarse o limitarse suficientemente por medios técnicos de protección colectiva o mediante medidas, métodos o procedimientos de organización del trabajo.

- El Anexo III del Real Decreto 773/1997 relaciona una -Lista indicativa y no exhaustiva de actividades y sectores de actividades que pueden requerir la utilización de equipos de protección individual-.
- El Anexo I del Real Decreto 773/1997 detalla una Lista indicativa y no exhaustiva de equipos de protección individual-.
- En el Anexo IV del Real Decreto 773/1997 se relaciona las -Indicaciones no exhaustivas para la evaluación de equipos de protección individual-.
- El Real Decreto 1407/1992, de 20 de noviembre, establece las condiciones mínimas que deben cumplir los equipos de protección individual (EPIs), el procedimiento mediante el cual el Organismo de Control comprueba y certifica que el modelo tipo de EPI cumple las exigencias esenciales de seguridad requeridas en este Real Decreto, y el control por el fabricante de los EPIs fabricados, todo ello en los Capítulos II, V y VI de este Real Decreto.
- El Real Decreto 159/1995, de 3 de febrero, del Ministerio de Presidencia. Seguridad e Higiene en el Trabajo - Comunidad Europea, modifica algunos artículos del Real Decreto 1407/1992.

Además, para la elección de los equipos de protección individual que se utilizarán para la prevención de los riesgos detectados durante la ejecución del Proyecto también se considerará lo siguiente:

- Las protecciones individuales deberán estar homologadas.
- Tendrán la marca CE.
- Si no existe en el mercado un determinado equipo de protección individual que tenga la marca CE, se admitirán los siguientes supuestos:
- Que tenga la homologación MT.
- Que tenga una homologación equivalente, de cualquiera de los Estados Miembros de la Unión Europea.
- Si no existe la homologación descrita en el punto anterior, será admitida una homologación equivalente existente en los Estados Unidos de Norte América.
- De no cumplirse en cadena, ninguno de los tres supuestos anteriores, se entenderá que el equipo de protección individual está expresamente prohibido para su uso en esta obra.
- Los equipos de protección individual que cumplan las indicaciones del apartado anterior tienen autorizado su uso durante el periodo de vigencia.
- De entre los equipos autorizados, se utilizarán los más cómodos y operativos, con la finalidad de evitar las negativas a su uso por parte de los trabajadores.

- Se investigarán los abandonos de los equipos de protección, con la finalidad de razonar con el usuario y hacer que se den cuenta de la importancia que realmente tienen para ellos.
- Cualquier equipo de protección individual en uso que esté deteriorado o roto, será sustituido inmediatamente, quedando constancia en la oficina de obra del motivo del cambio, así como el Nombre de la Empresa y de la persona que recibe el nuevo equipo, con el fin de dar la máxima seriedad posible a la utilización de estas protecciones.
- Una vez los equipos hayan llegado a su fecha de caducidad se dejarán en un acopio ordenado, que será revisado por la Dirección de obra para que autorice su eliminación de la obra.

#### 4.2.2. Equipos de protección colectiva

Los elementos de protección colectiva se ajustarán a las características fundamentales siguientes:

- Señales: Estarán de acuerdo con la normativa vigente.
- Vallas autónomas de limitación y protección: Tendrán como mínimo 90 cm de altura, estando construidas a base de tubos metálicos. Dispondrán de patas para mantener su verticalidad. Las patas serán tales que, en caso de caída de la valla, no supongan un peligro en sí mismas al colocarse en posición aproximadamente vertical.
- Pasarelas: Las pasarelas para el paso peatonal serán de madera y estarán formadas por tablones (60 cm) trabados entre sí y bordeados por barandillas de 90 cm de altura, formadas por pasamanos, listón intermedio y rodapié.
- Su tablero no presentará huecos y será capaz de resistir los impactos producidos por la caída de materiales.
- Escaleras de mano: Cumplirán con lo establecido en el artículo 19 de la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- Topes de desplazamiento de vehículos: Se podrán realizar con un par de tablones embridados, fijados al terreno por medio de redondos hincados al mismo, o de otra forma eficaz.
- Redes: Serán de poliamida. Sus características generales serán tales que cumplen, con garantía, la función protectora para la que están previstas.
- Plataformas de trabajo: Tendrán como mínimo 60 cm de ancho y las situadas a más de 2 m del suelo, estarán dotadas de barandilla de 90 cm de altura, listón intermedio y rodapié.

- Cables de sujeción del cinturón de seguridad, sus anclajes, soportes y anclajes de redes: Tendrán suficiente resistencia para soportar los esfuerzos a que puedan ser sometidos de acuerdo con su función protectora.
- Interruptores diferenciales y tomas de tierra: La sensibilidad mínima de los interruptores diferenciales será para alumbrado de 30 mA y para fuerza de 300 mA.
- La resistencia de las tomas de tierra no será superior a la que garantice, de acuerdo con la sensibilidad del interruptor diferencial, una tensión máxima de 24 V.
- Se medirá su resistencia periódicamente y, al menos, en la época más seca del año.
- Extintores: Serán adecuadas en agente extintor y tamaño al tipo de incendio previsible, y se revisarán cada 6 meses como máximo.
- Pórticos limitadores de galibo: Dispondrán de dintel debidamente señalizado.
- Se situarán carteles a ambos lados del pórtico anunciando dicha limitación de altura.
- Medios auxiliares de topografía: Estos medios tales como cintas, jalones, miras, etc. serán dieléctricos, dado el riesgo de electrocución por las líneas eléctricas.
- Riegos: Las pistas para tráfico de obra, se regarán convenientemente para evitar levantamiento de polvo.
- Rampas de acceso: Las rampas para el movimiento de camiones no tendrán pendientes superiores al 12% en los tramos rectos y el 8% en las curvas.

### 4.3. Señalización

#### 4.3.1. Señalización de riesgos en el trabajo

Esta señalización cumplirá con el contenido del Real Decreto 485 de 14 de abril de 1997 que desarrolle los preceptos específicos sobre señalización de riesgos en el trabajo según la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de riesgos laborales.

#### 4.3.2. Señalización vial

Esta señalización cumplirá con el nuevo -Código de Circulación- y la Instrucción de Carreteras 8.3-IC.

#### 4.3.3. Características técnicas

Se utilizarán señales nuevas y normalizadas según la Instrucción de Carreteras 8.3-IC.

#### 4.3.4. Montaje de las señales

- Se ha de tener en cuenta tanto el riesgo de ser atropellado por los vehículos que circulen por la zona de las obras como el riesgo de caer desde una determinada altura mientras se instala una señal.
- Se tendrá siempre presente, que normalmente la señalización vial se monta y desmonta con la zona de las obras abierta al tráfico rodado, y que los conductores que no saben que se encontraran con esta actividad circulen confiadamente, por tanto, es una operación crítica con un alto riesgo tanto para a los operarios que trabajen como para a los usuarios de la vía que se pueden ver sorprendidos inesperadamente.

#### 4.3.5. Protecciones durante la colocación de la señalización

Los operarios que realicen este trabajo tendrán que ir equipados con el siguiente material:

- Ropa de trabajo con franjas reflectantes.
- Guantes.
- Botas de seguridad.
- Casco de seguridad.

#### 4.4. Útiles y herramientas portátiles

Se considerará la siguiente normativa al respecto:

- La Ordenanza de Seguridad e Higiene en el Trabajo de 9 de marzo de 1971 regula las características y condiciones de estos elementos en sus artículos 94 a 99.
- El Real Decreto 1215/1997 de 18 de julio establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Los Reales Decretos 1435/1992 y 56/1995 sobre seguridad en máquinas.

#### 4.5. Maquinaria

Se considerará la siguiente normativa al respecto:

- La Ordenanza de Seguridad e Higiene en el Trabajo, de 9 de marzo de 1971, regula las características y condiciones de estos elementos en sus artículos 100 a 124.
- Reglamento de Aparatos de Elevación y Manutención de los mismos, Real Decreto 2291/1985, de 8 de noviembre (Grúas torre).
- Instrucción Técnica Complementaria ITC-MIE-AEM-3 del Reglamento de Aparatos de Elevación y Manutención referente a carretillas automotoras aprobada por Orden de 26 de mayo de 1989.
- Reales Decretos 1435/1992 y 56/1995 sobre seguridad en máquinas.
- Reglamento de Seguridad en las Máquinas, Real Decreto 1595/1986, de 26 de mayo, modificado por el Real Decreto 830/1991 de 24 de mayo.
- Aplicación de la Directiva del Consejo 89-392-CEE, Real Decreto 1435/1992, de 27 de noviembre, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre máquinas.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y sus instrucciones técnicas complementarias que lo desarrollan.

#### 4.6. Instalaciones provisionales

Se tendrá en cuenta la siguiente normativa para las instalaciones provisionales durante la ejecución del Proyecto:

- Se atenderá a lo dispuesto en el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, en su Anexo IV.
- El Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- La Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Orden de 9 de marzo de 1971, regula sus características y condiciones.

##### 4.6.1. Instalación eléctrica

- La instalación eléctrica provisional de obra se realizará siguiendo las pautas señaladas en los apartados correspondientes de la Memoria Descriptiva y de los planos, debiendo ser realizada por empresa autorizada y siendo de aplicación lo señalado en el vigente Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión -Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto- y sus instrucciones técnicas complementarias que lo desarrollan.
- El calibre o sección del cableado serán acordes a la carga eléctrica que ha de soportar en función de la maquinaria e iluminación prevista.

- Los cables a emplear en acometidas e instalaciones exteriores serán de tensión asignada mínima 450/750 V, con cubierta de policloropreno o similar, según UNE 21.027 o UNE 21.150 y aptos para servicios móviles.
- Para instalaciones interiores los cables serán de tensión asignada mínima 300/500 V, según UNE 21.027 o UNE 21.031, y aptos para servicios móviles.
- En caso de efectuarse tendido de cables y mangueras, éste se realizará a una altura mínima de 2 m. en los lugares peatonales y de 5 m. en los de vehículos, medidos sobre el nivel del pavimento.
- El tendido de los cables para cruzar viales de obra se efectuará enterrado. Su instalación será conforme a lo indicado en ITC-BT-20 e ITC-BT-21. Se señalará el -paso del cable- mediante una cubrición permanente de tabloncillos que tendrán por objeto el proteger mediante reparto de cargas, y señalar la existencia del -paso eléctrico- a los vehículos. La profundidad de la zanja mínima será entre 40 y 50 cm; el cable irá además protegido en el interior de un tubo rígido, bien de fibrocemento, bien de plástico rígido curvable en caliente.
- Todos los cables que presenten defectos superficiales u otros no particularmente visibles, serán rechazados.
- Los conductores de la instalación se identifican por los colores de su aislamiento, a saber:
  - Azul claro: Para el conductor neutro.
  - Amarillo/verde: Para el conductor de tierra y protección.
  - Marrón/negro/gris: Para los conductores activos o de fase.
- En los cuadros, tanto principales como secundarios, se dispondrán todos aquellos aparatos de mando, protección y maniobra para la protección contra sobrecargas (sobrecarga y cortocircuitos) y contra contactos directos e indirectos, tanto en los circuitos de alumbrado como de fuerza.
- Dichos dispositivos se instalaron en los orígenes de los circuitos, así como en los puntos en los que la intensidad admisible disminuya, por cambiar la sección, condiciones de instalación, sistemas de ejecución o tipo de conductores utilizados.
- Para la prevención de posibles contactos eléctricos indirectos, el sistema de protección elegido es el de puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto (interruptores diferenciales).
- Las medidas generales para la protección contra los choques eléctricos serán las indicadas en la ITC-BT-24, teniendo en cuenta:
  - Medidas de protección contra contactos directos:

- Se realizarán mediante protección por aislamiento de las partes activas o por medio de barreras o envolventes.
- Medidas de protección contra contactos indirectos:
  - Cuando la protección de las personas contra los contactos indirectos está asegurada por corte automático de la alimentación, según esquema de alimentación TT, la tensión límite convencional no debe ser superior a 24 V de valor eficaz en corriente alterna o 60 V en corriente continua.
  - Cada base o grupo de bases de toma de corriente deben estar protegidas por dispositivos diferenciales de corriente diferencial residual asignada igual como máximo a 30 mA; o bien alimentadas a muy baja tensión de seguridad MBTS; o bien protegidas por separación eléctrica de los circuitos mediante un transformador individual.
- Artículos 71 a 82: Prevención y Extinción de incendios.
- Artículo 43: Instalaciones Sanitarias de Urgencia.

#### 4.6.2. Servicios de higiene y bienestar en obra

El Contratista instalará, conforme se especifica en la Memoria de este Estudio de Seguridad y Salud, una caseta a pie de obra considerando lo siguiente:

- Dispondrá de vestuario con percheros, sillas y calefacción.
- Dispondrá de servicios higiénicos con lavamanos, ducha con agua caliente y fría, inodoro, espejos y calefacción.
- Comedor que dispondrá de mesa, sillas, calentador para las comidas y recipientes para el reciclaje de los residuos.
- Estas instalaciones estarán en funcionamiento antes de empezar la obra.
- Para la limpieza y conservación de las instalaciones se dispondrá de un trabajador con la dedicación necesaria.
- La conexión del servicio eléctrico se realizará al iniciar la obra, y antes que se realice la oportuna conexión del servicio eléctrico de la misma, se conseguirá mediante la puesta en funcionamiento de un grupo electrógeno generador trifásico, accionado por un motor de gasoil.

#### 5. Disposiciones económico-administrativas

- Una vez al mes, el Contratista extenderá la valoración de las partidas que en materia de seguridad se hubiesen realizado en la obra; la valoración se hará conforme al Estudio o Plan de Seguridad y Salud y de acuerdo con los precios contratados por la Propiedad.



- El abono de las certificaciones expuestas en el párrafo anterior se hará conforme se estipule en el contrato de la obra.
- Se tendrá en cuenta a la hora de redactar el presupuesto del Estudio o Plan, solo las partidas que intervienen como medidas de Seguridad y Salud, haciendo omisión de medios auxiliares sin los cuales la obra no se podría realizar.
- En caso de ejecutar en la obra unidades no previstas en el presupuesto del Plan, se definirán total y correctamente las mismas, y se les adjudicará el precio correspondiente, procediéndose para su abono tal como se indica en los apartados anteriores.

En caso de plantearse una revisión de precios, el Contratista comunicará esta proposición a la Propiedad por escrito, procediéndose seguidamente a lo estipulado en el apartado 3 (Disposiciones Facultativas).

## **6. Proceso análisis de riesgos**

Se evaluarán las fases del proceso de construcción de la obra, así como las labores y condiciones laborales resultantes de estas, para determinar potenciales riesgos que podrían presentarse en cada una y proponer medidas preventivas generales.

Se distinguirán los siguientes apartados para cada fase de la obra:

- Descripción de los trabajos.
- Riesgos más frecuentes.
- Normas preventivas de seguridad.
- Protección personal.
- Protección colectiva.

La prevención durante el uso de máquinas y herramientas será acorde a lo establecido en:

- RD 1644/08.
- I.T.C. correspondientes.
- Especificaciones del fabricante.

El uso de maquinaria estará limitado al personal preparado y autorizado para su manejo.

Se recomendará o requerirá, en función de las circunstancias, el uso de equipos de protección personal adecuados a los riesgos correspondientes a cada labor.

Estos equipos deberán estar homologados y con inspecciones de seguridad vigentes en todo momento mientras se estén utilizando en la obra.

Los equipos de protección personal a utilizar en la obra son:

- Cascos
- Protección ocular
- Calzado de seguridad
- Monos de trabajo

Según requerido en función de la labor:

- Guantes
- Protección auditiva
- Cinturones de seguridad al operar maquinaria o vehículos
- Otros equipos no considerados que puedan resultar pertinentes para la segura ejecución de los trabajos

La maquinaria y equipos de trabajo necesarios para la obra serán (aunque no limitados a):

- Grúa autopropulsada
- Retroexcavadora
- Máquina de hincado de tornillo fundamento de la estructura autopropulsada
- Andamios
- Escaleras de tijera
- Sierra circular de corte
- Amoladoras o radiales
- Taladros y atornilladores
- Otra maquinaria y equipos no considerados que puedan resultar pertinentes para la realización de los trabajos.

## 7. Actividades Durante la Ejecución del Proyecto

### 7.1. Actividades principales

Las principales actividades que tendrán lugar durante la ejecución del Proyecto son:

Actividades principales durante la ejecución del Proyecto	
<b>Movimiento de tierras</b>	Desbroce Explanación y acondicionamiento de viales Vaciados para colocación de zapatas y cimentaciones Excavación y relleno de zanjas
<b>Cimentaciones</b>	Estructura fija Inversores / Centros de Transformación Centro de Protección y Medida
<b>Montaje de equipos y estructuras</b>	Colocación y montaje de la estructura fija Fijación de módulos Montaje de los inversores y equipos de los centros de transformación
<b>Instalación eléctrica</b>	Instalación del cableado de strings, corriente continua, baja y media tensión, control y comunicaciones Cajas de agrupación, seccionamiento y apartamiento de protección Tendido del cableado en las zanjas Instalación de SSAA Instalación de inversores, transformadores y celdas de protección
<b>Puesta en marcha de la instalación</b>	Pruebas de comisionado

Tabla 5. Principales actividades durante la realización de la obra

### 7.2. Identificación del riesgo

La siguiente tabla indica una relación de los riesgos generales que pueden darse durante la ejecución del Proyecto.

Identificación de los principales riesgos del Proyecto
Caídas de personas al mismo y distinto nivel.
Caídas de material desde las máquinas y vehículos.
Proyección de partículas.
Explosiones e incendios.
Ruido puntual y ambiental.
Aplastamientos y atrapamientos.
Accidentes debidos a las condiciones meteorológicas.
Cortes y amputaciones.
Pinchazos.
Sobreesfuerzos.

Identificación de los principales riesgos del Proyecto
--

Golpes.
---------

Tabla 6. Principales riesgos del proyecto

### 7.3. Normas básicas de seguridad

Antes de hacer un análisis individualizado de cada una de las actividades principales previstas durante la ejecución del Proyecto, se indica una relación de normas básicas generales de seguridad que deben considerarse:

- Los operarios que manejen la maquinaria deberán estar en posesión de los permisos o carné necesarios para ocupar este puesto, estando la empresa a la que pertenezcan al corriente en los pagos a la Seguridad Social.
- Toda maquinaria a emplear deberá poseer la correspondiente declaración de conformidad o la adecuación al RD 1215/1997, modificado por el RD 2711/2004, de 12 de noviembre, manual de usuario y libro de mantenimiento actualizado.
- Las máquinas para las que así lo exija la legislación vigente, tendrán su correspondiente póliza de responsabilidad civil en vigor.
- Se prohíbe transportar personal fuera de la cabina de las máquinas ni en un número superior a las plazas permitidas.
- Se prohíbe sobrepasar la carga máxima nominal de los vehículos, así como superar los esfuerzos máximos para los que estén previstas las máquinas.
- Se prohíbe la utilización de la maquinaria y los elementos auxiliares para cometidos diferentes para los que han sido diseñados.
- En caso de falta de visibilidad, las maniobras de la maquinaria estarán dirigidas por persona distinta al conductor.
- Se cumplirá la prohibición de presencia del personal en la proximidad de las máquinas durante su trabajo.
- La distancia mínima entre los trabajadores, cuando estén trabajando, será de 1 m.
- Se evitará la superposición de los tajos.
- No se apilarán materiales en zonas de tránsito, retirando objetos que impidan el paso.
- No se realizará acopio de materiales en las proximidades de las zanjas.
- Se debe evitar, como norma general, que las ruedas de los camiones queden a menos de 2 m de las zanjas.

- Se prohíbe el manejo manual de pesos superiores a 25 kg, excepto para trabajadores entrenados, cuyo límite máximo será de 40 kg.
- Se mantendrán siempre las distancias de seguridad a los elementos en tensión.

#### 7.4. Movimientos de tierras

En el Proyecto se prevé la ejecución de una serie de vaciados para la ejecución de las cimentaciones, las zanjas para el tendido eléctrico interior, así como excavaciones y desmontes para la adaptación del terreno a las pendientes máximas requeridas por la estructura fija.

Los terrenos sobre los que se va a construir la Planta Fotovoltaica se consideran de una excavabilidad fácil, pudiendo efectuarse por medios ordinarios (retroexcavadora).

Los materiales procedentes de la excavación (de los terrenos clasificados como fáciles) serán aptos para el posterior relleno de las zanjas, bien de manera directa o tras un sencillo proceso de selección. Estos materiales se podrían utilizar para cubrir unos 10 cm por encima de la cinta de señalización. Para las zonas de mayor dificultad habrá que recurrir a préstamos o a materiales externos a la obra. La parte superior de las zanjas se rellenará con el material restante sin seleccionar.

##### 7.4.1. Normas de seguridad

Se consideran las siguientes normas básicas de seguridad:

- Se deberá prestar especial atención a los taludes que deben tener las excavaciones para garantizar su estabilidad durante el tiempo que deban de permanecer abiertas.
- Antes del inicio de los trabajos se inspeccionará el tajo con el fin de detectar posibles grietas o movimientos del terreno.
- Deben prohibirse los trabajos en la proximidad de postes eléctricos, de teléfono, etc., cuya estabilidad no quede garantizada antes del inicio de las tareas.
- Se han de utilizar testigos que indiquen cualquier punto del terreno que haya que salvaguardar de la excavación (conducciones enterradas, túneles de travase, etc.).
- Se recomienda evitar en lo posible los barrizales, en prevención de accidentes.
- En caso de presencia de agua en la obra, se procederá de inmediato a su achique.
- Las maniobras de carga a cuchara de camiones serán dirigidas por el encargado o personal autorizado por el Jefe de Obra.

- Se conservarán los caminos de circulación interna, cubriendo baches, eliminando blandones y compactando mediante escorias, zahorras, etc.
- Se prohíbe permanecer o trabajar en el entorno del radio de acción del brazo de una máquina para el movimiento de tierras.
- Durante la excavación, antes de proseguir el frente de avance se eliminarán los bolos y viseras inestables.
- Se señalizará la distancia de seguridad mínima de aproximación 2 m, al borde del vaciado.
- En época de lluvias y si la plataforma anexa al talud tuviera pendiente hacia el mismo, se ejecutará a una distancia de aproximadamente 1 m una canaleta de evacuación de agua paralela al borde del corte y con caída suficiente para garantizar su perfecto funcionamiento.
- Las coronaciones de taludes permanentes, a las que deban acceder las personas, se protegerán mediante una barandilla resistente situada como mínimo a 2 metros del borde. (Como norma general se colocará barandilla siempre en excavaciones cuya profundidad sea igual o superior a 2 metros).
- Los pozos y zanjas estarán correctamente señalizados, para evitar caídas del personal a su interior.
- En los trabajos en zanja, la distancia mínima entre trabajadores será de 1 m.
- Quedan prohibidos los acopios (tierras, materiales, etc.) a una distancia inferior a los 2 m, (como norma general) del borde de una excavación.
- Cuando la profundidad de una zanja sea igual o superior a 1,5 m, se entibará. (Se puede disminuir la entibación, desmochando en bisel a 45° los bordes superiores de la zanja).
- Cuando la profundidad de una zanja sea igual o superior a los 2 m se protegerán los bordes de coronación mediante una barandilla reglamentaria (pasamanos, listón intermedio y rodapié) situada a una distancia mínima de 2 m del borde.
- Cuando la profundidad de una zanja sea inferior a los 2 m puede instalarse una señalización de peligro de los siguientes tipos:
  - Línea en yeso o cal situada a 2 m del borde de la zanja paralela a la misma (su visión es posible con escasa iluminación).
  - Línea señalización paralela a la zanja formada por cuerda de banderolas sobre pies derechos.
- Cuando sea necesario acceder o aproximarse a menos de 2 m. del borde del vaciado donde no existe protección se efectuará sujeto con un cinturón de

seguridad sujeto a un punto fijo, bien construido expreso, o bien del medio natural (por ejemplo, un árbol).

- Conducciones enterradas: es preciso, antes de proceder a la excavación conocer la situación exacta de los servicios públicos que atraviesan el solar, con los datos aportados por los diferentes organismos. Una vez obtenidos éstos, se marcará en el terreno, el lugar donde está ubicadas, eligiendo un sistema que perdure hasta la realización de la excavación en esa zona anotando la profundidad exacta a la que se encuentran éstas, protegiéndolas ante eventuales sobrecargas producidas, por la circulación de vehículos pesados.
- La excavación mecánica, se realizará hasta 1 metro antes de llegar a la conducción y a partir de entonces, la excavación será manual con perforadores neumáticos, picos, etc., hasta 0,50 m, utilizando la pala manual a partir de esta distancia.
- Una vez localizada la canalización, se arriostará convenientemente, para evitar que parta por su propio peso.
- El acceso para personal será independiente del acceso para vehículos.
- Las rampas para el acceso de vehículos al fondo del vaciado tendrán una pendiente máxima del 12% en rectas y del 8% en curvas.
- Se crearán fuertes topes de final de recorrido para la aproximación de vehículos al borde del vaciado a una distancia mínima de 2 m.
- Las rampas para el movimiento de camiones y/o máquinas, conservarán el talud lateral que exija el terreno, y el ancho mínimo de rampa será de 4,5 m.
- Todo el personal que maneje los camiones, dumper, (apisonadores o compactadores), será especialista en el manejo de estos vehículos, estando en posesión de la documentación de capacitación acreditativa.
- Todos los vehículos serán revisados periódicamente, en especial en los órganos de accionamiento neumático, quedando reflejados las revisiones en el libro de mantenimiento.
- Se prohíbe sobrecargar los vehículos por encima de la carga máxima admisible, que llevarán siempre escrita de forma legible.
- Se prohíbe el transporte de personal fuera de la cabina de conducción y/o en número superior a los asientos existentes en su interior.
- Cada equipo de carga para rellenos será dirigido por un jefe de equipo que coordinará las maniobras.

- Se regarán periódicamente los tajos, las cargas y cajas de camión, para evitar las polvaredas. (Especialmente si se debe conducir por vías públicas, calles y carreteras).
- Se señalizarán los accesos y recorrido de los vehículos en el interior de la obra para evitar las interferencias.
- Se instalará en el borde de los terraplenes de vertido, sólidos topes de limitación de recorrido para el vertido en retroceso.
- Todas las maniobras de vertido en retroceso serán dirigidas por el Encargado.
- Se prohíbe la permanencia de personas en un radio no inferior a los 5 m (como norma general) en torno a las compactadores y apisonadoras en funcionamiento.
- Todos los vehículos empleados en esta obra, para las operaciones de relleno y compactación serán dotados de bocina automática de marcha hacia atrás.
- Se señalizarán los accesos a la vía pública, mediante las señales normalizadas de "peligro indefinido", "peligro salida de camiones" y "STOP".
- Los vehículos de compactación y apisonado irán provistos de cabina de seguridad de protección en caso de vuelco.
- Se establecerán a lo largo de la obra los letreros divulgativos y señalización de los riesgos propios de este tipo de trabajos (peligro: vuelco, atropello, colisión, etc).
- Los conductores de cualquier vehículo provisto de cabina cerrada quedan obligados a utilizar el casco de seguridad para abandonar la cabina en el interior de la obra.

#### 7.4.2. Identificación de riesgos

Riesgos más frecuentes en desmontes, vaciados y apertura de zanjas:

- Deslizamiento o desplome de tierras y/o rocas.
- Desprendimientos de tierras y/o rocas, por el manejo de la maquinaria.
- Atropellos, colisiones, vuelcos y falsas maniobras de la maquinaria para movimiento de tierras.
- Caídas de personal, vehículo, maquinaria u objetos a distinto nivel (desde el borde de excavaciones).
- Caídas de personas al interior de una zanja.
- Riesgos derivados de los trabajos realizados bajo condiciones meteorológicas adversas (bajas temperaturas, fuertes vientos, lluvias, etc.).



- Problemas de circulación interna (embarramiento) debidos al mal estado de las pistas de acceso o circulación.
- Interferencias con conducciones enterradas.
- Sobreesfuerzos.
- Ruido ambiental.

En procedimientos mecánicos:

- Lesiones internas por trabajos continuados expuestos a vibraciones (taladradoras).
- Lesiones por rotura de las barras o punteros del taladro.
- Ruidos de gran intensidad.
- Proyecciones de tierras y/o rocas.
- Los propios de ambientes en los que se genera polvo.

#### 7.4.3. Señalización, protecciones colectivas y EPIs

Movimiento de Tierras	
<b>Protección Colectiva</b>	<p>Valla perimetral para cerramiento de la obra con accesos controlados y señalizados.</p> <p>Valla sectorial interna de obra para aislamiento de zonas peligrosas.</p> <p>Barandilla de protección en el perímetro del vaciado.</p> <p>Cinta normalizada de banderolas para señalización de riesgos, incluso p.p. de pies derechos de sustentación.</p> <p>Sirena acústica de accionamiento manual.</p> <p>Cartel avisador de riesgos con leyenda, incluso pie derecho de sustentación.</p> <p>Rótulo orientativo de lugares con acopios peligrosos.</p> <p>Formación y conservación de retallo para tope final de aproximación máxima al borde de excavaciones para los vehículos.</p> <p>Pasarelas en zanjas.</p> <p>Señales indicativas de riesgo.</p> <p>Las zanjas y huecos se entibarán de forma adecuada si así lo requiere la profundidad de las mismas y el estado del terreno circundante.</p> <p>Apuntalamientos, apeos.</p> <p>Se colocarán topes de seguridad para los camiones en las proximidades de las zanjas.</p> <p>Distancia de seguridad a líneas eléctricas.</p> <p>Se instalarán vallas perimetrales con la resistencia adecuada que eviten el acceso a elementos en tensión.</p> <p>Protección de huecos horizontales.</p>

<b>Movimiento de Tierras</b>	
	Las zanjas y huecos estarán correctamente señalizadas para evitar caídas del personal a su interior, estando protegidas con barandilla rígida en el caso de existir riesgo de caída a distinto nivel (más de 2 m profundidad).
<b>EPIs</b>	<p>Ropa de trabajo.</p> <p>Casco de seguridad (lo utilizarán, aparte de personal a pie, los maquinistas y camioneros, que deseen o deban abandonar las correspondientes cabinas de conducción).</p> <p>Botas o calzado de seguridad.</p> <p>Botas de seguridad impermeables.</p> <p>Trajes impermeables para ambientes lluviosos.</p> <p>Faja antivibración para operarios expuestos a vibraciones.</p> <p>Guantes de cuero.</p> <p>Guantes de goma o P.V.C.</p> <p>Gafas antipolvo.</p> <p>Gafas de seguridad.</p> <p>Botas y guantes aislantes de la electricidad para trabajos con sospecha de encontrar cables eléctricos enterrados.</p> <p>Protectores auditivos.</p> <p>Uso de cinturones de seguridad en maquinaria.</p> <p>Mascarilla antipolvo cuando sea requerida.</p>
<b>Señalización</b>	<p>En paralelismos y cruces con carreteras y caminos vecinales se colocarán señalizaciones que especifiquen claramente las limitaciones de velocidad, estrechamientos, sentido de la circulación, etc.</p> <p>Señales de STOP y peligro indefinido en los accesos a la obra.</p> <p>Prohibiciones de circulación o dirección única en su caso.</p> <p>Señalización de estrechamiento en calzada y de límites de velocidad y estacionamiento.</p> <p>Advertencia de zona de obras señalizada.</p> <p>Fin de limitaciones de velocidad, restricciones de cualquier tipo y fin de obra, en su caso.</p> <p>Señalización nocturna de las obras.</p> <p>Señales de STOP en los accesos de vehículos de obra y señales de entrada y salida de vehículos donde proceda.</p> <p>Equipo móvil de señales STOP y Dirección Única para señalización de restricciones momentáneas.</p> <p>Cerramiento exterior o vallado, con señalización nocturna.</p> <p>Balizamiento luminoso para situaciones con falta de visibilidad.</p> <p>Señalización de elementos en tensión.</p>

*Tabla 7. Medios de protección durante la actividad*

## 7.5. Cimentaciones

En el presente Proyecto se prevé la realización de cimentaciones de los centros de transformación y el edificio de control.

### 7.5.1. Normas de seguridad

Se consideran las siguientes normas básicas de seguridad:

- Se solicitará de las correspondientes Compañías, la posición y solución a adoptar para las instalaciones que puedan ser afectadas por la excavación, así como la distancia de seguridad a tendidos aéreos de conducción de energía eléctrica.
- El personal que debe trabajar en el interior de las zanjas conocerá los riesgos a los que está sometido.
- Se elegirá el personal idóneo para el manejo de maquinaria.
- En régimen de lluvias y encaramientos de las zanjas (o trincheras) es imprescindible la revisión minuciosa y detallada antes de reanudar los trabajos.
- Se efectuará el achique inmediato de las aguas que afloran en el interior de las zanjas para evitar que se altere la estabilidad de los taludes.
- Ser revisarán las entibaciones tras la interrupción de los trabajos antes de reanudarse de nuevo.
- Para realizar la excavación se mantendrá la distancia de seguridad adecuada entre la maquinaria de movimiento de tierras y el borde del talud, teniendo en cuenta la consistencia del terreno. Igualmente se procederá para el acopio de tierras al borde de la excavación.
- Para todas las operaciones se utilizarán maquinaria específica de obra. Ver especificaciones para cada tipo de maquinaria.
- No se circulará por debajo de cargas suspendidas.
- Quedan prohibidos los acopios (tierras, materiales, etc.) al borde de una zanja manteniendo la distancia adecuada para evitar sobrecargas.
- Cuando la profundidad de una zanja o las características geológicas lo aconsejen se entibará o se taluzarán sus paredes.
- Cuando la profundidad de una zanja sea inferior a los 2 m., puede instalarse una señalización de peligro de los siguientes tipos:
  - un balizamiento paralelo a la zanja formada por cuerda de banderolas sobre pies derechos.

- en casos excepcionales se cerrará eficazmente el acceso a la coronación de los bordes de las zanjas en toda una determinada zona.

### 7.5.2. Identificación de riesgos

- Atropellos y colisiones originados por la maquinaria.
- Vuelcos y deslizamientos de la maquinaria.
- Generación de polvo.
- Desprendimientos y corrimientos de tierras.
- Vibraciones.
- Quemaduras.
- Afecciones dérmicas debidas a contacto con cementos
- Contactos eléctricos directos e indirectos.

### 7.5.3. Señalización, protecciones colectivas y EPIs

Cimentaciones	
<b>Protección Colectiva</b>	<p>Recipientes con productos tóxicos o inflamables dispondrán de cierres herméticos y estarán almacenados según legislación vigente.</p> <p>La señalización y ordenación del tráfico de máquinas se realizará de forma visible y sencilla mediante señales conocidas por todo el personal presente en la obra.</p> <p>Se saneará el frente de trabajo antes de bajar al vaciado donde se va a realizar la cimentación.</p> <p>Se colocarán topes de seguridad para los camiones hormigonera en las proximidades de las zanjas.</p> <p>Las zanjas y huecos estarán correctamente señalizadas para evitar caídas del personal a su interior, estando protegidas con barandilla rígida en el caso de existir riesgo de caída a distinto nivel (más de 2 m profundidad).</p> <p>Se colocarán setas de protección en los extremos de toda la ferralla que presente un riesgo para las personas.</p> <p>Se instalarán vallas perimetrales con la resistencia adecuada que eviten el acceso a elementos en tensión.</p>
<b>EPIs</b>	<p>Todos los equipos de protección individual deben disponer de la marca CE.</p> <p>Casco de seguridad de polietileno</p> <p>Protectores auditivos.</p> <p>Guantes de protección.</p> <p>Calzado reforzado de seguridad.</p> <p>Botas de goma o P.V.C.</p> <p>Cazadora de alta visibilidad.</p>

<b>Cimentaciones</b>	
	<p>Traje de agua (en condiciones húmedas).</p> <p>Uso de cinturones de seguridad en maquinaria.</p> <p>Faja antivibración para operarios expuestos a vibraciones.</p> <p>Mascarilla antipolvo cuando sea requerida.</p> <p>Guantes de goma finos para la manipulación de cementos.</p>
<b>Señalización</b>	<p>Se señalizarán todas las zonas de trabajo y acopio de materiales de forma que se advierta el peligro que representar, aunque las condiciones de visibilidad sean mínimas.</p> <p>Se señalizarán los elementos en tensión cuando se realicen trabajos próximos a los mismos.</p>

*Tabla 8. Medios de protección durante la actividad*

## 7.6. Montaje de equipos y estructuras

El presente Proyecto se diseña con un montaje del generador fotovoltaico sobre una estructura soporte con sistema de seguimiento solar, para optimizar la producción anual de energía de la Instalación.

### 7.6.1. Normas de seguridad

Se consideran las siguientes normas básicas de seguridad:

- Las operaciones de montaje serán realizadas por personal especializado y se señalizará la zona de trabajo.
- Cuando se realicen trabajos mediante grúa, se utilizarán cuerdas guía para situar correctamente cada elemento en su lugar, evitando la manipulación manual directa.
- Cuando se trabaje con un conjunto de grúas, el peso del elemento elevado no debe superar la carga nominal de elevación de ninguna de las mismas.
- No se circulará por debajo de cargas suspendidas.
- Se cuidará especialmente que ningún operario realice trabajos en altura sin la correspondiente protección anticaída.
- El material y las herramientas serán transportadas por los operarios cuando se suban por las escaleras portátiles de tal forma que queden libres las extremidades superiores.
- Se definirán en el Plan de Seguridad elaborado por el Contratista las velocidades máximas de viento permitidas para la realización de cada una de las tareas.

### 7.6.2. Identificación de riesgos

- Atropellos y colisiones originados por la maquinaria.
- Vuelcos y deslizamientos de la maquinaria.
- Desprendimientos y corrimientos de tierras.
- Vibraciones.
- Quemaduras.

### 7.6.3. Señalización, protecciones colectivas y EPIs

Montaje de equipos y estructuras	
<b>Protección Colectiva</b>	<p>Recipientes con productos tóxicos o inflamables dispondrán de cierres herméticos y estarán almacenados según legislación vigente.</p> <p>La señalización y ordenación del tráfico de máquinas se realizará de forma visible y sencilla mediante señales conocidas por todo el personal presente en la obra.</p> <p>Si es posible, se protegerán los lugares con riesgo de caída mediante barandilla rígida con rodapié o mallazo electrosoldado. (Los huecos serán inferiores a un cuadrado de 5 x 5 cm).</p> <p>Se instalarán líneas de vida en aquellos lugares desprotegidos que estén a más de 2 m de altura.</p> <p>Se protegerán adecuadamente todos aquellos extremos de Piezas y aristas que presenten un riesgo para las personas.</p>
<b>EPIs</b>	<p>Traje de agua (en condiciones húmedas).</p> <p>Uso de cinturones de seguridad en maquinaria.</p> <p>Faja antivibración para operarios expuestos a vibraciones.</p> <p>Mascarilla antipolvo cuando sea requerida.</p> <p>Cinturón de seguridad clase C con línea de 1,5 m y mosquetones de seguridad para los trabajos en altura.</p>
<b>Señalización</b>	<p>Se señalizarán todas las zonas de trabajo y de acopio de materiales de forma que se advierta el peligro que representa, aunque las condiciones de visibilidad sean mínimas.</p>

*Tabla 9. Medios de protección durante la actividad*

### 7.7. Instalación eléctrica

La infraestructura eléctrica de la Instalación fotovoltaica constará de varias partes diferenciadas según el siguiente detalle:

- Generador fotovoltaico (paneles fotovoltaicos y estructura de seguidor solar).
- Sistemas de conversión CC/CA: se prevén inversores tipo string

- Sistemas de transformación BT/MT: instalados en los mismos centros de transformación que se conectan a un mismo transformador de 0,8/45 kV.
- Celdas de protección en Media Tensión.
- Sistemas Auxiliares.
- Líneas de Media Tensión, 20, kV uniendo la estación de potencia hasta el entronque con el centro de transformación del cliente..

#### 7.7.1. Normas de seguridad

Se consideran las siguientes normas básicas de seguridad:

- Las paredes de las zanjas y de los taludes se controlarán cuidadosamente después de grandes lluvias o heladas, desprendimientos o cuando se interrumpa el trabajo más de un día, por cualquier circunstancia.
- Las operaciones de tendido del cable serán realizadas por personal especializado y se indicará la zona de seguridad antes de llevarlas a cabo.
- La tensión nominal de las herramientas portátiles no excederá de:
  - Las de tipo portátil de accionamiento manual con alimentación de corriente continua o alterna monofásica: 250V.
  - Las de otras características: 440 V.
- En cualquier caso, la tensión no excederá de 250 voltios con relación a tierra. Las herramientas portátiles a mano llevarán incorporado un interruptor debiendo responder a las siguientes prescripciones:
  - Estarán sometidas a la presión de un soporte, de forma que obligue al utilizador de la herramienta a mantener, en la posición de marcha, constantemente presionado este interruptor.
  - El interruptor estará situado de manera que se evite el riesgo de la puesta en marcha intempestiva de la herramienta, cuando no sea utilizada.
- Cuando sea necesario realizar comprobaciones de los mecanismos de protección como magnetotérmicos y diferenciales se avisará a todos los trabajadores que estuvieran utilizando conexiones al cuadro eléctrico, motivo de la rescisión, para que no utilicen las herramientas portátiles, maquinaria, etc...
- Se comprobará de forma periódica el funcionamiento de los mecanismos de protección (magneto térmicos y diferenciales), conexiones y toma de tierra de los cuadros eléctricos y maquinaria.

- Los cuadros eléctricos en servicio deberán permanecer cerrados con la cerradura de seguridad de triángulos (o la llave).
- Los cuadros eléctricos estarán provistos de señalización indicativa de riesgo (eléctrico) e indicación que la manipulación interior solo puede ser realizada por personal especializado y autorizado.
- No se permitirá la utilización de fusibles rudimentarios. Se utilizarán fusibles normalizados.
- Durante el montaje de la instalación se tomarán las medidas necesarias para impedir que nadie pueda conectar la instalación a la red, es decir, ejecutando como última fase de la instalación, el cableado desde el cuadro general al de la compañía y guardando en lugar seguro los mecanismos necesarios para efectuar la conexión en el cuadro (fusibles y accionadores), que se instalarán poco antes de concluir la instalación.
- Antes de proceder a la conexión se avisará al personal de que se van a iniciar las pruebas de tensión instalando carteles y señales de "Peligro de electrocución".
- Antes de hacer las pruebas con tensión se ha de revisar la instalación, cuidando de que no queden accesibles a terceros, uniones, empalmes y cuadros abiertos, comprobando la correcta disposición de fusibles, terminales, protección diferencial, puesta a tierra, cerradura y manguera en cuadros y grupos eléctricos.
- Siempre que sea posible se enterrarán las mangueras eléctricas; a modo de señalización y protección para reparto de cargas, se establecerán sobre las zonas de paso sobre manguera, una línea de tablones señalizados en los extremos del paso con señal de "Peligro de electrocución". Dentro de la edificación las mangueras deberán ir colgadas mediante elementos aislantes del techo y a una altura que no provoque el contacto con las personas u objetos que estas transporten. Deberá evitarse su tendido por el suelo.
- Los mangos de las herramientas manuales estarán protegidos con doble aislamiento a base de materiales dieléctricos, quedando prohibida su manipulación u alteración. Si el aislamiento está deteriorado se retirará la herramienta.
- Los montajes y desmontajes eléctricos serán efectuados por personal especializado.
- Todo el personal que manipule conductores y aparatos accionados por electricidad estará dotado de guantes aislantes y calzado de goma.
- Se tendrán en cuenta las medidas preventivas que están incluidas en el capítulo de medios auxiliares que hace referencia a escaleras portátiles y andamios.



- No se conectarán cables eléctricos a los cuadros de alimentación sin la utilización de clavijas macho-hembra.
- Para la realización del cableado, cuelgue y conexionado de la instalación eléctrica puntuales, se procederá con una plataforma elevadora o un castillete con ruedas.

#### 7.7.2. Identificación de riesgos

- Contactos eléctricos directos e indirectos.
- Caídas de personas al mismo nivel
- Caídas de personas a distinto nivel
- Cortes o golpes por manejo de objetos o herramientas manuales
- Cortes o pinchazos por manejo de vías y conducciones.
- Proyección de fragmentos o partículas fundamentalmente en la apertura de rozas.
- Incendio por ser incorrecta la instalación de la red eléctrica.
- Ruido
- Electrocuación o quemaduras graves por mala protección de cuadros o grupos eléctricos.
- Electrocuación o quemaduras graves por maniobras en líneas o aparatos eléctricos por personal inexperto.
- Electrocuación o quemaduras graves por utilización de herramientas, (martillos, alicates, destornilladores, etc.) sin el aislamiento.
- Electrocuación o quemaduras graves por falta de aislamiento protector, en líneas y/o cuadros (disyuntores diferenciales).
- Electrocuación o quemaduras graves por falta de protección en fusibles, protecciones diferenciales puesta a tierra, mala protección de cables de alimentación, interruptores, etc.
- Electrocuación o quemaduras graves por establecer puentes que anulen las protecciones.
- Electrocuación o quemaduras graves por conexiones directas (sin clavijas).

### 7.7.3. Señalización, protecciones colectivas y EPIs

Instalación eléctrica	
<b>Protección Colectiva</b>	<p>Para la realización de trabajos en altura se utilizarán andamios con barandillas de 0,90 m. de altura, con listón superior, listón intermedio y rodapié.</p> <p>Recipientes con productos tóxicos o inflamables dispondrán de cierres herméticos y estarán almacenados según legislación vigente.</p> <p>La señalización y ordenación del tráfico de máquinas se realizará de forma visible y sencilla mediante señales conocidas por todo el personal presente en la obra.</p> <p>Se saneará el frente de trabajo antes de realizar el tendido de los cables en las zanjas.</p> <p>Se colocarán topes de seguridad para los camiones hormigonera en las proximidades de las zanjas.</p> <p>Las zanjas y huecos estarán correctamente señalizadas para evitar caídas del personal a su interior, estando protegidas con barandilla rígida en el caso de existir riesgo de caída a distinto nivel (más de 2 m de profundidad)</p> <p>Las zanjas y los huecos se entibarán de forma adecuada si así lo requiere la profundidad de las mismas y el estado del terreno circundante.</p>
<b>EPIs</b>	<p>Todos los equipos de protección individual deben disponer de la marca CE.</p> <p>Casco de seguridad de polietileno.</p> <p>Mono de trabajo.</p> <p>Guantes aislantes.</p> <p>Botas aislantes.</p> <p>Cinturón de seguridad para trabajos en altura.</p> <p>Banqueta o alfombra aislante.</p> <p>Comprobadores de tensión.</p> <p>Herramientas con doble aislamiento.</p>
<b>Señalización</b>	<p>Se señalizarán todas las zonas de trabajo y de acopio de materiales de forma que se advierta el peligro que representan, aunque las condiciones de visibilidad sean mínimas.</p>

*Tabla 10. Medios de protección durante la actividad*

## 7.8. Puesta en marcha

Esta actividad consiste en la realización de las pruebas de comisionado de la Instalación.

### 7.8.1. Normas de seguridad

Se consideran las siguientes normas básicas de seguridad:

- Los operarios que realicen la maniobra de puesta en marcha de la Instalación poseerán una titulación acorde con sus labores.

- Se guardarán las distancias de seguridad preceptivas a los elementos que estén en tensión.
- No se conectará ningún elemento sin haber comprobado que no exista persona alguna en sus proximidades.

### 7.8.2. Identificación de riesgos

- Incendio por ser incorrecta la instalación de la red eléctrica.
- Ruido
- Electrocuación o quemaduras graves por mala protección de cuadros o grupos eléctricos.
- Electrocuación o quemaduras graves por maniobras en líneas o aparatos eléctricos por personal inexperto.
- Electrocuación o quemaduras graves por utilización de herramientas, (martillos, alicates, destornilladores, etc.) sin el aislamiento.
- Electrocuación o quemaduras graves por falta de aislamiento protector, en líneas y/o cuadros (disyuntores diferenciales).
- Electrocuación o quemaduras graves por falta de protección en fusibles, protecciones diferenciales puesta a tierra, mala protección de cables de alimentación, interruptores, etc.
- Electrocuación o quemaduras graves por establecer puentes que anulen las protecciones.
- Electrocuación o quemaduras graves por conexiones directas (sin clavijas).

### 7.8.3. Señalización, protecciones colectivas y EPIs

Puesta en marcha	
<b>Protección Colectiva</b>	<p>Se tendrá en todo momento un kit de salvamento eléctrico completo cuando se realicen trabajos con tensión. Este estará compuesto, como mínimo, por: pértiga de salvamento, verificador de tensión, cizalla cortacables, baqueta aislante, guantes aislantes, chanclas aislantes, frasco de sales reanimadoras y cartel de primeros auxilios.</p> <p>Se protegerán adecuadamente todos aquellos extremos de piezas y aristas que presenten un riesgo para las personas.</p>
<b>EPIs</b>	Todos los equipos de protección individual deben disponer de la marca CE.

Puesta en marcha	
	<p>Casco de seguridad de polietileno.</p> <p>Mono de trabajo.</p> <p>Guantes aislantes.</p> <p>Botas aislantes.</p> <p>Cinturón de seguridad para trabajos en altura.</p> <p>Banqueta o alfombra aislante.</p> <p>Comprobadores de tensión.</p> <p>Herramientas con doble aislamiento.</p>
<b>Señalización</b>	Se señalarán todas las zonas de trabajo y de acopio de materiales de forma que se advierta el peligro que representan, aunque las condiciones de visibilidad sean mínimas.

*Tabla 11. Medios de protección durante la actividad*

## 8. Análisis de máquinas y equipos

En este apartado se analizarán los riesgos asociados al uso de las diferentes máquinas y equipos que se utilizarán durante las obras de construcción de este Proyecto.

### 8.1. Máquinas y equipos

Las principales maquinarias y equipos que se prevén para la ejecución de las obras son:

Maquinaria y Equipos previstos para el Proyecto	
<b>Máquinas</b>	<p>Bulldozer</p> <p>Retroexcavadora</p> <p>Apisonadora</p> <p>Bañera y camión volquete</p> <p>Camión hormigonera</p> <p>Camión grúa</p> <p>Camión con pluma</p> <p>Dumper</p> <p>Autohormigonera</p> <p>Zanjadora</p> <p>Máquina hincapostes</p>

<b>Maquinaria y Equipos previstos para el Proyecto</b>	
<b>Equipos</b>	Compresor neumático Martillo neumático Sierra circular portátil Instalación eléctrica auxiliar Escaleras Plataformas de trabajo / andamios Estrobos, cables y cuerdas

Tabla 12. Principales maquinaria y equipos

### Identificación de Riesgos

La siguiente tabla indica una relación de los riesgos principales asociados al trabajo con las máquinas y equipos durante la ejecución de las obras.

<b>Identificación de los Principales Riesgos asociados a Máquinas y Equipos</b>
Atropellos y colisiones.
Vuelcos y deslizamientos de la maquinaria.
Deslizamientos y desprendimientos de tierras.
Caídas de personas al mismo o distinto nivel.
Caídas de material desde las máquinas.
Proyección de partículas.
Explosiones e incendios.
Desprendimientos y corrimientos de tierras.
Ruido puntual y ambiental.
Aplastamientos y atrapamientos.
Vibraciones.
Accidentes debidos a las condiciones meteorológicas.
Cortes y amputaciones.
Pinchazos.
Sobreesfuerzos.
Quemaduras.
Golpes.

Tabla 13. Identificación de principales riesgos asociados a máquinas y herramientas

En los apartados 1.7.5 y 1.7.5.9 se definen los principales riesgos asociados al uso de cada maquinaria y equipo de forma más específica.

## 8.2. Normas básicas de seguridad y salud

Se consideran las siguientes normas básicas de seguridad aplicables a toda la maquinaria mencionada en este apartado:

- Los operarios que manejen la maquinaria deberán estar en posesión de los permisos o carné necesarios para ocupar este puesto, estando la empresa a la que pertenezcan al corriente en los pagos a la Seguridad Social.
- Toda la maquinaria a emplear en las obras deberá poseer la correspondiente declaración de conformidad o la adecuación al Real Decreto 1215/1997, modificado por el real Decreto 2177/2004, del 12 de noviembre, manual de usuario y su libro de mantenimiento actualizado.
- Las máquinas que así lo exija la legislación, tendrán vigente su correspondiente póliza de responsabilidad civil.
- Se prohíbe transportar personal fuera de la cabina de las máquinas o en un número superior a las plazas permitidas.
- Se prohíbe sobrepasar la carga máxima nominal de los vehículos, así como superar los esfuerzos máximos para los que están previstas las máquinas.
- Se prohíbe la utilización de la maquinaria y los elementos auxiliares para cometidos diferentes para los que han sido diseñados y está prevista su utilización.
- Las maniobras de la maquinaria estarán dirigidas por una persona distinta al conductor en caso de falta de visibilidad del área de trabajo.
- Las paredes de los taludes se controlarán cuidadosamente después de grandes lluvias o heladas, desprendimientos o cuando se interrumpa el trabajo más de un día, por cualquier circunstancia.
- Se cumplirá la prohibición de presencia del personal en la proximidad de las máquinas durante su trabajo.
- Se evitará la superposición de los tajos.
- No se apilarán materiales en zonas de tránsito, retirando objetos que impidan el paso.
- No se realizará acopio de materiales en las proximidades de las zanjas ni en lugares elevados sin el correspondiente aseguramiento de los mismos.
- No se circulará por debajo de cargas suspendidas.
- El acceso a la máquina se realizará utilizando los medios de los que está provista para tal fin, sin saltar ni realizar maniobras bruscas.
- No se empleará innecesariamente la alta velocidad, especialmente cuando no haya buena visibilidad, o cuando las condiciones del terreno sean adversas.
- En general, se utilizarán velocidades moderadas.

- No se trabajará en pendientes excesivamente pronunciadas susceptibles de producir vuelco.
- Ante la presencia de conductores eléctricos bajo tensión se impedirá el acceso de la maquinaria a puntos donde pudiese entrar en contacto.
- Asegurar firmemente los objetos que situados en la parte externa de la máquina.
- No se procederá a reparaciones sobre la máquina con el motor en marcha.
- Los cambios de circulación interna se señalarán con claridad para evitar colisiones o roces.
- No se realizarán ni mediciones ni replanteos en las zonas donde estén trabajando máquinas de movimiento de tierras hasta que estén paradas y en lugar seguro de no ofrecer riesgo de vuelcos o desprendimientos de tierra.
- Para abrir el tapón del radiador, se eliminará previamente la presión interior y se tomarán precauciones para evitar quemaduras.
- No se abandonará la máquina sin antes haber parado el motor, quitado la llave de contacto y puesto el freno.
- Antes de subir a la máquina para iniciar la marcha, se comprobará que no hay nadie en las inmediaciones, así como la posible existencia de manchas que indiquen pérdidas de fluidos.
- Cuando se tenga que circular por superficies inclinadas, se hará siempre según la línea de máxima pendiente.
- Se comprobará periódicamente el estado de los frenos, mandos y luces.
- Se podrá bloquear la dirección cuando se esté parado.
- Se mantendrán en cualquier caso las preceptivas distancias de seguridad a los elementos en tensión.

### 8.3. Equipos de protección

Equipos de Protección	
<b>Protección colectiva</b>	Señalización acústica automática para la marcha atrás. Faros de desplazamientos hacia delante o hacia atrás. Servofreno y frenos de seguridad. Retrovisores a cada lado. Equipadas con extintor.
<b>EPIS</b>	Casco, preferiblemente con barbuquejo (uso fuera de la cabina). Ropa de trabajo (funda o chaquetilla y pantalón como mínimo.)

Equipos de Protección	
	<p>Botas de seguridad.</p> <p>Traje de agua (en condiciones húmedas).</p> <p>Cinturón de seguridad en desplazamientos.</p> <p>Protectores auditivos (exposición al ruido).</p> <p>Guantes de protección frente a riesgos mecánicos.</p> <p>Faja antivibración (exposición a vibraciones de la maquinaria).</p>

Tabla 14. Equipos de protección para máquinas y equipos

## 8.4. Maquinaria

### 8.4.1. Bulldozer

Durante el uso del Bulldozer se consideran las siguientes Normas Básicas de Seguridad (además de las comunes ya indicadas en el apartado correspondiente):

- La hoja deberá estar bajada para desplazarse con seguridad, tanto hacia delante como hacia atrás.
- No se abandonará la máquina sin antes haber dejado reposada en el suelo la cuchilla, parado el motor, quitada la llave de contacto y puesto el freno.
- Cuando se quiten obstáculos como troncos de árboles, piedras de gran tamaño, etc. no se cargará contra ellos a alta velocidad, se eliminarán haciendo la excavación a modo de palanca.

En cuanto a los riesgos más frecuentes, protecciones colectivas y EPIs, se corresponden con los indicados en los apartados 1.7.2 y 1.7.4 respectivamente.

### 8.4.2. Retroexcavadora

Durante el uso de la Retroexcavadora se consideran las siguientes Normas Básicas de Seguridad (además de las comunes ya indicadas en el apartado correspondiente):

- Cuando no están trabajando, deben estar paradas con los frenos puestos. Las máquinas con ruedas deben tener estabilizadores.
- Se colocarán de manera que las ruedas o las cadenas estén a 90° respecto a la superficie de trabajo, siempre que sea posible. Esto permite mayor estabilidad y un rápido retroceso.
- Si se utiliza la retroexcavadora sobre cadenas, con pala frontal, deben quedar las ruedas cabillas detrás, para que no puedan sufrir ningún daño, debido a la caída fortuita de materiales.
- En operaciones con pala frontal, sobre masas de una cierta altura, se empezará atacando las capas superiores para evitar derrumbamientos.



- Cuando haya varias máquinas trabajando a diversos niveles, se hará que la máquina ensanche suficientemente su corte antes de comenzar otro más bajo, esto impide que caigan sobre la máquina inferior rocas o tierras. Se evitará que la situada en la parte inferior excave bajo la plataforma superior.
- Cuando sea necesario trabajar en una pendiente, se hará hacia arriba, así el agua no se introducirá en la excavación.
- Cuando se suba o baje por un camino con una pendiente pronunciada, es necesario situar la cuchara a una altura que no choque con los posibles obstáculos, pero lo suficientemente baja como para actuar de soporte de la máquina en caso de que ésta fuese a volcar. Otro método, cuando se sube por una pendiente, será llevar el brazo y la cuchara hacia delante y baja, actuando así de contrapeso.
- La cuchara no debe usarse nunca para golpear rocas, especialmente si están medio desprendidas.
- Cuando se circula con retroexcavadora de orugas deben de actuar las ruedas cabillas en la parte trasera para que las cadenas, en contacto con el suelo, estén en tensión.
- Por la razón antes mencionada cuando se usa cucharón excavador, las ruedas cabillas deben estar en la parte delantera (extremo de trabajo).
- Se debe cargar el material en los camiones de manera que la cuchara nunca pase por encima de la cabina del camión o del personal de tierra.
- Siempre que se cambien accesorios, nos aseguraremos de que el brazo esta abajo y parado. Cuando sea necesario, en algunas operaciones de mantenimiento, por ejemplo, trabajar con el brazo levantado, utilizaremos puntales para evitar que vuelque. Esta advertencia también es válida para las palas cargadoras.

En cuanto a los riesgos más frecuentes, protecciones colectivas y EPIs, adicionalmente a los indicados en los apartados 1.7.2 y 1.7.4, se consideran los siguientes:

Riesgos más frecuentes:

- Atropello.
- Deslizamiento de la máquina.
- Máquinas en marcha fuera de control (abandono de la cabina de mando sin desconectar la máquina y bloquear los frenos).
- Vuelco de la máquina (inclinación del terreno superior a la admisible para la circulación de la retroexcavadora).

- Caída por pendientes (trabajos al borde de taludes, cortes y asimilables).
- Choque contra otros vehículos.
- Contacto con líneas eléctricas aéreas o enterradas.
- Interferencias con infraestructuras urbanas (alcantarillado, red de aguas y líneas de conducción de gas o de electricidad).
- Incendio.
- Quemaduras (trabajos de mantenimiento).
- Atrapamientos (trabajos de mantenimiento).
- Proyección de objetos.
- Caídas de personas a distinto nivel.
- Golpes.
- Ruido.
- Vibraciones.
- Riesgos higiénicos de carácter pulverulento.
- Sobreesfuerzos.

EPIs:

- Todos los equipos de protección individual deben disponer de la marca CE.
- Gafas antiproyecciones para las operaciones de mantenimiento.
- Casco de seguridad para los desplazamientos fuera del vehículo.
- Guantes de cuero, goma o P.V.C. para las labores de mantenimiento.
- Faja antivibratoria y cinturón de seguridad.
- Calzado de seguridad antideslizante.
- Botas de goma o P.V.C. para los desplazamientos fuera del vehículo en temporada de barro y lluvias.
- Mascarillas con filtro mecánico recambiable antipolvo.
- Protectores auditivos en caso de no disponer de cabina insonorizada.

### 8.4.3. Apisonadora

En cuanto a las normas básicas de seguridad, además de lo indicado en los apartados 1.7.2, 1.7.3 y 1.7.4:

- El operador permanecerá en su puesto de trabajo, sin abandonar éste hasta que el rodillo esté parado.
- Vigilará especialmente la estabilidad del rodillo cuando circule sobre superficies inclinadas, así como de la consistencia mínima del terreno, necesaria para conservar dicha estabilidad.
- Las reparaciones y operaciones de mantenimiento se harán con la máquina parada.

Riesgos más frecuentes:

- Atropello (por mala visibilidad, velocidad inadecuada, etc.).
- Máquina en marcha fuera de control.
- Vuelco (por fallo del terreno o inclinación excesiva).
- Caída por pendientes.
- Choque contra otros vehículos (camiones, máquinas).
- Incendios (mantenimiento).
- Quemaduras (mantenimiento).
- Caída de personas al subir o bajar de la máquina.
- Ruido.
- Vibraciones.
- Los derivados de trabajos continuados y monótonos.
- Los derivados del trabajo realizado en condiciones meteorológicas duras.

Protecciones individuales:

- Todos los equipos de protección individual deben disponer de la marca CE.
- Casco de seguridad (al bajar de la máquina).
- Calzado de seguridad antideslizante.
- Ropa de trabajo adecuada.
- Guantes.

- Protectores anti-ruídos.

#### 8.4.4. Bañera y camión volquete

Durante el uso de la Bañera y el Camión Volquete se consideran las siguientes Normas Básicas de Seguridad (además de las comunes ya indicadas en el apartado correspondiente):

- La operación de carga no se realizará por encima de la cabina.
- Se prohibirá la permanencia de operarios dentro del radio de acción del camión.
- Si la cabina no está reforzada, el conductor abandonará la cabina, colocándose fuera del área peligrosa durante el proceso de carga.

Nunca se pondrá el camión en movimiento con la caja en posición elevada.

En cuanto a los riesgos más frecuentes, protecciones colectivas y EPIs, se corresponden con los indicados en los apartados 1.7.2 y 1.7.4 respectivamente.

#### 8.4.5. Camión hormigonera

Durante el uso del Camión Hormigonera se consideran las siguientes Normas Básicas de Seguridad (además de las comunes ya indicadas en el apartado correspondiente):

- Se fijarán firmemente todos los elementos situados en el exterior del camión.
- Se procurará no llenar en exceso la cuba para evitar vertidos innecesarios durante el transporte de hormigón.
- Se evitará la limpieza de la cuba y canaletas en la proximidad de los tajos.
- Los operarios que manejen las canaletas desde la parte superior de las zanjas evitarán en lo posible permanecer a una distancia inferior a los 60 cm. del borde de la zanja.
- Queda expresamente prohibido el estacionamiento y desplazamiento del camión hormigonera a una distancia inferior a los 2 m del borde de las zanjas. En caso de ser necesaria una aproximación inferior a la citada se deberá entibar la zona de la zanja afectada por el estacionamiento del camión hormigonera, dotándose además al lugar de un tope firme para la rueda trasera del camión, para evitar caídas y deslizamientos.

En cuanto a los riesgos más frecuentes, protecciones colectivas y EPIs, adicionalmente a los indicados en los apartados 1.7.2 y 1.7.4, se consideran los siguientes:

Riesgos más frecuentes:

- Los derivados del tráfico durante el transporte.

- Vuelco del camión.
- Atrapamientos.
- Caída de personas a distinto nivel.
- Atropello de personas (entrada, circulación interna y salida).
- Choque o golpe contra objetos u otros vehículos.
- Sobreesfuerzos (mantenimiento).
- Afecciones dérmicas por contacto con cemento.

#### EPIs:

- Todos los equipos de protección individual deben disponer de la marca CE.
- Casco de seguridad para los desplazamientos fuera de la cabina.
- Guantes de goma finos para manipulación de cementos.
- Calzado de seguridad con suela antideslizante.
- Faja anti vibratoria y cinturón de seguridad en el camión.

#### 8.4.6. Camión grúa y camión con pluma

Durante el uso del Camión Grúa y el Camión con Pluma se consideran las siguientes Normas Básicas de Seguridad (además de las comunes ya indicadas en el apartado correspondiente):

- Se fijarán firmemente todos los elementos situados en el exterior del camión.
- Se asegurará la estabilidad del camión, antes de realizar los trabajos.
- Antes de comenzar la maniobra se comprobará el peso exacto de la pieza, y que tanto la máquina como los elementos auxiliares necesarios para efectuar el izado, son capaces de resistir la carga, y que se encuentren en perfecto estado de conservación y funcionamiento.
- Cuando se trabaje con un conjunto de grúas, el peso del elemento elevado no debe superar la carga nominal de elevación de ninguna de las mismas.
- El conductor no abandonará la máquina mientras existan cargas suspendidas.
- Al circular lo hará con el mástil plegado.
- Al finalizar el trabajo el mástil quedará plegado.
- Se evitará dar golpes a los grilletes, así como soldar sobre ellos o calentarlos. Las mismas precauciones se adoptarán con las poleas.

- Las zonas de izado de material se acotarán y señalizarán convenientemente para evitar que nadie se sitúe inadvertidamente bajo cargas suspendidas.
- Se comprobará, antes de comenzar la maniobra, que el camino que ha de recorrer la pieza está libre de obstáculos.
- El personal que ordene las maniobras deberá estar especializado. Se evitarán los cambios del personal dedicado a estas tareas.
- El personal dedicado habitualmente a la ejecución de maniobras dispondrá de tablas e instrucciones que le permitan seleccionar correctamente los elementos adecuados a cada maniobra.
- Las maniobras importantes estarán calculadas y supervisadas por un técnico capacitado.
- El izado de la carga se hará vertical y no en sentido oblicuo.
- Se prohíbe el traslado de personal sobre cargas, ganchos o eslingas vacías.
- Se prohíbe terminantemente situarse sobre las piezas suspendidas.

En cuanto a los riesgos más frecuentes, protecciones colectivas y EPIs, adicionalmente a los indicados en los apartados 1.7.2 y 1.7.4, se consideran los siguientes:

- Riesgos más frecuentes: Contactos eléctricos.
- EPIs: Gafas de sol (cuando sea necesario).

#### 8.4.7. Dumper

Se tendrán en cuenta las siguientes normas de seguridad:

- El dumper deberá poseer la declaración de conformidad o adecuación al Real Decreto 1215, modificado por el Real Decreto 2177/2004, del 12 de noviembre, además de su correspondiente manual de instrucciones y libro de mantenimiento y revisiones.
- No se realizarán reparaciones ni operaciones de mantenimiento con la máquina en funcionamiento.
- Se indicarán los movimientos que se realicen.
- El conductor no abandonará la máquina sin parar el motor colocando la velocidad en sentido contrario al de la pendiente.
- El conductor no abandonará la máquina mientras existan cargas suspendidas.
- El personal permanecerá fuera del radio de acción de la máquina para evitar atropellos, golpes y caídas de material sobre personas.

- En caso de falta de visibilidad las maniobras serán guiadas por un operario.
- Al circular lo hará con el mástil plegado y la carga lo más baja posible.
- Al finalizar el trabajo el mástil quedará plegado.
- El operario de la máquina dispondrá en todo momento: Casco de seguridad, ropa de trabajo adecuada y botas antideslizantes. Este limpiará el barro cada vez que entre en la máquina para no resbalar con los pedales.
- No se sobrepasará la carga nominal del dumper.
- No se situará la carga de forma que impida la visión del operario.

Riesgos más frecuentes:

- Choque con elementos fijos o móviles de obra.
- Atropello y/o aprisionamiento de personas en operaciones de maniobra, descarga y mantenimiento.
- Vuelcos al circular por pendientes excesivas, realizar maniobras bruscas, o llevar exceso de carga.

Protecciones individuales:

- Todos los equipos de protección individual deben disponer de la marca CE.
- Casco de seguridad.
- Calzado de seguridad con suela antideslizante.
- Botas impermeables de seguridad.
- Guantes de cuero.
- Guantes de goma o P.V.C. (mantenimiento).

#### 8.4.8. Autohormigonera

Se tendrán en cuenta las siguientes normas de seguridad:

- La autohormigonera deberá poseer la declaración de conformidad o adecuación al Real Decreto 1215, modificado por el Real Decreto 2177/2004, del 12 de noviembre, además de su correspondiente manual de instrucciones y libro de mantenimiento y revisiones.
- Se comprobará de forma periódica el dispositivo de bloqueo de la cuba, así como el estado de los cables, palancas y accesorios.
- Al terminar la operación de hormigonado o al terminar los trabajos, el operador dejará la cuba reposando o en posición elevada, completamente inmovilizada.

- La hormigonera está provista de toma de tierra, con todos los órganos que puedan dar lugar a atrapamientos convenientemente protegidos, el motor con carcasa y el cuadro eléctrico aislado y cerrado permanentemente.
- En operaciones de vertido manual de las hormigoneras (vertido por carretillas), la superficie por donde pasen estará limpia y sin obstáculos.
- No se introducirán las extremidades o elementos extraños en la cuba, sin haber parado y desconectado previamente la máquina.
- Se utilizarán guantes de goma finos para evitar el contacto de la piel con el cemento.

#### 8.4.9. Zanjadora

Normas preventivas:

- Nunca se debe saltar de la máquina. Utilizar los medios instalados para tal fin y emplear ambas manos para sujetarse.
- En los trabajos de mantenimiento y reparación aparcar la máquina en suelo firme, colocar todas las palancas en posición neutral y parar el motor quitando la llave de contacto.
- Antes de cada intervención en el circuito hidráulico hay que accionar todos los mandos auxiliares en ambas direcciones con la llave en posición de contacto para eliminar presiones dinámicas.
- Nunca ponga la máquina en marcha antes de asegurar las piezas sueltas, comprobar si falta alguna señal de aviso.
- No realice modificaciones ampliaciones o montajes de equipos adicionales en la máquina, que perjudiquen la seguridad.
- En previsión de vuelcos, la cabina ha de estar en todo momento libre de objetos pesados.
- Mantenga su máquina limpia de grasa y aceite y en especial los accesos a la misma.
- Permanezca separado de todas las partes giratorias o móviles.
- Nunca trabaje debajo del equipo mientras éste no se encuentre apoyado adecuadamente en el suelo.
- No use cables defectuosos y utilice los guantes. Durante el giro del motor tenga cuidado que no se introduzcan objetos en el ventilador.
- Utilizar guantes y gafas de seguridad para efectuar trabajos
- Desconectar el motor al repostar y no fumen mientras lo hacen.



- Controlar la existencia de fugas en mangueras, racores... si existen, elimínelas inmediatamente.
- No utilice nunca ayuda de arranque en frío a base de éter cerca de fuentes de calor.
- No transporte personal en la máquina sino está debidamente autorizado para ello.

Riesgos más frecuentes:

- Caída a distinto nivel.
- Aplastamiento.
- Vibraciones.
- Proyección de partículas.
- Quemaduras.
- Incendio. Explosión. Cortes.
- Atropello (por mala visibilidad, velocidad inadecuada, etc.).
- Vuelco (por fallo del terreno o inclinación excesiva).
- Caída por pendientes.
- Choque contra otros vehículos (camiones, máquinas).
- Caída de personas al subir o bajar de la máquina.
- Ruido.

Protecciones individuales:

- Todos los equipos de protección individual deben disponer de la marca CE.
- Casco de seguridad (al bajar de la máquina).
- Calzado de seguridad antideslizante.
- Ropa de trabajo adecuada.
- Guantes.
- Protectores anti ruidos.

#### 8.4.10. Máquina hincapostes

Normas Preventivas:

- Deben utilizarse pilotadoras de fabricación de pilotes mediante máquina taladradora rotatoria que prioritariamente dispongan de marcado CE, declaración de conformidad y manual de instrucciones o que se hayan sometido a puesta en conformidad de acuerdo con lo que especifica el RD 1215/97.
- Se recomienda que la pilotadora esté dotada de avisador luminoso de tipo rotatorio o flash
- Estar dotada de avisador acústico de marcha atrás.
- Cuando esta máquina circule únicamente por la obra, es necesario comprobar que la persona que la conduce tiene la autorización, dispone de la formación y de la información específicas de PRL que fija el RD 1215/97, de 18 de julio, artículo 5 o el Convenio Colectivo General del sector de la Construcción, artículo 156, y ha leído el manual de instrucciones correspondiente.
- Las operaciones de pilotaje han de estar dirigidas por un especialista.
- Revisar el cableado antes de iniciar los trabajos.
- Evitar el acceso a personas ajenas de la excavación en la zona de los pilotes.
- Antes de iniciar los trabajos, comprobar que todos los dispositivos de la pilotadora responden correctamente y están en perfecto estado: frenos, cadenas, etc.
- Para utilizar el teléfono móvil durante la conducción hay que disponer de un sistema de manos libres.
- Ajustar el asiento y los mandos a la posición adecuada.
- Asegurar la máxima visibilidad de la pilotadora mediante la limpieza de retrovisores, parabrisas y espejos.
- Verificar que la cabina esté limpia, sin restos de aceite, grasa o barro y sin objetos descontrolados en la zona de los mandos.
- El conductor tiene que limpiarse el calzado antes de utilizar la escalera de acceso a la cabina.
- Subir y bajar de la pilotadora únicamente por la escalera prevista por el fabricante.
- Para subir y bajar por la escalera, hay que utilizar las dos manos y hacerlo siempre de cara a la pilotadora.
- Comprobar que todos los rótulos de información de los riesgos estén en buen estado y situados en lugares visibles.

- Verificar la existencia de un extintor en la pilotadora.
- Mantener limpios los accesos, asideros y escaleras.

Riesgos más frecuentes:

- Caída de personas a diferente nivel.
- Golpes contra objetos inmóviles.
- Golpes y contactos con elementos móviles de la máquina.
- Golpes por objetos o herramientas.
- Proyección de fragmentos o partículas.
- Atrapamientos por o entre objetos.
- Atrapamientos por vuelco de máquinas.
- Contactos térmicos.
- Contactos eléctricos.
- Explosiones.
- Incendios.
- Atropellos, golpes y choques con o contra vehículos.
- Riesgo de daños a la salud derivados de la exposición a agentes químicos: polvo.
- Riesgo de daños a la salud derivados de la exposición a agentes físicos: ruidos y vibraciones.

Protecciones individuales:

- Todos los equipos de protección individual deben disponer de la marca CE.
- Casco de seguridad (al bajar de la máquina).
- Calzado de seguridad antideslizante.
- Ropa de trabajo adecuada.
- Guantes.
- Protectores anti ruidos.

## 8.5. Equipos

### 8.5.1. Compresor neumático

Se tendrán en cuenta las siguientes normas de seguridad:

- El compresor deberá poseer la declaración de conformidad o adecuación al Real Decreto 1215/97, modificado por el Real Decreto 2177/2004, del 12 de noviembre, además de su correspondiente manual de instrucciones y libro de mantenimiento y revisiones.
- Se deberán comprobar los conductos de presión periódicamente.
- Se deberá hacer uso de la protección auditiva en sus proximidades.

### 8.5.2. Martillo neumático

Se tendrán en cuenta las siguientes normas de seguridad:

- El martillo deberá poseer la declaración de conformidad o adecuación al Real Decreto 1215/97, modificado por el Real Decreto 2177/2004, del 12 de noviembre, además de su correspondiente manual de instrucciones y libro de mantenimiento y revisiones.
- Se deberán comprobar los conductos de presión periódicamente.
- Se deberá hacer uso de la protección auditiva en sus proximidades.
- El operario que maneje el martillo deberá estar equipado con gafas de protección.
- Se deben utilizar todos los medios posibles para evitar la transmisión de vibraciones a los operarios (guantes antivibración, buen estado del martillo, etc.).

### 8.5.3. Sierra circular portátil

Se tendrán en cuenta las siguientes normas de seguridad:

- La sierra circular deberá poseer la declaración de conformidad o adecuación al Real Decreto 1215/97, modificado por el Real Decreto 2177/2004, del 12 de noviembre, además de su correspondiente manual de instrucciones y libro de mantenimiento y revisiones.
- El disco estará dotado de carcasa protectora y resguardos que impidan los atrapamientos por los órganos móviles.
- Se controlará el estado de los dientes del disco, así como la estructura de éste.

- La zona de trabajo estará limpia de serrín y virutas, para evitar proyecciones e incendios.
- Se evitará la presencia de clavos al cortar.
- Se utilizarán gafas de protección contra impactos, cuando se utilice esta máquina.
- Se utilizarán guantes de protección contra cortes, cuando se utilice esta máquina.

#### 8.5.4. Instalación eléctrica auxiliar

Se tendrán en cuenta las siguientes normas de seguridad:

- Todos los elementos que componen la instalación eléctrica auxiliar de obra deben tener su correspondiente marcado CE, exceptuando las clavijas de conexión.
- Para la prevención de posibles contactos eléctricos indirectos, el sistema de protección elegido es el de puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto (interruptores diferenciales).
- Los portátiles dispondrán de mando aislante y protector metálico para la lámpara. La tensión de alimentación será de 24 V en todos los casos.
- Los cuadros serán de intemperie, dotados de puerta hermética, tendrán toma de corriente e interruptores diferenciales.
- El calibre o sección del cableado será el especificado en planos y de acuerdo a la carga eléctrica que ha de soportar en función de la maquinaria e iluminación prevista.
- Todos los conductores utilizados serán aislados de tensión nominal de 1000 V como mínimo y sin defectos apreciables (rasgones, repelones y asimilables). No se admitirán tramos defectuosos en este sentido.
- La distribución desde el cuadro general de obra a los cuadros secundarios (o de planta), se efectuará mediante canalizaciones enterradas.
- En caso de efectuarse tendido de cables y mangueras, este se realizará a una altura mínima de 2 m en los lugares peatonales y de 5 m en los de vehículos, medidos sobre el nivel del pavimento.
- El tendido de los cables para cruzar viales de obra, como ya se ha indicado anteriormente, se efectuará enterrado. Se señalizará el "paso del cable" mediante una cubrición permanente de tablonos que tendrán por objeto el proteger mediante reparto de cargas, y señalar la existencia del "paso eléctrico" a los vehículos. La profundidad de la zanja mínima será entre 40 y 50 cm; el

cable ira además protegido en el interior de un tubo rígido, bien de fibrocemento, bien de plástico rígido corrugado.

- Caso de tener que efectuar empalmes entre mangueras se tendrá en cuenta:
- Siempre estarán elevados. Se prohíbe mantenerlos en el suelo.
- Los empalmes provisionales entre mangueras se ejecutarán mediante conexiones normalizadas estancos antihumedad.
- Los empalmes definitivos se ejecutarán utilizando cajas de empalmes normalizados estancos de seguridad.
- El trazado de las mangueras de suministro eléctrico no coincidirá con el de suministro provisional de agua a las plantas.
- La interconexión de los cuadros secundarios en planta baja se efectuará mediante canalizaciones enterradas, o bien mediante mangueras, en cuyo caso serán colgadas a una altura sobre el pavimento en torno a los 2 m, para evitar accidentes por agresión a las mangueras por uso a ras del suelo.
- Las mangueras de "alargadera":
- Si son para cortos periodos de tiempo, podrán llevarse tendidas por el suelo, pero arrimadas a los parámetros verticales.
- Se empalmarán mediante conexiones normalizadas estancos antihumedad o fundas aislantes termorretráctiles, con protección mínima contra chorros de agua (protección recomendable IP 55).
- Las mangueras que canalizarán por lugares en los que estén resguardadas de golpes o cortes. Se atenderá muy especialmente al mantenimiento en perfecto estado del aislamiento y que no interfieran con cables de izado, de andamios colgantes o cables de soporte provisional de piezas.
- El personal de mantenimiento de la instalación será electricista, y preferentemente en posesión de carnet profesional correspondiente.
- Toda la maquinaria eléctrica se revisará periódicamente, y en especial, en el momento en el que se detecte un fallo, momento en el que se la declarará "fuera de servicio" mediante desconexión eléctrica y el cuelgue del rotulo correspondiente en el cuadro de gobierno.
- La maquinaria eléctrica, será revisada por personal especialista en cada tipo de máquina.
- Se prohíben las revisiones o reparaciones bajo corriente. Antes de iniciar una reparación se desconectará la máquina de la red eléctrica, instalando en el lugar de conexión un letrero visible, en el que se lea: "NO CONECTAR, HOMBRES TRABAJANDO EN LA RED".

- La ampliación o modificación de líneas, cuadros y asimilables solo la efectuarán los electricistas.
- Se colocará la señal de riesgo eléctrico en los lugares que sea necesario.
- Las tomas de corriente irán provistas de interruptores de corte omnipolar que permita dejarlas sin tensión cuando no hayan de ser utilizadas.
- Las tomas de corriente de los cuadros se efectuarán de los cuadros de distribución, mediante clavijas normalizadas blindadas (protegidas contra contactos directos).
- La instalación poseerá todos los interruptores automáticos definidos en los planos como necesarios: su cálculo se ha efectuado siempre minorando con el fin de que actúen dentro del margen de seguridad; es decir, antes de que el conductor al que protegen llegue a la carga máxima admisible.
- Los interruptores automáticos se hallarán instalados en todas las líneas de toma de corriente de los cuadros de distribución, así como en las de alimentación a las máquinas, aparatos y máquinas-herramienta de funcionamiento eléctrico, tal y como queda reflejado en el esquema unifilar.
- Los circuitos generales estarán igualmente protegidos con interruptores automáticos o magnetotérmicos.
- Todos los circuitos eléctricos se protegerán asimismo mediante disyuntores diferenciales.
- Los disyuntores diferenciales se instalarán de acuerdo con las siguientes sensibilidades:
  - 300 mA - (según R.E.B.T.) - Alimentación a la maquinaria.
  - 30 mA - (según R.E.B.T.) - Alimentación a la maquinaria como mejora del nivel de seguridad.
  - 30 mA - Para las instalaciones eléctricas de alumbrado no portátil.
- La red general de tierra deberá ajustarse a las especificaciones detalladas en la Instrucción MIBT.039 del vigente Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, así como todos aquellos aspectos especificados en la Instrucción MIBT.023 mediante los cuales pueda mejorarse la instalación.
- Caso de tener que disponer de un transformador en la obra, será dotado de una toma de tierra ajustada a los Reglamentos vigentes y a las normas propias de la compañía eléctrica suministradora en la zona.
- Las partes metálicas de todo equipo eléctrico dispondrán de toma de tierra.
- El neutro de la instalación estará puesto a tierra.

- La toma de tierra en una primera fase se efectuará a través de una pica o placa a ubicar junto al cuadro general, desde el que se distribuirá a la totalidad de los receptores de la instalación.
- Cuando la toma general de tierra definitiva del edificio se halle realizada, será esta la que se utilice para la protección de la instalación eléctrica provisional de obra.
- El hilo de toma de tierra siempre estará protegido con macarrón en colores amarillo y verde. Se prohíbe expresamente utilizarlo para otros usos. Únicamente podrá utilizarse conductor o cable de cobre desnudo de 35 mm<sup>2</sup> de sección como mínimo en los tramos enterrados horizontalmente y que serán considerados como electrodo artificial de la instalación.
- La red general de tierra será única para la totalidad de la instalación, incluidas las uniones a tierra de los carriles para estancia o desplazamiento de las grúas.
- Caso de que las grúas pudiesen aproximarse a una línea eléctrica de media o alta tensión carente de apantallamiento aislante adecuado, la toma de tierra, tanto de la grúa como de sus carriles, deberá ser eléctricamente independiente de la red general de tierra de la instalación eléctrica provisional de obra.
- Los receptores eléctricos dotados de sistema de protección por doble aislamiento y los alimentados mediante transformador de separación de circuitos, carecerán de conductor de protección, a fin de evitar su referenciación a tierra. El resto de las carcasas de motores o maquinas se conectarán debidamente a la red general de tierra.
- Las tomas de tierra estarán situadas en el terreno de tal forma, que su funcionamiento y eficacia sea el requerido por la instalación.
- La conductividad del terreno se aumentará vertiendo en el lugar de hincado de la pica (placa o conductor) agua de forma periódica.
- El punto de conexión de la pica (placa o conductor), estará protegido en el interior de una arqueta practicable.

#### 8.5.5. Escaleras manuales

En el uso de escaleras portátiles se observarán las normas siguientes:

- Si son de madera, los largueros serán de una sola pieza, y los peldaños estarán bien ensamblados y no solamente clavados.
- Las escaleras de madera no deberán pintarse, salvo con barniz transparente.
- Se prohíbe empalmar dos escaleras, salvo que en estructura cuenten con dispositivos expresamente preparados para ello.



- Las escaleras de mano simples no deben salvar más de 5 m, a menos que estén reforzadas en su centro, quedando su uso prohibido para alturas superiores a 7 m. Para alturas mayores de 7 m será obligatorio el empleo de escaleras especiales susceptibles a ser fijadas sólidamente a su cabeza y su base, y para su utilización será preceptivo el cinturón de seguridad y línea de vida.
- Se apoyarán en superficies planas y sólidas, y en su defecto, sobre placas horizontales de suficiente resistencia y fijeza.
- Estarán provistas de zapatas, puntas de hierro, grapas u otro mecanismo antideslizante en su pie y de ganchos de sujeción en la parte superior.
- Para el acceso a lugares elevados sobrepasarán en 1 m los puntos superiores de apoyo.
- El ascenso, descenso y trabajo se harán siempre de frente a las mismas.
- Cuando se apoyen en postes, se emplearán abrazaderas de sujeción.
- No se utilizarán simultáneamente por dos trabajadores.
- Se prohíbe el transporte manual de materiales sobre las escaleras.
- La distancia entre los pies y la vertical del punto superior de apoyo será la cuarta parte de la longitud de la escalera hasta el punto de apoyo.
- Las escaleras de tijera estarán provistas de cables o cadenas que impidan su apertura al ser utilizadas, y de topes en su extremo superior.
- Las escaleras se fijarán en sus extremos cuando se vayan a utilizar durante un tiempo prolongado.

#### Riesgos más frecuentes:

- Caída a distinto nivel, debidas a la mala colocación de las mismas, rotura de alguno de los peldaños, deslizamiento de la base por excesiva inclinación o incorrecto apoyo, vuelco lateral por apoyo irregular.
- Golpes con la escalera al manejarla de forma incorrecta.
- Los derivados de los usos inadecuados o de los montajes peligrosos (empalme de escaleras, escaleras cortas para la altura a salvar, etc).
- Sobreesfuerzos.

#### Protecciones individuales:

- Mono de trabajo.
- Casco de seguridad.

- Zapatos con suela antideslizante.

#### 8.5.6. Andamios y plataformas de trabajo

Los andamios reunirán las siguientes características:

- Los tablones del piso serán metálicos o de madera seca, sin nudos ni grietas y con el espesor adecuado al vano. Se colocarán juntos, de manera que formen un piso uniforme y estarán adecuadamente sujetos para impedir su vuelco o caída. Se comprobará la resistencia de los tablones antes de ser utilizados.
- Todos los andamios que se utilicen con alturas superiores a 2 m tendrán barandillas resistentes de 0,9 m de altura como mínimo, barandilla intermedia y rodapié.
- El piso del andamio tendrá como mínimo tres tablones de 20 cm de ancho cada uno y 5 cm de grueso.
- El ancho mínimo de las plataformas de trabajo será de 60 cm.
- Sobre los andamios sólo se almacenará el material imprescindible para asegurar la continuidad del trabajo.
- El orden y la limpieza en el andamio serán perfectos.

Riesgos más frecuentes:

- Atropellos.
- Golpes.
- Vibraciones.
- Caída a distinto nivel.
- Caída de materiales.
- Choques con elementos fijos de obra.

Protecciones individuales:

- Todos los equipos de protección individual deben disponer de la marca CE.
- Casco de seguridad para los desplazamientos fuera del vehículo.
- Botas de seguridad con suela antideslizante.
- Guantes de cuero.
- Faja de protección lumbar.
- Ropa de trabajo.

### 8.5.7. Estrobos, cables y cuerdas

Se tendrán en cuenta las siguientes normas de seguridad:

- Estos elementos tendrán indicada su resistencia máxima, la cual no se sobrepasará en ninguna circunstancia.
- Se emplearán, preferentemente, estrobos contruidos en fábrica, de los cuales habrá existencia de reserva en el almacén, de diferentes diámetros y longitudes para poder adaptarse adecuadamente a las exigencias en peso y dimensiones de las cargas a elevar.
- Los estrobos y cables se protegerán con cantoneras cuando hayan de doblarse o rozar con aristas vivas.
- Se desecharán por inútiles cuando el número de hilos rotos alcance el límite superior establecido en las normas, haya rotura de un cordón o del alma, presente fuertes oxidaciones, o tenga vicios u otros defectos que hagan dudar de su resistencia.

### 8.6. Instalaciones provisionales

El Contratista pondrá una caseta a pie de obra que dispondrá de lo siguiente:

- Vestuario que dispondrá de percheros, sillas y calefacción.
- Servicios higiénicos que dispondrán de lavamanos, ducha con agua caliente y fría, inodoro, espejos y calefacción.
- Comedor que dispondrá de mesa, sillas, calentador de comidas y recipientes para basuras.
- Estas instalaciones estarán en funcionamiento antes de empezar la obra.
- Para la limpieza y conservación de las instalaciones se dispondrá de un trabajador con la dedicación necesaria.
- La conexión del servicio eléctrico se realizará al iniciar la obra, pero antes que se realice la oportuna conexión del servicio eléctrico de la misma, se conseguirá mediante la puesta en funcionamiento de un grupo electrógeno generador trifásico, accionado por un motor de gasoil.

En función del número máximo de operarios que se pueden encontrar en fase de obra, se determinarán la superficie y los elementos necesarios para las instalaciones de salubridad e higiene. Las proporciones a la hora de determinar el material sanitario serán las siguientes:

- 1 inodoro/25 trabajadores.
- 1 ducha/10 trabajadores.

- 1 lavabo/10 trabajadores.
- 1 espejo/25 trabajadores.

Complementados por los elementos auxiliares necesarios: toalleros, jaboneras, etc., se deberá disponer de agua caliente y fría en las duchas y lavabos.

Los vestuarios estarán provistos de asientos y taquillas individuales con llave para guardar ropa y calzado.

La superficie de los servicios será la correspondiente a unos 2 m<sup>2</sup> por trabajador, la altura libre de suelo a techo no deberá ser inferior a 2,30 m, con una superficie para cada uno de los retretes de 1 x 1,20 m.

Existirá como mínimo, un botiquín de primeros auxilios que se revisará mensualmente, siendo repuesto inmediatamente el material consumido. Se tendrá permanentemente una camilla en la obra para el traslado de posibles accidentados.

El comedor tendrá una superficie correspondiente a 1 m<sup>2</sup>/trabajador, con iluminación artificial y natural suficiente, ventilación adecuada, sillas, mesas, calentador de comida, pileta de agua corriente y recipiente para recoger basuras.

En la oficina de obra se instalará un extintor de polvo seco polivalente de eficacia 21 A.

Córdoba, Marzo de 2024

El Ingeniero Técnico Superior

El Ingeniero Industrial

# Pliego de condiciones ESS

## 1. Legislación

Seguidamente, se facilita una relación de la normativa vigente básica de seguridad y la de desarrollo de prevención de riesgos laborales, que aplica a los trabajos objeto del proyecto:

- Ley 31/1995 de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales.
- Ley 54/2003, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales.
- R.D. 171/2004, de 30 de enero, por la que se desarrolla el artículo 24 de la Ley 31/1995, De 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, en materia de coordinación de actividades empresariales.
- R.D. 604/2006, de 19 de mayo, por el que se modifican el R.D. 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, y el 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.
- RD 2177/2004, de 12 de noviembre, por el que se modifica el Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en materia de trabajos temporales en altura.
- R.D. 39/1997 de 17 de enero por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.
- R.D. 1627/1997 de 24 de octubre por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Ordenanza general de Seguridad e Higiene en el trabajo en los puntos no derogados (O.M. 09/03/1971)
- Orden de 28 de agosto de 1979 por la que se aprueba la Ordenanza de Trabajo de la Construcción, Vidrio y Cerámica en los puntos no derogados.
- R.D. 485/1997 de 14 de abril Señalización de Seguridad y Salud en el trabajo.
- R.D. 486/1997 de 14 de abril Seguridad y Salud en los locales de trabajo.
- R.D. 487/1997 de 14 de abril Manipulación manual de cargas.
- R.D. 773/1997 de 30 de mayo Utilización de Equipos de Protección Individual.
- R.D. 1215/1997 de 18 de julio por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- R.D. 1435/1992 de 27 de noviembre por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo 89/932/CEE relativa a la aproximación de las legislaciones de los estados miembros sobre máquinas (complementado por el R.D. 56/1995 y R.D. 1849/2000).
- R.D. 614/2001 de 8 de junio sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.

- R.D. 5/2000 de 4 de agosto por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley sobre Infracciones y Sanciones en el Orden Social.
- R.D. 2001/1983 sobre regulación de jornadas de trabajo especiales y descansos.
- R.D. 374/2001 de 6 de abril sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.
- Real Decreto 840/2015, de 21 de septiembre, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas
- R.D. 1316/1989 de 27 de octubre sobre protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo.
- R.D. 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 1504/1990 de 23 de noviembre modifica Reglamento de Aparatos a Presión (R.D. 1244/1979).
- Real Decreto 2486/1994 de 23 de diciembre modifica el R.D. 1495/1991 sobre recipientes a presión simples.
- 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 159/1995 de 3 de febrero las modificaciones del R.D. 1435/1992 de aproximación de las legislaciones sobre los equipos de protección individual.
- Resolución de 10 de septiembre de 1998 que desarrolla el Reglamento de Aparatos de Elevación y Manutención.
- Resolución de 16 de junio de 1998 por el que se desarrolla el Reglamento de Aparatos a Presión.
- Orden de 29 de abril de 1999, modifica Orden de 6 de mayo de 1988 sobre requisitos y datos que deben reunir las comunicaciones de apertura previa o reanudación de actividades en los centros de trabajo.
- Resolución de 8 de abril de 1999 sobre delegación de Facultades en materia de Seguridad y salud en las obras de construcción. (complementa al R.D. 1627/1997)
- Orden de 27 de julio de 1999 por la que se determinan las condiciones que deben reunir los extintores de incendios instalados en vehículos de transporte de personas o mercancías.
- Real Decreto 1849/2000 de 10 de noviembre por el que se derogan diferentes disposiciones en materia de normalización y homologación de Productos Industriales.
- Ley 19/2001 de 19 de diciembre de reforma del texto articulado de la Ley sobre Tráfico, Circulación de Vehículos a Motor y Seguridad Vial, aprobado por R.D. legislativo 339/1990.

- Real Decreto 222/2001 por el que se dictan las disposiciones de aplicación a la Directiva 1999/36/CE relativa a equipos a presión transportables.
- Real Decreto 379/2001 por el que se aprueba el reglamento de almacenamiento de productos químicos y sus ITC's.
- Real Decreto 842/2002 por el que se aprueba el reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
- Ley 33/2002 de 5 de julio de modificación del art. 28 del texto refundido de la Ley del estatuto de los trabajadores.
- Orden 06-06-2003, de la Consejería de Agricultura y Medio Ambiente, por la que se regulan las campañas de prevención de incendios forestales.

## **2. Consideraciones de los equipos de protección colectiva**

- Las diversas protecciones colectivas a utilizar en la obra tendrán una calidad adecuada a las prestaciones exigidas, debiendo garantizar su eficacia mediante certificado del fabricante o bien por cálculos y ensayos justificativos realizados al efecto.
- Las protecciones colectivas se ajustarán a lo dispuesto en las Disposiciones Legales y Reglamentos Vigentes.
- Todos los elementos de protección colectiva, tendrán fijado un periodo de vida útil, desechándose al término del mismo.
- Si por cualquier circunstancia, sea desgaste, uso o deterioro por acción mecánica, un elemento de protección colectiva sufriera algún deterioro, se repondrá de inmediato, haciendo caso omiso de su periodo de vida útil.
- Los trabajadores serán debidamente instruidos respecto a la correcta utilización de los diferentes elementos de protección colectiva.
- Las protecciones colectivas estarán disponibles en obra para su oportuna utilización en las respectivas zonas donde puedan ser necesitadas.

## **3. Consideraciones de los equipos de protección individual**

Los equipos de protección tanto individual como colectiva que se utilicen, deberán reunir los requisitos establecidos en las disposiciones legales o reglamentarias que les sean de aplicación y en particular relativos a su diseño, fabricación, uso y mantenimiento.

Se especifica como condición expresa que todos los equipos de protección individual utilizables en esta obra cumplirán las siguientes condiciones generales:

- Tendrán la marca "CE", según las normas de Equipos de Protección Individual.
- Su utilización se realizará cumpliendo con el contenido del Real Decreto 773/1.997, de 30 de mayo:



Utilización de equipos de protección individual.

- Los equipos de protección individual que cumplan con la indicación expresada en el punto primero de este apartado, tienen autorizado su uso durante su periodo de vigencia.
- Todo equipo de protección individual en uso que este deteriorado o roto, será reemplazado de inmediato, quedando constancia en la oficina de obra del motivo del cambio y el nombre de la empresa y de la persona que recibe el nuevo equipo de protección individual, con el fin de dar la máxima seriedad posible a la utilización de estas protecciones.
- Las variaciones de medición de los equipos de protección individual que puedan aparecer en cada plan de seguridad y salud que presenten los diversos contratistas, deberán justificarse técnicamente ante el Coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra. Si la justificación no es aceptada, el plan no podrá ser aprobado.
- Se recuerda, que, en aplicación de los Principios de Acción Preventiva de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, no puede ser sustituida una protección colectiva prevista en este Estudio de Seguridad y Salud por el uso de equipos de protección individual.

#### **4. Señalización de obra**

Esta señalización cumplirá con lo contenido en el Real Decreto 485/97 de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización y seguridad en el trabajo, que desarrolla los preceptos específicos sobre esta materia contenidos en la Ley 31/95 de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales.

#### **5. Equipos de seguridad de los medios auxiliares, máquinas y equipos**

De acuerdo con el art. 41 de la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales, los contratistas obtendrán de los fabricantes y proveedores todas las especificaciones técnicas, normas y material impreso que incluyan las correspondientes características técnicas de toda la maquinaria, equipos, herramientas, dispositivos y equipos de protección personal a utilizar en las obras. La información facilitada por los fabricantes y proveedores deberá incluir:

- Instrucciones sobre los procedimientos para el funcionamiento y uso de máquinas, equipos, herramientas, dispositivos o equipos de protección individual.
- Procedimientos de mantenimiento y conservación de máquinas, equipos, herramientas, dispositivos o equipos de protección individual.
- Los contratistas mantendrán en todo momento en la base de operaciones de su zona de obras copias de los manuales y especificaciones impresas (en adelante, la información técnica) especificadas en el párrafo anterior.

- Todos los empleados de los contratistas recibirán información y formación sobre el contenido de los manuales técnicos pertinentes al trabajo que realizan.
- Cada contratista facilitará a todos sus empleados el equipo de protección seguridad y salud mínimo recogido en las normas que anteceden. Asimismo, deberá mantener copias de dichas normas en la base de operaciones de la obra.
- El Encargado de la obra será el responsable de la recepción de la maquinaria y medios auxiliares, comprobando a su llegada a obra el buen estado de los mismos, con todos sus componentes y de acuerdo con lo solicitado, verificando además que cumple la legislación vigente en materia de seguridad y salud que le afecte.
- Se prohíbe el montaje de los medios auxiliares, máquinas y equipos, de forma parcial; es decir, omitiendo el uso de alguno o varios de los componentes con los que se comercializan para su función.
- El uso, montaje y conservación de los medios auxiliares, máquinas y equipos, se hará siguiendo estrictamente las condiciones de montaje y utilización segura, contenidas en el manual de uso editado por su fabricante.
- Todos los medios auxiliares, máquinas y equipos a utilizar en esta obra, tendrán incorporados sus propios dispositivos de seguridad exigibles por aplicación de la legislación vigente. Se prohíbe expresamente la introducción en el recinto de la obra, de medios auxiliares, máquinas y equipos que no cumplan la condición anterior.
- Si el mercado de los medios auxiliares, máquinas y equipos, ofrece productos con la marca "CE", cada contratista adjudicatario, en el momento de efectuar el estudio para presentación de la oferta de ejecución de la obra, debe tenerlos presentes e intentar incluirlos, porque son por sí mismos, más seguros que los que no la poseen.

## **6. Formación e información a los trabajadores**

Cada contratista adjudicatario está legalmente obligado a formar en un método de trabajo correcto y seguro a todo el personal a su cargo, de tal forma que los trabajadores que realicen trabajos en las obras deberán tener conocimiento de los riesgos propios de su actividad laboral, así como de las conductas a observar en determinadas maniobras, del uso correcto de las protecciones colectivas y de los equipos de protección individual necesarios.

Asimismo, todos los trabajadores deberán conocer y estar informados sobre el Plan de Seguridad y Salud específico de la obra, como paso previo a su incorporación al trabajo.

El adjudicatario acreditará que el personal que aporte, posee la formación, la experiencia y el nivel profesional adecuado a los trabajos a realizar. Esta acreditación se indicará especialmente y de forma diferenciada con respecto al resto de los

trabajadores, para los trabajadores autorizados y cualificados según criterios del R.D. 614/2001.

Los trabajos que se realicen en tensión y en lugares donde la comunicación sea difícil, por su orografía, confinamiento u otras circunstancias, deberán realizarse estando presentes, al menos, dos trabajadores con formación en materia de primeros auxilios, según criterios del R.D. 614/2001.

## **7. Acciones a seguir en caso de accidente laboral**

Cuando un trabajador de una Empresa contratada conozca la existencia de un accidente, procurará el auxilio inmediato que esté a su alcance y lo comunicará, a la mayor brevedad posible:

- A la asistencia médica más cercana.
- Al jefe de obra del contratista y/o a la Dirección Facultativa.

El jefe de obra tomará las medidas a su alcance para evitar daños mayores a las personas e instalaciones. Los accidentes serán notificados a la autoridad laboral en los plazos y términos requeridos por las normas oficiales.

Cada contratista adjudicatario, en cumplimiento del Anexo IV, punto 14, del R.D. 1.627/1.997, tendrá en cuenta los siguientes principios sobre primeros auxilios:

- El accidentado es lo primero. Se le atenderá de inmediato con el fin de evitar el agravamiento o progresión de las lesiones.
- En caso de caídas a distinto nivel y de accidentes de carácter eléctrico, se supondrá siempre, que pueden existir lesiones graves y en consecuencia, se extremarán las precauciones de atención primaria en la obra, aplicando las técnicas especiales para la inmovilización del accidentado hasta la llegada de la ambulancia y de reanimación en el caso de accidente eléctrico.
- En caso de gravedad manifiesta, se evacuará al herido en camilla y ambulancia. Se evitarán en lo posible, según el buen criterio de las personas que atiendan primariamente al accidentado, la utilización de los transportes particulares, por lo que implican de riesgo e incomodidad para el accidentado.
- Cada contratista adjudicatario comunicará, a través del Plan de seguridad y Salud que elabore, el nombre y dirección del centro asistencial más próximo previsto para la asistencia sanitaria de los accidentados.
- Cada contratista adjudicatario instalará carteles informativos en la obra que suministren a los trabajadores y resto de personas participantes en la obra, la información necesaria para conocer el centro asistencial, su dirección, teléfonos de contacto, mutua de accidentes concertada, etc.

## **8. Comunicaciones inmediatas en caso de accidente**

En caso que se produzca un accidente en la obra, el responsable del contratista al que pertenezca el trabajador accidentado (contrata y/o subcontrata) está obligado a realizar las acciones y comunicaciones que se recogen en el cuadro siguiente:

### **Accidentes de tipo leve**

Al Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra: de todos y cada uno de ellos, con el fin de investigar sus causas y adoptar las correcciones oportunas (si no fuera necesaria la designación de Coordinador se comunicará a la Dirección Facultativa).

A la Mutua de Accidentes de Trabajo.

### **Accidentes de tipo grave, mortales o que afecten a más de 4 trabajadores**

Al Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra: de todos y cada uno de ellos, con el fin de investigar sus causas y adoptar las correcciones oportunas (si no fuera necesaria la designación de Coordinador se comunicará a las Dirección Facultativa).

A la Autoridad laboral en el plazo de 24 horas. Esta comunicación se realizará con especificación de los siguientes datos: razón social, domicilio y teléfono de empresa, nombre del trabajador accidentado, dirección del lugar del accidente y breve descripción del mismo.

## **9. Seguridad de la obra**

Presencia de recursos preventivos en obra

Se aplicará por parte de cada contratista lo establecido en el artículo séptimo “Coordinación de actividades empresariales en las obras de construcción” de la Ley 54/2003 de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales. Según dicho artículo se establece que:

- Lo dispuesto en el art. 32 bis de la Ley de Prevención de Riesgos laborales es aplicable a las obras de construcción del presente proyecto, ya que para dichas obras aplica el R.D. 1627/1997. Por tanto, la preceptiva presencia de recursos preventivos se aplicará a cada contratista.
- La presencia de los recursos preventivos de cada contratista será necesaria cuando, durante la obra, se desarrollen trabajos con riesgos especiales según se definen en el R.D. 1627/1997.
- La preceptiva presencia de recursos preventivos tendrá como objeto vigilar el cumplimiento de lo incluido en el correspondiente Plan de Seguridad y Salud del contratista y comprobar la eficacia de las medidas incluidas en este.
- Se consideran recursos preventivos, a los que el contratista podrá asignar la presencia, los siguientes:

- Uno o varios trabajadores designados de la empresa
  - Uno o varios miembros del servicio de prevención propio de la empresa
  - Uno o varios miembros del o los servicios de prevención ajenos concertados por la empresa
- El contratista podrá asignar la presencia de forma expresa a uno o varios trabajadores de la empresa que reúnan los conocimientos, la cualificación y la experiencia necesarios en las actividades o procesos a realizar por la empresa en el emplazamiento y cuenten con la formación preventiva correspondiente, como mínimo, a las funciones del nivel básico. En este supuesto, tales trabajadores deberán mantener la necesaria colaboración con los recursos preventivos del contratista.
- Los recursos preventivos deberán tener la capacidad suficiente, disponer de los medios necesarios y ser suficientes en número para vigilar el cumplimiento de las actividades preventivas, debiendo permanecer en el centro de trabajo durante el tiempo en que se mantenga la situación que determine su presencia (periodo de ejecución de los trabajos considerados como riesgo especial).

## **10. Plan de Seguridad y Salud**

En aplicación del presente Estudio de Seguridad y Salud, cada contratista que intervenga en la obra elaborará su correspondiente Plan de Seguridad y Salud, en el cual analizará y desarrollará las previsiones contenidas en el mismo en función de su propio sistema de ejecución de la obra. El contratista incluirá en su Plan de Seguridad las propuestas y medidas alternativas de prevención que considere oportunas, indicando la correspondiente justificación técnica, si bien, no podrá implicar disminución de los niveles de protección previstos en el Estudio de Seguridad y Salud. El Plan de Seguridad y Salud elaborado por el contratista, deberá ser aprobado, previamente al inicio de los trabajos, por el Coordinador de Seguridad y Salud en fase de ejecución. Podrá ser modificado en función del proceso de ejecución de la obra, evolución de los trabajos o bien de las posibles incidencias que pudieran surgir durante el desarrollo de los trabajos.

La modificación realizada deberá ser aprobada por el Coordinador de Seguridad y Salud en fase de ejecución. Constituirá el elemento básico para identificar y evaluar los riesgos, de manera que permita planificar una acción preventiva. Quienes intervengan en la ejecución de la obra, así como aquellas personas con responsabilidades en materia de prevención de riesgos laborales, representantes de los trabajadores, etc., 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.

## **11. Obligaciones de cada contratista adjudicatario en materia de Seguridad y Salud**

- Cumplir y hacer cumplir en la obra, todas las obligaciones exigidas por la legislación vigente del Estado Español y sus Comunidades Autónomas, referida a la seguridad y salud en el trabajo y concordantes, de aplicación a la obra.
- Elaborar en el menor plazo posible y siempre antes de comenzar la obra, un Estudio Básico de seguridad cumpliendo con el R. D. 1.627/1.997 de 24 de octubre, que respetara el nivel de prevención definido en todos los documentos de este Estudio de Seguridad y Salud.
- Presentar el plan de seguridad para su aprobación por parte del Coordinador de seguridad y salud durante la ejecución de la obra, antes del comienzo de la misma, incluyendo todas las modificaciones y/u observaciones que este pueda sugerirle.
- Formar e informar sobre el contenido del plan de seguridad y salud aprobado, a todos los trabajadores propios, subcontratistas y autónomos de la obra y hacerles cumplir con las medidas de prevención en él expresadas. Por parte de las subcontratas, se firmará un documento de adhesión al Plan de Seguridad de la contrata principal.
- Proporcionará a sus trabajadores equipos de protección individual adecuado para el desempeño de sus funciones y velar por el uso efectivo de los mismos cuando, por la naturaleza de los trabajos realizados, sean necesarios.
- Cumplir fielmente con lo expresado en el pliego de condiciones particulares del plan de seguridad y salud aprobado, en el apartado: "acciones a seguir en caso de accidente laboral".
- Informar de inmediato de los accidentes leves, graves, mortales o sin víctimas al Coordinador en materia de seguridad y salud y/o Dirección Facultativa durante la ejecución de la obra, tal como queda definido en el apartado "acciones a seguir en caso de accidente laboral".
- Colaborar con el Coordinador de seguridad y salud durante la ejecución de la obra y con la Dirección Facultativa, en la solución técnico preventiva, de los posibles imprevistos del proyecto o motivados por los cambios de ejecución decididos sobre la marcha, durante el transcurso de la obra.
- Las responsabilidades de los coordinadores, de la dirección facultativa y del promotor no eximirán de sus responsabilidades a los contratistas y a los subcontratistas.

## **12. Coordinador de Seguridad y Salud**

Cuando en la ejecución de la obra intervenga más de una empresa, o una empresa y trabajadores autónomos o diversos trabajadores autónomos, el promotor antes del inicio de los trabajos o tan pronto como se constate dicha circunstancia, designará a un

Coordinador de seguridad y salud durante la ejecución de la obra, que podrá recaer en la misma persona que redacte el Proyecto.

El Coordinador de seguridad y salud durante la ejecución de la obra deberá desarrollar las siguientes funciones:

- Coordinar la aplicación de los principios generales de prevención y seguridad:
  - o Al tomar las decisiones técnicas y de organización con el fin de planificar los distintos trabajos o fases de trabajo que vayan a desarrollarse simultáneamente o sucesivamente.
  - o Al estimar la duración requerida para la ejecución de estos distintos trabajos o fases de trabajo.
- Coordinar las actividades de la obra para garantizar que los contratistas y, en su caso, los subcontratistas y trabajadores autónomos apliquen de manera coherente y responsable los principios de la acción que se recogen en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales durante la ejecución de la obra.
- Aprobar el plan de seguridad y salud elaborado por el contratista y, en su caso, las modificaciones introducidas en el mismo. La Dirección Facultativa asumirá esta función cuando no sea necesaria la designación de coordinador.
- Organizar la coordinación de actividades empresariales prevista en el artículo 24 de 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 solo las personas autorizadas puedan acceder a la obra. La Dirección Facultativa asumirá esta función cuando no sea necesaria la designación de coordinador.

### **13. Libro de incidencias**

En cada centro de trabajo existirá con fines de control y seguimiento del plan de seguridad y salud un libro de incidencias que constará de hojas por duplicado, habilitado al efecto.

El libro de incidencias será facilitado por:

- a) El Colegio profesional al que pertenezca el técnico que haya aprobado el plan de seguridad y salud.
- b) La Oficina de Supervisión de Proyectos u órgano equivalente cuando se trate de obras de las Administraciones públicas.

El libro de incidencias, que deberá mantenerse siempre en la obra, estará en poder del coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra o, cuando no fuera necesaria la designación de coordinador, en poder de la dirección facultativa. A dicho libro tendrán 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, relacionadas con los fines que al libro se le reconocen en el apartado 1.

Efectuada una anotación en el libro de incidencias, el coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra o, cuando no sea necesaria la designación de coordinador, la dirección facultativa, estarán obligados a remitir, en el plazo de veinticuatro horas, una copia a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia en que se realiza la obra. Igualmente deberán notificar las anotaciones en el libro al contratista afectado y a los representantes de los trabajadores de este.

#### **14. Seguridad de responsabilidad civil y patronal**

La empresa contratista se responsabilizará de cumplir y hacer cumplir cuantas disposiciones legales relativas a seguridad y salud, medio ambiente y otras en general, les sean de aplicación en el desarrollo de las actividades contratadas.

El contratista concertará a sus expensas, y por la cantidad necesaria (mínimo 600.000 €), el seguro de Responsabilidad Civil que cubra los posibles daños a la promotora, su personal e instalaciones, y a terceros, derivados de la realización de las obras contratadas, así como la responsabilidad legalmente exigible por los daños ocasionados por el error o negligencia en la gestión de la seguridad.

Igualmente, habrá que concertar el de Responsabilidad Civil Patronal (mínimo 150.000 € por víctima) que cubra a su propio personal y al de sus subcontratistas, comprometiéndose a ampliar el alcance de los mismos si en opinión de la promotora se hiciera preciso.

Los vehículos de propulsión mecánica autorizados a circular por vías públicas, estarán obligatoriamente asegurados, como mínimo, con la garantía de Responsabilidad Civil ilimitada durante su permanencia en el recinto de la obra.

En caso de tratarse de camiones deberá contratarse una póliza que cubra la Responsabilidad Civil de la carga o en su defecto, deberá presentarse copia de la Póliza de responsabilidad civil general de la empresa propietaria del camión, en la que se garantice dicha cobertura.

#### **15. Subcontratación**

Sin previa autorización escrita de la empresa promotora el contratista no podrá ceder o traspasar a terceros obligaciones o derechos nacidos del pedido o contrato. Para la cesión, la empresa promotora dará su conformidad a la selección del subcontratista.



El contratista será responsable único ante la promotora de la realización de la obra en su totalidad, independientemente de las responsabilidades que él pueda exigir a sus suministradores o subcontratistas. Un plano de seguridad es la representación gráfica de la prevención descrita en la memoria de seguridad y salud y en coordinación con el pliego de condiciones particulares. Son unos planos genéricos, que cumplen tan solo con la idea de dar pistas al contratista sobre como representar coherentemente la prevención. No permiten la medición ni el presupuesto exacto como consecuencia de su indefinición.

Córdoba, Marzo de 2024

El Ingeniero Técnico Superior

El Ingeniero Industrial

# Presupuesto ESS

<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Concepto</b>	<b>Precio unitario (€)</b>	<b>Total (€)</b>
<b>Protecciones Individuales</b>				
Protecciones para la Cabeza				
30,00	Ud	Casco de seguridad homologado.	3,05 €	91,50 €
10,00	Ud	Pantalla de seguridad para soldadura, homologada	19,83 €	198,30 €
10,00	Ud	Pantalla contra partículas, homologada.	8,41 €	84,10 €
15,00	Ud	Gafas contra impactos, homologadas.	18,03 €	270,45 €
15,00	Ud	Gafas antipolvo, homologadas	4,21 €	63,15 €
30,00	Ud	Mascarillas antipolvo, homologadas.	2,54 €	76,20 €
30,00	Ud	Filtro recambio mascarilla, homologado	1,21 €	36,30 €
30,00	Ud	Protectores auditivos, homologados.	12,28 €	368,40 €
Protecciones para el Cuerpo				
30,00	Ud	Mono de trabajo, homologado.	21,52 €	645,60 €
30,00	Ud	Impermeable de trabajo, homologado.	18,95 €	568,50 €
10,00	Ud	Mandil de cuero para soldador, homologado.	18,02 €	180,20 €
15,00	Ud	Cinturón de seguridad clase A (sujeción), homologado.	31,56 €	473,40 €
15,00	Ud	Cinturón portaherramientas, homologado.	31,56 €	473,40 €
Protecciones para las Manos				
30,00	Ud	Pares de Guantes de goma.	1,31 €	39,30 €
30,00	Ud	Pares de Guantes de uso general.	2,79 €	83,70 €
15,00	Ud	Pares de guantes para soldador, homologados.	5,61 €	84,15 €
15,00	Ud	Pares de guantes aislantes para electricista, homologados.	45,85 €	687,75 €
Protecciones para los Pies				
30,00	Ud	Pares de botas de agua, homologadas.	19,42 €	582,60 €
30,00	Ud	Pares de botas de seguridad con puntera y plantillas metálicas homologadas.	35,75 €	1.072,50 €
15,00	Ud	Pares de botas aislantes para electricista, homologadas.	42,12 €	631,80 €
15,00	Ud	Par de polainas para soldador, homologadas.	11,26 €	168,90 €
Protecciones Anticaídas				
15,00	Ud	Arnés amarre dorsal y torsal	54,62 €	819,30 €
15,00	Ud	Arnés amarre dorsal/torsal con doble regulación	62,33 €	934,95 €
15,00	Ud	Cinturón de sujeción y retención	19,56 €	293,40 €
15,00	Ud	Distanciador de sujeción con regulador 2m. 16 mm	23,10 €	346,50 €
15,00	Ud	Eslinga amarre de 12 mm. 1 m. anillo más mosquetón	23,56 €	353,40 €
15,00	Ud	Eslinga amarre de 12 mm. 2 m. anillo más mosquetón	25,00 €	375,00 €
<b>Total Protecciones Individuales</b>			<b>10.002,75 €</b>	
<b>Protecciones Colectivas</b>				
Señalizaciones				
15,00	Ud	Señal de STOP tipo octogonal de D=600 mm normalizada, con soporte metálico de hierro galvanizado 80x40x2 mm. y 1,3 m. de altura, incl. parte proporcional de apertura de pozo, hormigonado, colocación y desmontado.	76,23 €	1.143,45 €
15,00	Ud	Cartel indicativo de riesgo de 0,3x0,3 m. con soporte metálico de hierro galvanizado 80x40x2 mm. y 1,3 m. de altura, incluso apertura de pozo, hormigonado, colocación y desmontado.	73,00 €	1.095,00 €

<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Concepto</b>	<b>Precio unitario (€)</b>	<b>Total (€)</b>
<b>Balizamiento</b>				
2.500,00	Ud	Valla de obra de 800x200mm de una banda con trípode, terminación en pintura normal, dos colores rojo y blanco, colocación y desmontado.	6,81 €	17.025,00 €
10.000,00	ml	Cinta corrida de balizamiento plástica pintada, dos colores roja y blanca, i. colocación y desmontado.	0,20 €	2.000,00 €
<b>Total Protecciones Colectivas</b>				<b>21.263,45 €</b>
<b>Protección Contra Incendios</b>				
10,00	Ud	Extintor de polvo químico ABC polivalente antibrasa de eficacia 21A/113B, de 6 kg.	33,21 €	332,10 €
10,00	Ud	Extintor de polvo químico ABC polivalente antibrasa de eficacia 34A/144B, de 9 kg.	45,35 €	453,50 €
10,00	Ud	Placa de señalización interior para indicación de medidas de salvamento y vías de evacuación.	8,74 €	87,40 €
15,00	Ud	Luminaria de emergencia con difusor de policarbonato y cuerpo de ABS, con lámparas de bajo consumo y alto rendimiento luminoso.	61,10 €	916,50 €
15,00	Ud	Bloque autónomo de luminaria de emergencia, incluyendo baterías, lámparas, reactancias, y demás equipos necesarios.	50,96 €	764,40 €
<b>Total Protección Contra Incendios</b>				<b>2.553,90 €</b>
<b>Formación y Seguridad</b>				
<b>Formación</b>				
100,00	h	Servicio de prevención de seguridad y salud.	13,65 €	1.365,00 €
150,00	h	Formación en seguridad y salud en el trabajo.	13,65 €	2.047,50 €
24,00	Ud	Reunión mensual del comité de seguridad y salud en el trabajo, considerando una reunión al mes de dos horas y formada por un técnico cualificado en materia de seguridad y salud, dos trabajadores con categoría de especialista u oficial 2ª y un vigilante con categoría de oficial 1ª.	65,01 €	1.560,24 €
<b>Medidas Preventivas de Seguridad y Equipamiento Sanitario</b>				
25,00	Ud	Reconocimiento médico obligatorio.	63,36 €	1.584,00 €
10,00	Ud	Botiquín de urgencia para obra fabricado en chapa de acero, pintado al horno con tratamiento anticorrosivo y serigrafía de cruz. Color blanco con contenidos mínimos obligatorios. Colocado	102,12 €	1.021,20 €
6,00	Ud	Reposición del material sanitario del botiquín de urgencia	63,23 €	379,38 €
3,00	Ud	Jabonera de uso industrial con dosificador de jabón, colocada.	36,50 €	109,50 €
1,00	Ud	Camilla portátil de evacuaciones, colocada.	120,00 €	120,00 €
<b>Total Formación y Seguridad</b>				<b>8.186,82 €</b>

<b>Total Presupuesto de Seguridad y Salud</b>	<b>42.006,92 €</b>
<b>Gastos generales (13%)</b>	<b>5.460,90 €</b>
<b>Beneficio Industrial (6%)</b>	<b>2.848,07 €</b>
<b>IVA (21%)</b>	<b>10.566,34 €</b>
<b>TOTAL</b>	<b>60.882,23 €</b>

Córdoba, Marzo de 2024

El Ingeniero Técnico Superior

El Ingeniero Industrial

# Planos ESS

### **Índice de Planos:**

- Plano nº 1: Protección en Zanjas
- Plano nº 2: Elementos Auxiliares y Maquinarias
- Plano nº 3: Código de Señales de Maniobras
- Plano nº 4: Señales de Advertencia de Peligro
- Plano nº 5: Señales de Obligación / EPIs
- Plano nº 6: Señales de Prohibición
- Plano nº 7: Señales de Información de Seguridad

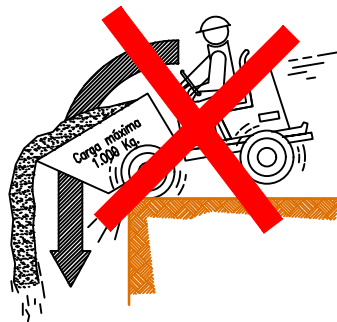
## ELEMENTOS AUXILIARES Y MAQUINARIA (Pala mixta)

### NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD Y PROTECCIONES COLECTIVAS :

- Los caminos de circulación interna de la obra, se cuidarán para evitar blandones y embarramientos excesivos que mermen la seguridad de la circulación de la maquinaria.
- No se admitirán en esta obra máquinas que no vengan con la protección de cabina antivuelco o pórtico de seguridad.
- Se prohibirá que los conductores abandonen la máquina con el motor en marcha.
- Se prohibirá que los conductores abandonen la pala con la cuchara izada y sin apoyar en el suelo.
- La cuchara durante los transportes de tierras, permanecerá lo más baja posible para poder desplazarse con la máxima estabilidad.
- Los ascensos o descensos en carga de la máquina se efectuarán siempre utilizando marchas cortas.
- La circulación sobre terrenos desiguales se efectuará a velocidad lenta.
- Se prohibirá transportar personas en el interior de la cuchara.
- Se prohibirá izar personas para acceder a trabajos puntuales utilizando la cuchara.
- Las máquinas a utilizar en esta obra, estarán dotadas de un extintor, timbrado y con las revisiones al día.
- Las máquinas a utilizar en esta obra, estarán dotadas de luces y bocina de retroceso.
- Se prohibirá arrancar el motor sin antes cerciorarse de que no hay nadie en el área de operación de la pala.
- Los conductores se cerciorarán de que no existe peligro para los trabajadores que se encuentren en el interior de pozos o zanjas próximos al lugar de excavación.
- Se acotará a una distancia igual a la del alcance máximo del brazo excavador, el entorno de la máquina. Se prohíbe en la zona la realización de trabajos o la permanencia de personas.
- Se prohibirá en esta obra utilizar la retroexcavadora como una grúa, para la introducción de piezas, tuberías, etc., en el interior de las zanjas.
- Se prohibirá realizar trabajos en el interior de las trincheras o zanjas, en la zona de alcance del brazo de la retro.
- A los maquinistas de estas máquinas se les comunicará por escrito la siguiente normativa preventiva, antes del inicio de los trabajos.



## ELEMENTOS AUXILIARES Y MAQUINARIA

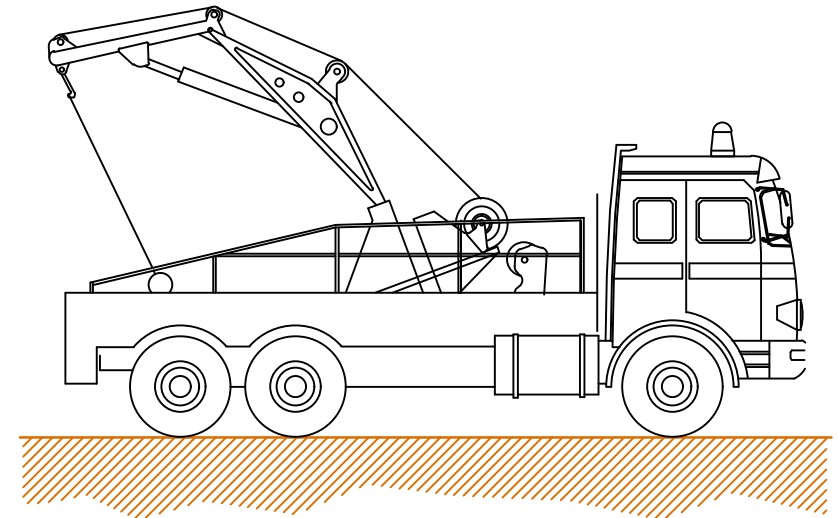


**NO**



**SI**



## ELEMENTOS AUXILIARES Y MAQUINARIA (Camión grúa de carga-descarga)



### NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD Y PROTECCIONES COLECTIVAS :

- Las maniobras en la grúa serán dirigidas por un especialista.
- Los ganchos de la grúa tendrán cerradura de seguridad.
- Se prohibirá sobrepasar la carga máxima admisible.
- El gruista tendrá en todo momento la carga suspendida a la vista. Si eso no es posible las maniobras serán dirigidas por un especialista.
- Las rampas de circulación no superarán en ningún caso una inclinación superior al 20%.
- Se prohibirá estacionar el camión a menos de 2 metros del borde superior de los taludes.
- Se prohibirá arrastrar cargas con el camión.
- Se prohibirá la permanencia de personas a distancias inferiores a los 5 metros del camión.
- Se prohibirá la permanencia de operarios bajo las cargas en suspensión.
- El conductor tendrá el certificado de capacitación correspondiente.
- Se extremarán las precauciones durante las maniobras de suspensión de objetos estructurales para su colocación en obra, ya que habrán operarios trabajando en el lugar, y un pequeño movimiento inesperado puede provocar graves accidentes.
- No se trabajará en ningún caso con vientos superiores a los 50 Km./h.

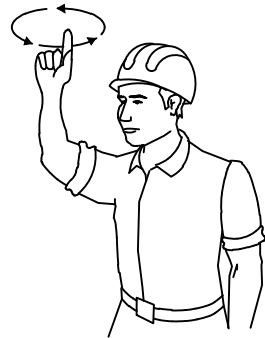
PROYECTO EJECUTIVO DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA LABRADOR EN EL T.M. DE NAVALCARNERO (MADRID)

PLANO:	PLANO DE:	ESCALA:
2	Elementos auxiliares y maquinaria	S/E
Hoja 1 de 1	 	PROMOTOR: Planta Fotovoltaica Imagesol S.L. Marzo 2024

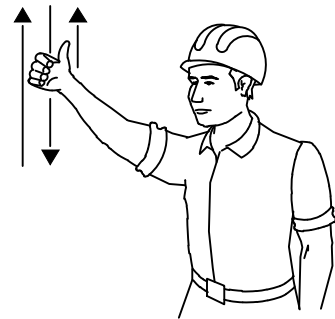


## CÓDIGO DE SEÑALES DE MANIOBRAS

**1** LEVANTAR LA CARGA



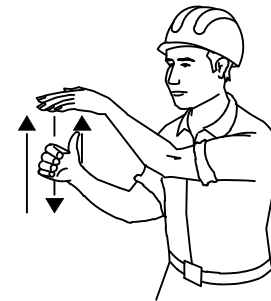
**2** LEVANTAR EL AGUILÓN O PLUMA



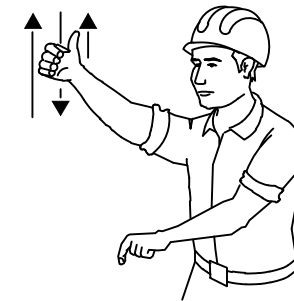
**3** LEVANTAR LA CARGA  
LENTAMENTE



**4** LEVANTAR EL AGUILÓN O  
PLUMA LENTAMENTE



**5** LEVANTAR EL AGUILÓN O  
PLUMA Y BAJAR LA CARGA



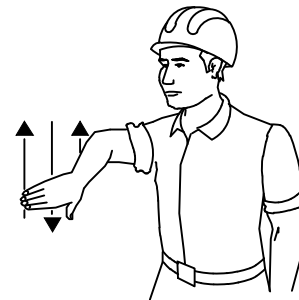
**6** BAJAR LA CARGA



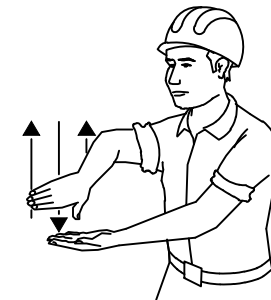
**7** BAJAR LA CARGA LENTAMENTE



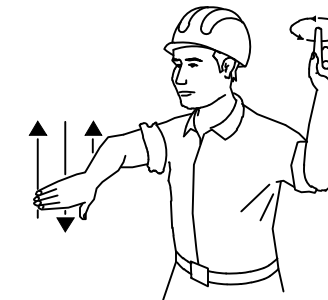
**8** BAJAR EL AGUILÓN O PLUMA



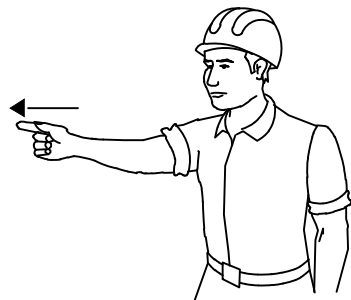
**9** BAJAR EL AGUILÓN O PLUMA  
LENTAMENTE



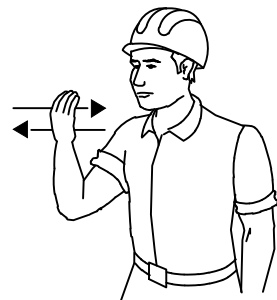
**10** BAJAR EL AGUILÓN O PLUMA  
Y LEVANTAR LA CARGA



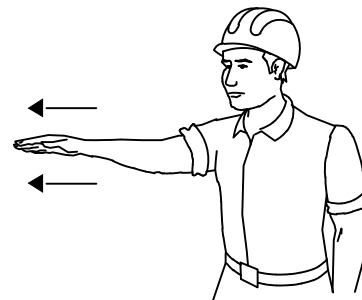
**11** GIRAR EL AGUILÓN EN LA  
DIRECCIÓN INDICADA POR EL DEDO



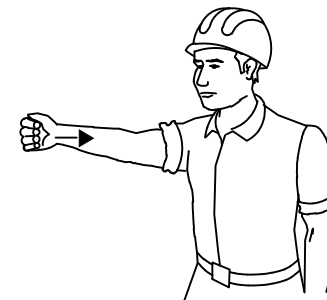
**12** AVANZAR EN LA DIRECCIÓN  
INDICADA POR EL SEÑALISTA



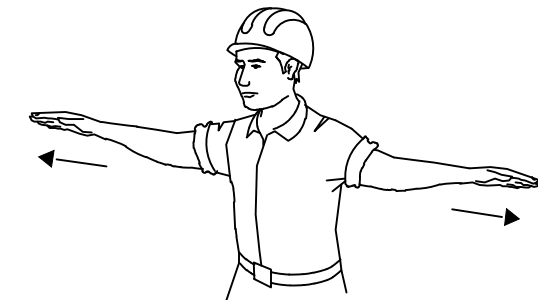
**13** SACAR PLUMA



**14** METER PLUMA



**15** PARAR



PROYECTO EJECUTIVO DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA LABRADOR EN EL T.M. DE NAVALCARNERO (MADRID)

PLANO:

**3**

Hoja 1 de 1

PLANO DE:

Códigos de señales de maniobras

**ingnova**  
PROYECTOS

**Imageso**

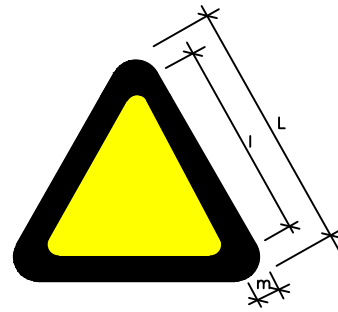
PROMOTOR:  
Planta Fotovoltaica Imagesol S.L.

ESCALA:

S/E

Marzo 2024

## FORMA, DIMENSIONES Y COLOR DE SEÑALES DE ADVERTENCIA DE PELIGRO



COLOR DE FONDO: AMARILLO (\*)  
BORDE: NEGRO (\*) (EN FORMA DE TRIÁNGULO)  
SÍMBOLO O TEXTO: NEGRO (\*)

(\*): SEGÚN COORDENADAS CROMÁTICAS EN NORMAS UNE 1-115 Y UNE 48-103

DIMENSIONES (mm.)		
L	l	m
594	492	30
420	348	21
297	246	15
210	174	11
148	121	8
105	87	5

NOTAS:

(1) SEÑAL RECOGIDA EN LA NORMA UNE 1-115-85 CON EJEMPLO GRÁFICO

(3) SEÑAL NO RECOGIDA EN LA NORMA UNE 1-115-85

SEÑAL						
Nº	B-3-1	B-3-2	B-3-3	B-3-4	B-3-5	B-3-6
REFERENCIA	PRECAUCION	PRECAUCION PELIGRO DE INCENDIO	PRECAUCION PELIGRO DE EXPLOSION	PRECAUCION PELIGRO DE CORROSION	PRECAUCION PELIGRO DE INTOXICACION	PRECAUCION PELIGRO DE SACUDIDA ELECTRICA
CONTENIDO GRAFICO	SIGNO DE ADMIRACION	LLAMA	BOMBA EXPLOSIVA	LIQUIDO QUE CAE GOTAS A GOTAS SOBRE UNA BARRA Y SOBRE UNA MANO	CALAVERA Y TIBIAS CRUZADAS	FLECHA QUEBRADA (SIMBOLO N 5036 DE LA PUBLICACION 417B DE LA CEI)(=UNE 20-557/1)

SEÑAL						
Nº	B-3-7	B-3-8	B-3-9	B-3-10	B-3-11	
REFERENCIA	PELIGRO POR DESPRENDIMIENTO	PELIGRO POR MAQUINARIA PESADA EN MOVIMIENTO	PELIGRO POR CAIDAS AL MISMO NIVEL	PELIGRO POR CAIDAS A DISTINTO NIVEL	PELIGRO POR CAIDA DE OBJETOS	PELIGRO POR CARGAS SUSPENDIDAS
CONTENIDO GRAFICO	DESPRENDIMIENTO EN TALUD	MAQUINA EXCAVADORA	CAIDA AL MISMO NIVEL	CAIDA A DISTINTO NIVEL	OBJETOS CAYENDO	CARGA SUSPENDIDA

PROYECTO EJECUTIVO DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA LABRADOR EN EL T.M. DE NAVALCARNERO (MADRID)

PLANO:

4

Hoja 1 de 1

PLANO DE:

Señales de advertencia de peligro

ingnova  
PROYECTOS

Imagesol

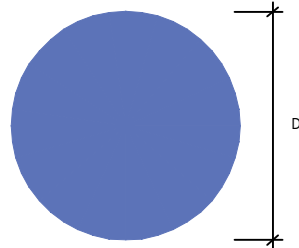
PROMOTOR:  
Planta Fotovoltaica Imagesol S.L.

ESCALA:

S/E

Marzo 2024

## FORMA, DIMENSIONES Y COLOR DE SEÑALES DE OBLIGACIÓN



COLOR DE FONDO: AZUL (\*)  
SÍMBOLO O TEXTO: BLANCO (\*)

(\*): SEGÚN COORDENADAS CROMÁTICAS EN NORMAS UNE 1-115 Y UNE 48-103

DIMENSIONES (mm.)
D
594
420
297
210
148
105

**NOTAS:**

- (1) SEÑAL RECOGIDA EN LA NORMA UNE 1-115-85 CON EJEMPLO GRÁFICO
- (2) SEÑAL RECOGIDA EN LA NORMA UNE 1-115-85 SIN EJEMPLO GRÁFICO POR NO HABER SIDO AUN ADOPTADA INTERNACIONALMENTE
- (3) SEÑAL NO RECOGIDA EN LA NORMA UNE 1-115-85

SEÑAL					
Nº	B-2-1	B-2-2	B-2-3	B-2-4	B-2-5
REFERENCIA	OBLIGACION EN GENERAL	PROTECCION OBLIGATORIA DE LA VISTA	PROTECCION OBLIGATORIA DE LAS VIAS RESPIRATORIAS	PROTECCION OBLIGATORIA DE LA CABEZA	PROTECCION OBLIGATORIA DEL OIDO
CONTENIDO GRÁFICO	SIGNO DE ADMIRACION	CABEZA PROVISTA DE GAFAS PROTECTORAS	CABEZA PROVISTA DE UN APARATO RESPIRATORIO	CABEZA PROVISTA DE CASCO	CABEZA PROVISTA DE CASCOS AURICULARES
SEÑAL					
Nº	B-2-6	B-2-7	B-2-8	B-2-9	B-2-10
REFERENCIA	PROTECCION OBLIGATORIA DE LAS MANOS	PROTECCION OBLIGATORIA DE LOS PIES	ELIMINACION OBLIGATORIA DE PUNTAS	USO OBLIGATORIO CINTURON DE SEGURIDAD	USO DE GAFAS O PANTALLAS
CONTENIDO GRÁFICO	GUANTES DE PROTECCION	CALZADO DE SEGURIDAD	TABLON DEL QUE SE EXTRAE UNA PUNTA	CINTURON DE SEGURIDAD	GAFAS Y PANTALLA



PROYECTO EJECUTIVO DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA LABRADOR EN EL T.M. DE NAVALCARNERO (MADRID)

PLANO:

5

Hoja 1 de 1

PLANO DE:

Señales de obligación

ingnova  
PROYECTOS

Imagesol

PROMOTOR:

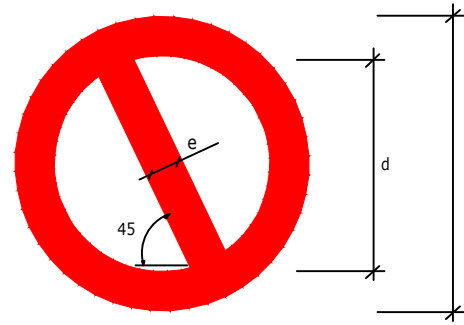
Planta Fotovoltaica Imagesol S.L.

ESCALA:

S/E

Marzo 2024

**FORMA, DIMENSIONES Y COLOR DE SEÑALES DE PROHIBICIÓN.**



DIMENSIONES (mm.)		
D	d	e
594	420	44
420	297	31
297	210	17
210	148	16
148	105	11
105	74	8

COLOR DE FONDO: BLANCO (\*)  
 BORDE Y BANDA TRANSVERSAL: ROJO (\*)  
 SÍMBOLO O TEXTO: NEGRO (\*)

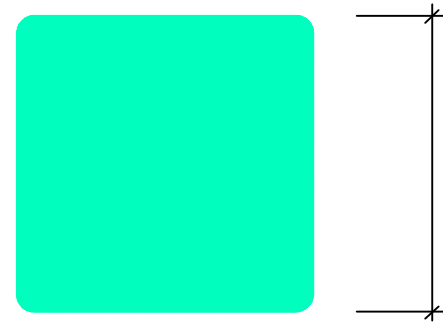
(\*): SEGÚN COORDENADAS CROMÁTICAS EN NORMAS UNE 1-115 Y UNE 48-103

SEÑAL	(1)	(1)	(2)	(1)	(3)	(3)
Nº	B-1-1	B-1-2	B-1-3	B-1-4	B-1-5	B-1-6
REFERENCIA	PROHIBIDO FUMAR	PROHIBIDO HACER FUEGO Y LLAMAS NO PROTEGIDAS; PROHIBIDO FUMAR	PROHIBIDO EL PASO A PEATONES	PROHIBIDO APAGAR FUEGO CON AGUA	PROHIBIDO EL PASO	PROHIBIDO EL PASO A TODA PERSONA AJENA A LA OBRA
CONTENIDO GRAFICO	CIGARRILLO ENCENDIDO	CERILLA ENCENDIDA	PERSONA CAMINANDO	AGUA VERTIDA SOBRE FUEGO	PROHIBIDO EL PASO	PROHIBIDO EL PASO A TODA PERSONA AJENA A LA OBRA

NOTAS:

- (1) SEÑAL RECOGIDA EN LA NORMA UNE 1-115-85 CON EJEMPLO GRÁFICO
- (2) SEÑAL RECOGIDA EN LA NORMA UNE 1-115-85 SIN EJEMPLO GRÁFICO POR NO HABER SIDO AUN ADOPTADA INTERNACIONALMENTE
- (3) SEÑAL NO RECOGIDA EN LA NORMA UNE 1-115-85

**SEÑALES DE INFORMACIÓN RELATIVAS A  
LAS CONDICIONES DE SEGURIDAD.**



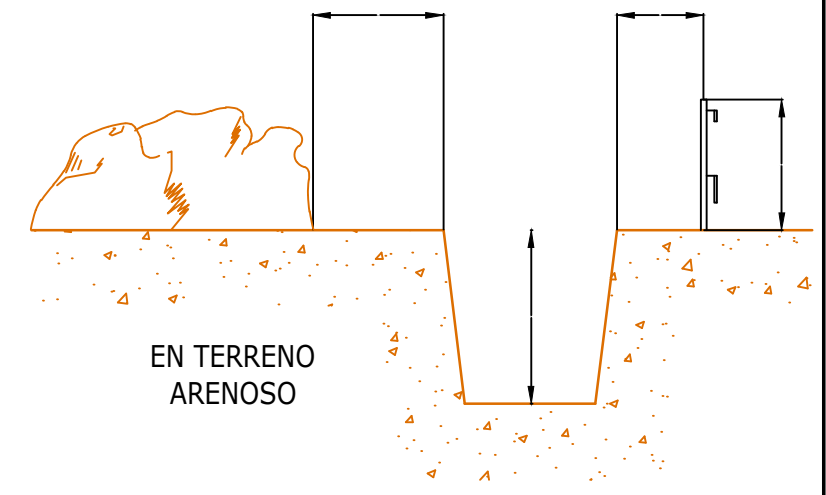
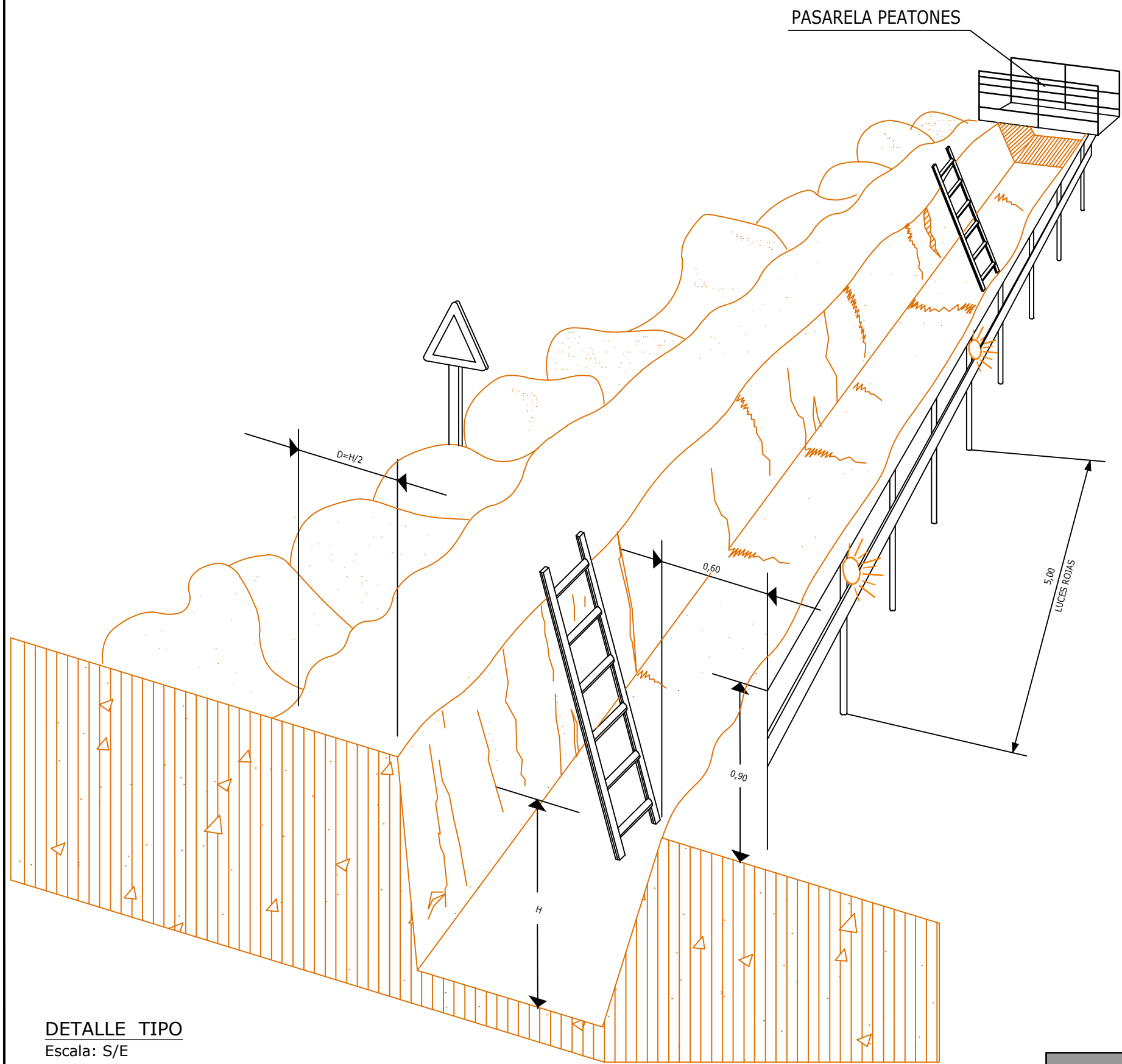
COLOR DE FONDO: VERDE (\*)  
SÍMBOLO O TEXTO: BLANCO (\*)

(\*): SEGÚN COORDENADAS CROMÁTICAS EN NORMAS UNE 1-115  
Y UNE 48-103

SEÑAL	<sup>(1)</sup>	<sup>(1)</sup>	<sup>(3)</sup>	<sup>(3)</sup>
Nº	B-4-1	B-4-2	B-4-3	B-4-4
REFERENCIA	PRIMEROS AUXILIOS	INDICACION GENERAL DE DIRECCION HACIA...	LOCALIZACION DE PRIMEROS AUXILIOS	DIRECCION HACIA PRIMEROS AUXILIOS
CONTENIDO GRAFICO	CRUZ GRIEGA	FLECHA DE DIRECCION	CRUZ GRIEGA Y FLECHA DE LOCALIZACION	CRUZ GRIEGA Y FLECHA DE DIRECCION

NOTAS:

- (1) SEÑAL RECOGIDA EN LA NORMA UNE 1-115-85 CON EJEMPLO GRÁFICO  
 (2) SEÑAL RECOGIDA EN LA NORMA UNE 1-115-85 SIN EJEMPLO GRÁFICO  
 POR NO HABER SIDO AUN ADOPTADA INTERNACIONALMENTE  
 (3) SEÑAL NO RECOGIDA EN LA NORMA UNE 1-115-85



**SECCIÓN TIPO**  
Escala: S/E

**DETALLE TIPO**  
Escala: S/E

PROYECTO EJECUTIVO DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA LABRADOR EN EL T.M. DE NAVALCARNERO (MADRID)			
PLANO:	PLANO DE:	ESCALA:	
1	Protección de zanjas	S/E	
Hoja 1 de 1	ingnova PROYECTOS	Imageso	PROMOTOR: Planta Fotovoltaica Imagesol S.L. Marzo 2024