



---

# PROYECTO ADMINISTRATIVO

## PFV EL BARCIAL 3 MW / 3,6 MWp

### Y SUS INFRAESTRUCTURAS DE EVACUACIÓN

Término Municipal de Zuera (Zaragoza)

---



*En Zaragoza, octubre de 2020*



## ÍNDICE GENERAL

- DOCUMENTO Nº1: MEMORIA
- DOCUMENTO Nº2: ANEJOS
- DOCUMENTO Nº3: PLANOS
- DOCUMENTO Nº4: PRESUPUESTO
- DOCUMENTO Nº5: PLIEGO DE CONDICIONES
- DOCUMENTO Nº6: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD



---

# PROYECTO ADMINISTRATIVO

## PFV EL BARCIAL 3 MW / 3,6 MWp

### Y SUS INFRAESTRUCTURAS DE EVACUACIÓN

DOCUMENTO 1: MEMORIA

Término Municipal Zuera (Zaragoza)

---



*En Zaragoza, octubre de 2020*

## ÍNDICE

TABLA RESUMEN .....	3
1. ANTECEDENTES .....	5
2. OBJETO Y ALCANCE .....	6
3. DATOS DEL PROMOTOR .....	7
4. NORMATIVA DE APLICACIÓN .....	8
4.1. INSTALACIONES ELÉCTRICAS .....	8
4.2. OBRA CIVIL .....	9
4.3. SEGURIDAD Y SALUD .....	10
4.4. NORMAS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE OBLIGADO CUMPLIMIENTO .....	11
4.5. EQUIPOS .....	11
5. UBICACIÓN Y ACCESO .....	13
5.1. UBICACIÓN .....	13
5.2. RUTA DE ACCESO .....	15
6. DESCRIPCIÓN DEL PFV EL BARCIAL .....	18
6.1. DESCRIPCIÓN GENERAL .....	18
6.2. CRITERIOS DE DISEÑO .....	18
6.3. CÁLCULO DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA .....	20
6.4. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS .....	20
6.5. INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA PFV .....	28
6.6. OBRA CIVIL .....	31
6.7. INSTALACIONES AUXILIARES .....	37
7. INFRAESTRUCTURAS DE EVACUACIÓN PFV EL BARCIAL .....	40
7.1. LÍNEA SUBTERRÁNEA PFV EL BARCIAL – CENTRO DE SECCIONAMIENTO LAMT 15 KV BOMBEO-GAS DE SET PUILATOS .....	40
7.2. CENTRO DE SECCIONAMIENTO .....	48
7.3. LÍNEA SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN DESDE EL CENTRO DE SECCIONAMIENTO HASTA EL PUNTO DE CONEXIÓN .....	62

8.	RELACIÓN DE ORGANISMOS AFECTADOS.....	67
9.	FASES DEL PROYECTO .....	68
9.1.	ESTUDIO DEL PROYECTO.....	68
9.2.	CONSTRUCCIÓN .....	68
9.3.	FUNCIONAMIENTO.....	68
9.4.	DESMANTELAMIENTO.....	68
10.	PLANIFICACIÓN.....	70
11.	CONCLUSIÓN .....	71

## TABLA RESUMEN

Tabla 1: Resumen PFV EL BARCIAL

<b>PARQUE FOTOVOLTAICO EL BARCIAL</b>	
<b>Datos generales</b>	
Promotor	FRAJINETES SOLAR SL B-99.542.318
Término municipal del PFV	Zuera (Zaragoza)
Potencia nominal	3 MW
Potencia instalada	3,6 MWp
Superficie de paneles instalada	18.907 m <sup>2</sup>
Superficie vallada del PFV	10,57 ha
Perímetro del vallado del PFV	1,31 km
Ratio ha/MWp	2,94
<b>Radiación</b>	
Índice de radiación MEDIO DIARIO del PFV	4,67 kWh/m <sup>2</sup> /día
Índice de radiación ANUAL de la planta en ( <i>dato medio diario x 365 días</i> )	1.707,8 kWh/m <sup>2</sup>
<b>Producción energía</b>	
Estimación de la energía eléctrica producida anual	6.990 MWh/año
Producción específica	1.939 kWh/kWp/año
Horas solares equivalentes	2.330 kWh/kW/año
Performance ratio	82,91 %
<b>Datos técnicos</b>	
Módulos fotovoltaicos de 370 Wp	9.744
Inversores de 3.000 kW	1
Seguidores solares a 1 eje para 28 módulos	348
Cajas de Seguridad y Protección	15
Centros de transformación de 3 MW	1

Tabla 2. Resumen Centro de Seccionamiento

<b>CENTRO DE SECCIONAMIENTO PFV EL BARCIAL</b>	
<b>Datos generales</b>	
Tensión	15 kV
Tensión asignada	24 kV
Frecuencia	50 Hz
<b>CELDAS</b>	
<b>Instalación privada:</b>	
<ul style="list-style-type: none"><li>- 1 Celda de línea con interruptor-seccionador para llegada de línea de cliente.</li><li>- 1 Celda de medida y cuadro de medida</li><li>- 1 Celda de protección con interruptor automático y protecciones</li><li>- 1 Celda de remonte</li></ul>	
<b>Instalación E-Distribución:</b>	
<ul style="list-style-type: none"><li>- 1 Celda de línea con interruptor-seccionador para frontera con la instalación del cliente (telemandada)</li><li>- 2 Celdas de línea con interruptor-seccionador para entrada y salida de línea (telemandada)</li><li>- 1 Cuadro baja tensión</li><li>- 1 Armario de telemando</li><li>- 1 Armario de telecontrol</li></ul>	

## 1. ANTECEDENTES

La sociedad FRAJINETES SOLAR SL es la promotora del PARQUE FOTOVOLTAICO (PFV) EL BARCIAL de 3 MW / 3,6 MWp en el Término Municipal de Zuera, en la provincia de Zaragoza.

Con fecha 1 de abril de 2019, la sociedad FRAJINETES SOLAR 4 S.L. depositó un aval por un importe de 144.000 € en cumplimiento del artículo 66 bis del RD 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 eléctrica, para la tramitación de las solicitudes de acceso a la Red de Distribución.

Por resolución de 24 de abril de 2019 el Gobierno de Aragón confirmó que la garantía económica cumplía los requisitos establecidos en el artículo 66 bis del Real Decreto 1955/2000 para tramitar la solicitud de acceso a la red de transporte de instalaciones de producción.

La sociedad FRAJINETES SOLAR SL solicitó punto de conexión para el Parque Fotovoltaico EL BARCIAL de 3 MW / 3,6 MWp en la Línea Aérea de Media Tensión Bombeo-Gas a SET PUILATOS 15 kV, obteniendo acceso favorable en dicho punto por parte de E-DISTRIBUCIÓN con fecha 16 de julio de 2019.

Posteriormente E-DISTRIBUCIÓN solicitó a Red Eléctrica de España aceptabilidad, desde la perspectiva de la red de transporte, para el Proyecto de Parque Fotovoltaico EL BARCIAL, recibiendo respuesta favorable a la misma con fecha 7 de octubre de 2019.

## 2. OBJETO Y ALCANCE

El presente proyecto se redacta con objeto de describir la obra civil y las instalaciones eléctricas del Parque Fotovoltaico EL BARCIAL de 3 MW / 3,6 MWp y sus infraestructuras de evacuación, para tramitar todos los permisos y autorizaciones legalmente necesarios para proceder a su construcción, montaje y puesta en servicio de las instalaciones.

Dentro de la parte de obra civil se incluye el acondicionamiento del terreno, el hincado de los seguidores, las zanjas eléctricas de baja y media tensión, las cimentaciones de los centros de transformación, la puesta a tierra, los viales del parque fotovoltaico y las instalaciones auxiliares.

En la parte de infraestructura eléctrica se realizará el cálculo y dimensionado del generador fotovoltaico, así como el cálculo de los conductores de corriente continua que conectan los módulos fotovoltaicos con las cajas de seccionamiento y protección y la conexión de dichas cajas con el inversor central ubicado en el centro de transformación.

Además, también se dimensionará la red subterránea de media tensión que transporta la energía generada desde el Centro de Transformación del PFV hasta el Centro de Seccionamiento.

### 3. DATOS DEL PROMOTOR

- Titular: **FRAJINETES SOLAR SL**
- CIF: B-99.542.318
- Domicilio a efectos de notificaciones: C/ Argualas nº40, 1ª planta, D, CP 50.012  
Zaragoza
- Teléfono: 876 712 891
- Correo electrónico: info@atalaya.eu

## 4. NORMATIVA DE APLICACIÓN

### 4.1. INSTALACIONES ELÉCTRICAS

- Orden TED/749/2020, de 16 de julio, por la que se establecen los requisitos técnicos para la conexión a la red necesarios para la implementación de los códigos de red de conexión.
- Real Decreto 647/2020, de 7 de julio, por el que se regulan aspectos necesarios para la implementación de los códigos de red de conexión de determinadas instalaciones eléctricas.
- 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.
- Orden TEC/1281/2019, de 19 de diciembre, por la que se aprueban las instrucciones técnicas complementarias al Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.
- Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09. (BOE 19.03.08)
- Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico. (BOE 18.09.07)
- 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-BT 01 a 51 (BOE 18.09.02) e ITC-BT 52 (Real Decreto 1053/2014, de 12 de diciembre (BOE 31.12.14))
- 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 (BOE 09.06.14)
- Real Decreto 1066/2001, del 28 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas. (BOE 29.09.01)
- 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 eléctrica. (BOE 27.12.00)

- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico. (BOE 27.12.13)
- Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico. (BOE 28.11.97)
- Normas Técnicas Particulares de la Compañía Eléctrica de la zona.
- Normas UNE y CEI aplicables.
- Recomendaciones UNESA aplicables.
- Prescripciones de seguridad para trabajos y maniobras en Instalaciones Eléctricas, de la Comisión Técnica Permanente de la Asociación de Medicina y Seguridad en el Trabajo de UNESA.
- Instrucciones técnicas de los fabricantes y suministradores de equipos.

#### 4.2. 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.
- Instrucción de hormigón estructural, Real Decreto 1247/2008, de 18 de Julio (EHE-08).
- Real Decreto 314/2006, de 17 de 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 1997 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.

#### 4.3. 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 disposiciones 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 manual 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 Laborables.
- 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 modifican 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 2177/2004, 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.
- 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 de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.

#### 4.4. NORMAS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE OBLIGADO CUMPLIMIENTO

- Serán de obligado cumplimiento las normas y especificaciones técnicas detalladas en la ITC-RAT 02 del 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. (BOE 09.06.14)
- Serán de obligado cumplimiento las normas y especificaciones técnicas detalladas en la ITC-LAT 02 del Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09. (BOE 19.03.08)
- Serán de obligado cumplimiento las normas de referencia detalladas en la ITC-BT 02 del 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-BT 01 a 51 (BOE 18.09.02) e ITC-BT 52 (Real Decreto 1053/2014, de 12 de diciembre (BOE 31.12.14)).

#### 4.5. EQUIPOS

- Todos los equipos que se instalen deberán incorporar marcado CE.
- Los módulos fotovoltaicos incorporarán el marcado CE, según Directiva 2016/95/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de diciembre de 2006, relativa a la

aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre el material eléctrico destinado a utilizarse con determinados límites de tensión.

- Además, deberán cumplir la norma UNE-EN 61730, armonizada para la Directiva 2006/95/CE, sobre cualificación de la seguridad de módulos fotovoltaicos, y la norma UNE-EN 50380, sobre informaciones de las hojas de datos y de las placas de características para los módulos fotovoltaicos. Adicionalmente, deberán satisfacer la norma UNE-EN 61215: Módulos fotovoltaicos (FV) de silicio cristalino para uso terrestre. Cualificación del diseño y homologación.
- Los seguidores solares cumplirán lo previsto en la Directiva 98/37/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de junio de 1998, relativa a la aproximación de legislaciones de los Estados miembros sobre máquinas, y su normativa de desarrollo, así como la Directiva 2006/42/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 17 de mayo de 2006 relativa a las máquinas.
- La caracterización de los inversores deberá hacerse según las normas: UNE-EN 62093: Componentes de acumulación, conversión y gestión de energía de sistemas fotovoltaicos. Cualificación del diseño y ensayos ambientales, UNE-EN 61683: Sistemas fotovoltaicos. Acondicionadores de potencia. Procedimiento para la medida del rendimiento, y según la IEC 62116: *Testing procedure of islanding prevention measures for utility interactive photovoltaic inverters*.

## 5. UBICACIÓN Y ACCESO

### 5.1. UBICACIÓN

El Parque Fotovoltaico EL BARCIAL 3 MW / 3,6 MWp está ubicado a 378 metros sobre el nivel del mar en el término municipal de Zuera, en la provincia de Zaragoza, como se puede observar en la Ilustración 1.

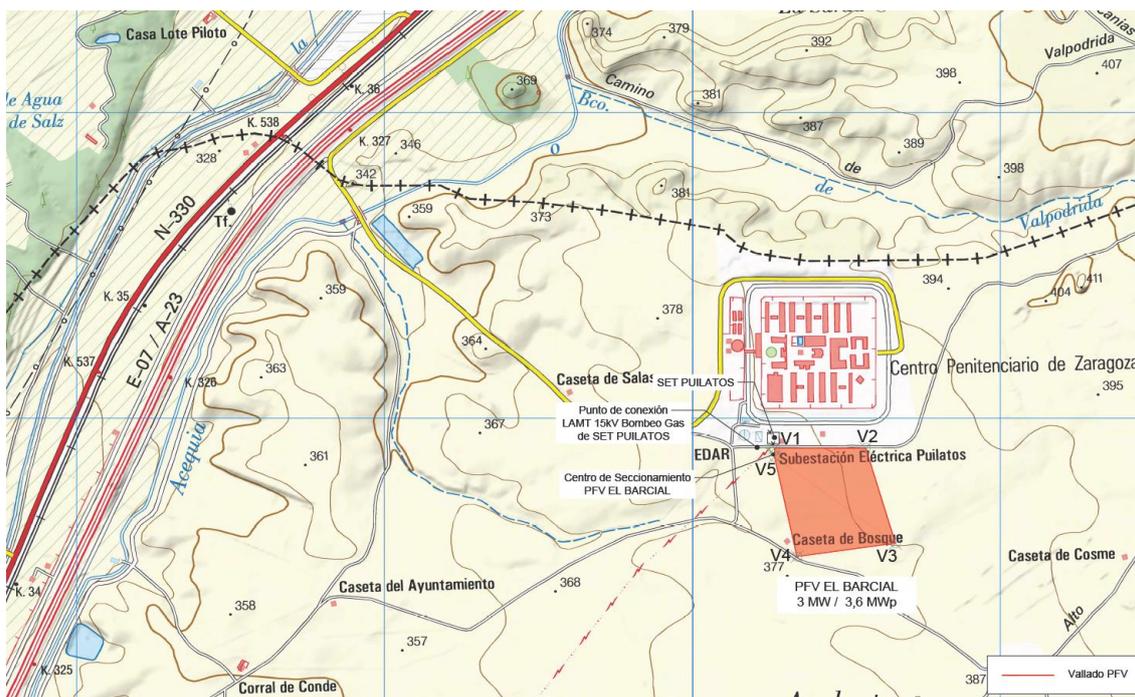


Ilustración 1: Poligonal y vallado del PFV

Las fincas destinadas para la implantación del PFV EL BARCIAL se encuentran detalladas en el Documento Anejos y en el Documento Planos. En la Tabla 3 se recogen las principales dimensiones del parque.

Tabla 3: Dimensiones PFV EL BARCIAL

Dimensiones PFV EL BARCIAL	
Superficie vallada del PFV	10,57 ha
Perímetro del vallado del PFV	1,31 km

Las coordenadas geográficas ETRS89 UTM 30N de lugar se encuentran disponibles en el Documento Anejos.

En cuanto a la ubicación elegida, los siguientes factores determinan la idoneidad del emplazamiento:

- Recurso solar: la provincia de Zaragoza presenta unas condiciones de irradiación solar muy favorables, presentándose valores de radiación relativamente altos, esto puede verse en la Ilustración 2 donde se muestra la radiación global media para la región peninsular de España.

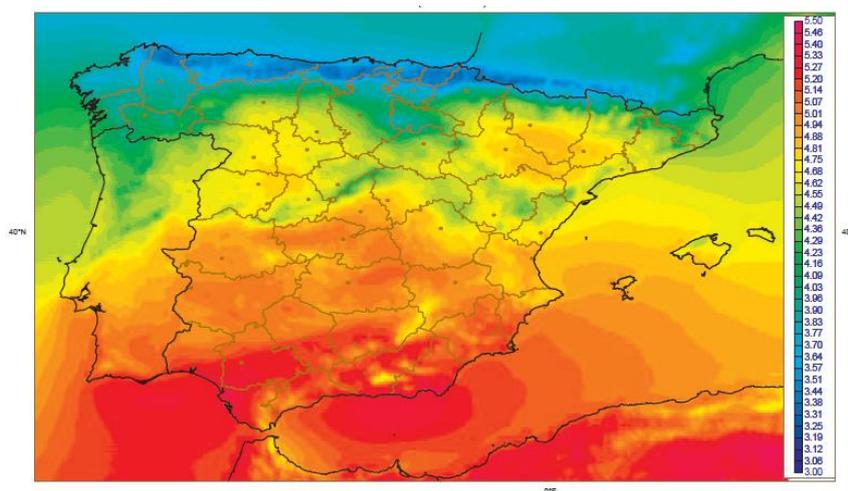


Ilustración 2: Radiación Global media [1983-2005] (kWh/m<sup>2</sup>-día) SIS (CM-SAF). Fuente: Atlas de Radiación Solar en España utilizando datos del SAF de Clima de EUMETSAT, "Minist. Agric. ...", p. 162, 2012.

- Emplazamiento en Suelo Rústico: las instalaciones fotovoltaicas exigen una ocupación de terreno relativamente extensiva por unidad de potencia eléctrica instalada, por lo que es económicamente inviable su instalación en suelo industrial, su único emplazamiento posible es en suelo rústico de bajo valor económico.
- Idoneidad del terreno escogido:
  - El terreno escogido es tierra de labor o labradío seco, improductivo o pasto. No existe ningún tipo de protección sobre el mismo ni presenta valores medioambientales de interés.
  - Para la evacuación de la energía generada, se realizará una conexión con la Subestación PUILATOS situada en las proximidades de la parcela donde se realizará la instalación.

## 5.2. RUTA DE ACCESO

Los caminos para acceder al emplazamiento donde se va a construir el parque deberán ser adecuados para el transporte de toda la maquinaria, así como de todos los materiales e infraestructuras, garantizando la seguridad e integridad de personas e infraestructuras. En los casos necesarios, a lo largo del trazado se realizarán las modificaciones que sean necesarias.

A continuación, se resume la información del trazado para el transporte de la maquinaria y el transporte del material necesario para la construcción del parque.

El PFV está situado en el término municipal de Zuera, en la provincia de Zaragoza.

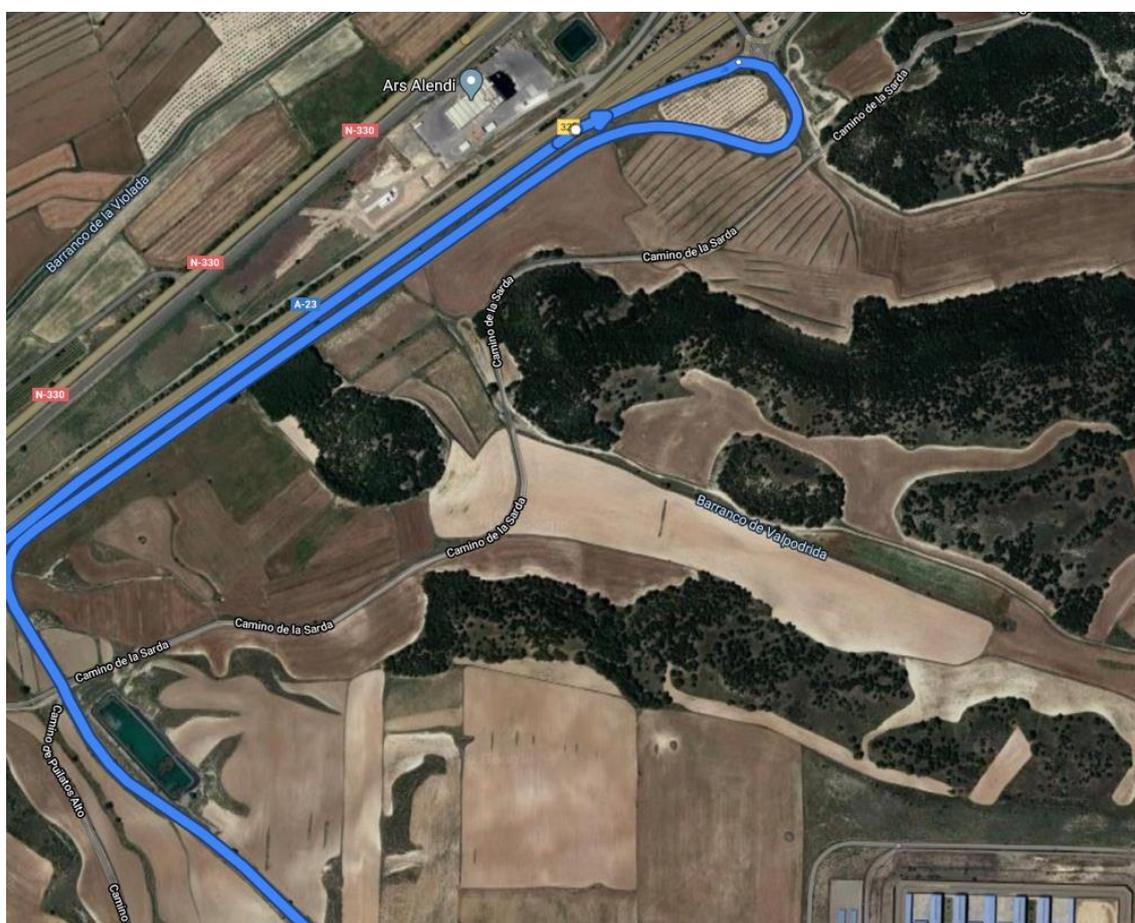


Ilustración 3. Ruta de acceso al PFV EL BARCIAL



*Ilustración 4. Ruta de acceso al PFV EL BARCIAL*

Desde la A-23 toma la salida 328 hacia El Temple, como se muestra en la Ilustración 3 e Ilustración 4. A aproximadamente 280 metros mantente a la derecha en la bifurcación y sigue las señales de Centro Penitenciario, como se muestra en la Ilustración 5.



*Ilustración 5. Ruta de acceso al PFV EL BARCIAL*

Se continúa unos 3,2 kilómetros hasta la bifurcación, desde donde se gira a la derecha y se continúa por el camino existente, como se muestra en la Ilustración 6.



Ilustración 6. Ruta de acceso al PFV EL BARCIAL

Continuando por el camino existente, la puerta de acceso al PFV EL BARCIAL se encuentra a unos 350 metros, como se muestra en la Ilustración 7.

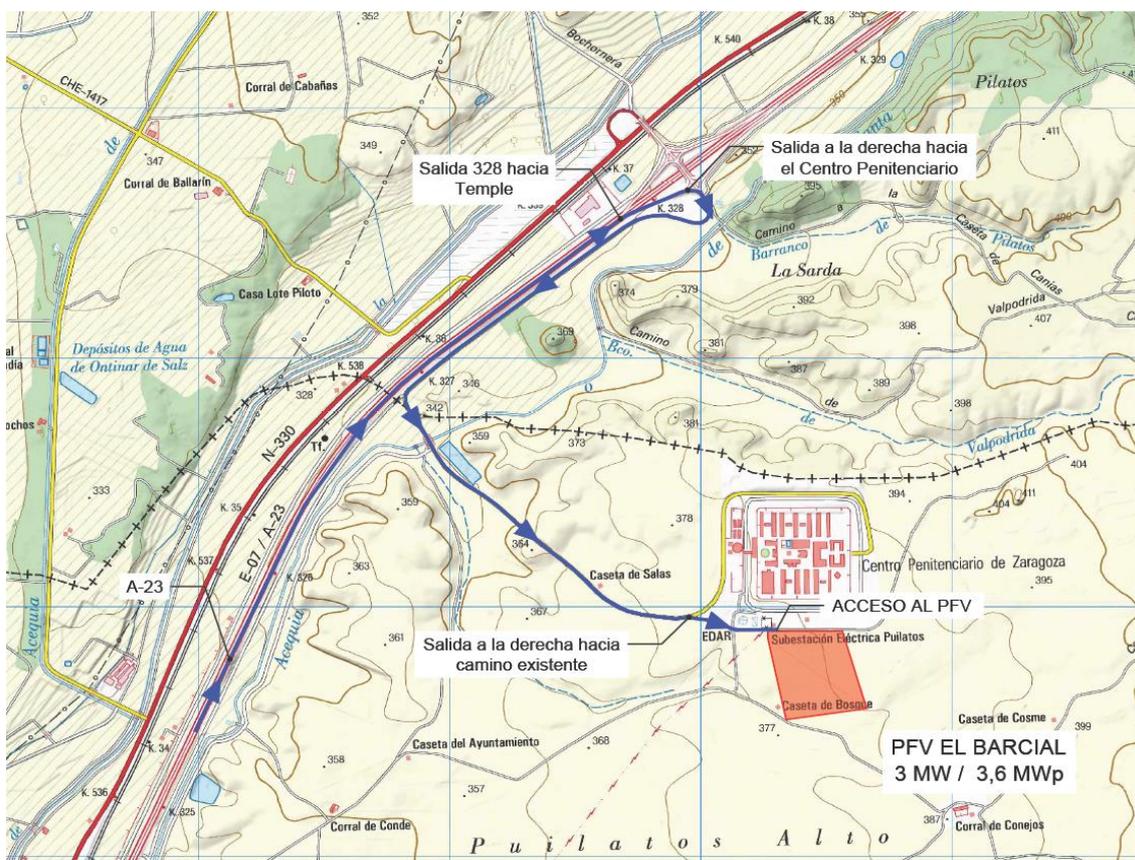


Ilustración 7. Ruta de acceso al PFV EL BARCIAL

## 6. DESCRIPCIÓN DEL PFV EL BARCIAL

### 6.1. DESCRIPCIÓN GENERAL

Las infraestructuras del sistema fotovoltaico de conexión a red eléctrica se componen de dos partes fundamentales: un generador fotovoltaico donde se recoge y se transforma la energía de la radiación solar en electricidad, mediante módulos fotovoltaicos, y una parte de transformación de esta energía eléctrica de corriente continua a corriente alterna que se realiza en el inversor y en los transformadores, para su inyección a la red.

El PFV está formado por un bloque de potencia – centro de transformación - individual de 3 MW de potencia nominal.

El bloque de 3 MW tendrá la siguiente configuración:

- 9.744 módulos de 370 Wp
- 348 seguidores
- 15 cajas de seccionamiento y protección (CSP)
- 1 inversor de 3.000 kW
- 1 transformador de 3.000 kW

La configuración del inversor es de 28 módulos en serie por cadena y 348 cadenas en paralelo. Este cableado que llega al inversor viene agrupado por 15 CSP, cada una de ellas agrupará 24 cadenas en paralelo, salvo una CSP. La CSP número 15 contará únicamente con 12 ramas en paralelo, en lugar de 24 ramas como en el resto de CSP que componen el parque fotovoltaico.

### 6.2. CRITERIOS DE DISEÑO

Para el desarrollo del proyecto eléctrico del parque fotovoltaico se han tenido en cuenta las siguientes consideraciones.

1. La distancia entre módulos (pitch).

Se ha optimizado en función de:

- Maximizar la producción de energía.
- Minimizar las pérdidas por sombras entre los seguidores.
- Superficie de terreno disponible.

En este caso, se ha seleccionado un pitch de 6 metros.

## 2. El número de módulos en serie de las ramas

Este número está limitado por los siguientes valores:

- Voc: La tensión de circuito abierto a la temperatura máxima de la celda debe de estar por debajo de la máxima tensión admisible del inversor

$$V_{oc}(T_c^{max}) < V_{dc\_INV}^{max}$$

- Vmpp:

- o La tensión a la máxima potencia a la temperatura mínima de la celda debe de estar por debajo del límite superior de tensión a máxima potencia del inversor

$$V_{mpp}(T_c^{min}) < V_{dc\_INV, Pmax}^{max}$$

- o La tensión para la máxima potencia a la temperatura máxima de la celda debe ser mayor que la tensión mínima para la potencia nominal del inversor

$$V_{mpp}(T_c^{max}) > V_{dc\_INV, Pnom}^{min}$$

En este caso, se ha seleccionado 28 módulos en series por rama.

## 3. El número de CSP que entran al inversor será menor que el número máximo de entradas que éste permite

En este caso, el número de CSP que entran al inversor es de 15.

## 4. La óptima ubicación de los Centros de Transformación

Se han tenido en cuenta los criterios de:

- Sombras: Para evitar provocar sombras sobre los módulos, los CT se intentan ubicar al norte de los mismos. En caso de ubicarse al sur, se mantiene la separación del camino para evitar la sombra.
- Pérdidas eléctricas: Con objeto de reducir las pérdidas en BT, se busca la mínima distancia posible de cable entre los inversores y los módulos. Así, los inversores están colocados aproximadamente en el centro de los bloques
- Zanjas y cableado: A fin de evitar costes elevados y labor de construcción, se busca la minimización de las longitudes de zanja y cableado eléctrico

## 5. Pérdidas eléctricas:

- En baja tensión continua entre las ramas y los inversores:
  - o Caída tensión < 1,5 %

- En media tensión alterna entre los inversores y la subestación de entrega:
  - o Caída tensión < 0,5 %
  - o Pérdidas < 0,5 % de la potencia total instalada.

### 6.3. CÁLCULO DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA

La energía total producida en el parque fotovoltaico es de 6.990 MWh/año, con un Performance Ratio (P.R.) del 82,91%. La metodología y los resultados completos del estudio de producción de energía se muestran en el Documento Anejos.

### 6.4. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS

En este apartado se describen en detalle los equipos que conforman la instalación solar fotovoltaica de generación: los módulos fotovoltaicos, los seguidores de un eje, las cajas de seccionamiento y protección, el inversor y el transformador y el resto de infraestructura necesaria.

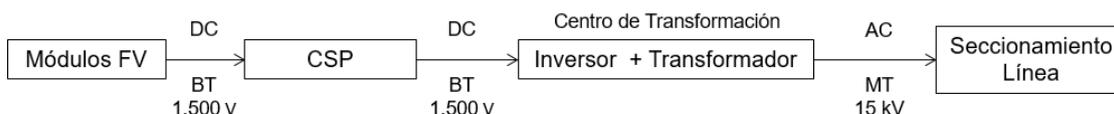


Ilustración 8: Esquema general de conexión del PFV

#### 6.4.1. Módulos fotovoltaicos

Para el presente estudio se consideran módulos fotovoltaicos de silicio monocristalino de la marca JINKO SOLAR modelo Eagle PERC 72M-V 360-380 Watt cuyas características técnicas se muestran en la Tabla 4 y en el Documento Anejos. Datos proporcionados para condiciones estándar (STC): 1000W/m<sup>2</sup>, 25°C, AM1,5.

Tabla 4: Características del módulo fotovoltaico. Fuente: JinkoSolar

JINKO SOLAR modelo Eagle PERC JKM370M-72-V				
$P_{max}$	370	W	$V_{mp} (-10^{\circ}C)$	43,95 V
$V_{mp}$	39,9	V	$V_{mp} (70^{\circ}C)$	34,69 V
$I_{mp}$	9,28	A	$V_{oc} (-10^{\circ}C)$	53,42 V
$V_{oc}$	48,5	V	$V_{oc} (70^{\circ}C)$	42,17 V
$I_{sc}$	9,61	A	$I_{sc} (70^{\circ}C)$	9,818 A
Eficiencia	19,07	%		
$V_{max}$ sistema	1.500	V		
Coeficiente de T para $P_{mp}$	-0,37	%/°C		
Coeficiente de T para $V_{oc}$	-0,28	%/°C		
Coeficiente de T para $I_{sc}$	0,048	%/°C		
Largo	1.956	mm		
Ancho	992	mm		
Alto	40	mm		
Área	1,940	m <sup>2</sup>		
Tamaño de conductor	12 / 4	AWG /mm <sup>2</sup>		
Peso del módulo	22,5	kg		

El módulo cuenta con diodos by-pass para evitar problemas por sombreado parcial. Se colocan paralelo con las células fotovoltaicas para forzar a la corriente a circular por el diodo en caso de célula sombreada, por lo que se minimiza el recalentamiento del módulo y la pérdida de corriente de la matriz.

Como se muestra en la Ilustración 9, el fabricante de módulos fotovoltaicos asegura una vida útil de 25 años con una eficiencia de al menos el 80,2 % de su potencia nominal, y una dependencia lineal de la eficiencia con el tiempo.

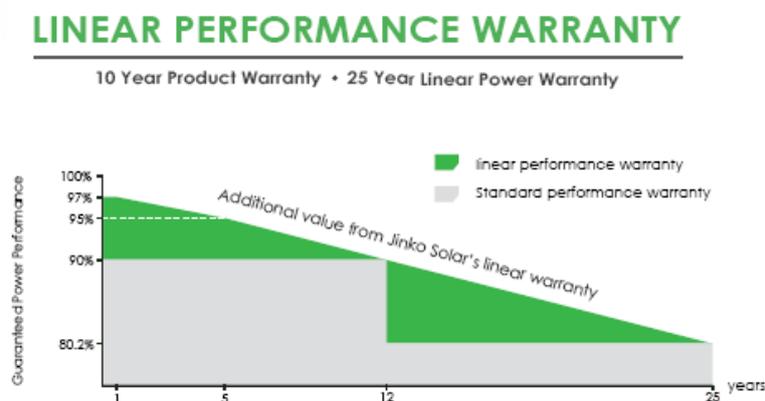


Ilustración 9. Vida útil módulo fotovoltaico. Fuente: Jinko Solar

#### 6.4.2. Seguidores solares a un eje

Para el máximo aprovechamiento de la radiación solar, y por tanto para la obtención del mayor rendimiento posible de la instalación, los módulos fotovoltaicos se montarán en estructuras mecánicas de acero que contarán con un sistema de seguimiento solar Este-Oeste mediante un eje Norte-Sur horizontal para seguir el movimiento diario del sol.

La distribución de los seguidores se diseña de forma que el pitch (la distancia entre los ejes de dos filas paralelas de seguidores fotovoltaicos) permita maximizar la radiación solar, evitando sombras y permitiendo la construcción de viales de paso.

Para el presente proyecto se propone utilizar el modelo de seguidor solar a un eje STI-H250 de STI Norland o similar, con una configuración de 28 (1V x 28) módulos por seguidor, con un pitch de 6 metros.

En las zonas en que se supere la pendiente máxima aceptada por el seguidor, se podrá realizar movimiento de tierras para adecuar el terreno a la pendiente permitida.

El control de la orientación de los módulos (rango +/- 60°) se realiza mediante una tarjeta electrónica con microprocesador y algoritmo con cálculos astronómicos con backtracking. Este control permite modificar la orientación de los módulos en caso de viento excesivo u horas de baja iluminación. El sistema de control de los seguidores es a través de Ethernet con transmisión inalámbrica Zigbee.

El seguidor cuenta con un sistema de almacenamiento de energía para el funcionamiento durante horas de baja producción fotovoltaica. La alimentación del sistema motriz se realizará por medio de placa fotovoltaica dedicada instalada en el mismo seguidor.

El seguidor permite cimentaciones de varios tipos como por hincado directo, pre-drilling + hincado, micropilote, pre-drilling + compactado + hincado que lo hacen apto para gran tipo de terrenos. El equipo contará con sensor de inclinación.

#### 6.4.3. Cajas de Seccionamiento y Protección

Para agrupar todos los circuitos de las ramas se han instalado adosadas a la estructura del seguidor las Cajas de Seccionamiento y Protección (CSP). Su función es adecuar el

número de salidas de las ramas al número de entradas de los inversores y optimizar las secciones del cableado en la parte de corriente continua.

El número de CSP conectadas al inversor utilizado dependerá del máximo voltaje e intensidad de entrada admisibles por el mismo. El número máximo de ramas conectadas a cada CSP viene dado por el número de entradas del modelo utilizado, que en este caso se ha escogido de 24, pudiéndose conectar menos ramas en algunas CSP en caso de que fuese necesario para poder adaptar la potencia requerida por el PFV. En el caso de este proyecto son 15 CSP las que se conectan al inversor.

Para la protección de cada una de las ramas de módulos fotovoltaicos se instalan fusibles de tipo gPV de 16 A / 1500V.

Las cajas deben ser de tipo IP 65, para asegurar el aislamiento frente a la humedad, al agua y al polvo que producen una progresiva degradación en los circuitos.

Para el parque proyectado se propone el modelo STRING-COMBINER de la marca SMA (ver

Tabla 5). Toda la información se encuentra disponible en el Documento Anejos.

Tabla 5: Especificaciones técnicas de la caja de seccionamiento y protección

Modelo : String combiner SMA		
Entrada	Voltaje de entrada nominal	< 1.500 V <sub>DC</sub>
	Corriente de entrada nominal por entrada	13,75 A
	Número de entradas	24
Salida	Voltaje de salida nominal	<1.500 V <sub>DC</sub>
	Máxima corriente de salida	330 A
	Número de salidas	1/2
	Diámetro de cable de salida	De 70 a 400 mm <sup>2</sup>

#### 6.4.4. Centros de transformación

Se propone utilizar una solución integrada que incluye el inversor y el transformador: MEDIUM VOLTAGE SKID, de la marca POWER ELECTRONICS (ver Ilustración 10).



Ilustración 10: Solución integrada inversor y transformador. Fuente: Power Electronics

Es una solución que funciona con voltajes de hasta 1.500 V DC y contiene todo el equipamiento necesario para la transformación de la energía generada. Este contenedor está compuesto por tres zonas diferenciadas: inversor, transformador y apartamiento eléctrica. En la Tabla 6 se muestra la descripción de los componentes principales de la Power Station.

Tabla 6: Descripción general de componentes de la Power Station

Designación	Descripción
<b>Inversor FS3001CH15</b>	Inversor fotovoltaico que convierte la corriente directa generada en el campo de módulos FV a CA compatible con la red.
<b>Transformador de MT</b>	Convierte el voltaje de salida del inversor al nivel de voltaje de la red de MT.
<b>Compartimiento de MT</b>	Apartamiento de MT: Conecta y desconecta el transformador de MT a la red de MT.
	Transformador de BT: El transformador de BT provee el voltaje para los equipos auxiliares del CT.
	Estación sub-distribuidora: Contiene los fusibles e interruptores para el suministro de voltaje.
<b>Plataforma de Servicio</b>	Plataforma elevada que facilita la operación de los dispositivos.

#### 6.4.4.1. Inversor

Los inversores se encargan de transformar la tensión de corriente continua de los paneles fotovoltaicos en tensión de corriente alterna apta para la conexión a la red eléctrica.

Para el parque proyectado se utilizará el inversor trifásico modelo FS3001CH15 de la marca POWER ELECTRONICS, cuyas características técnicas se resumen en la

Tabla 7 y Tabla 8. El inversor se limitará electrónicamente a 3.000 kW para no sobrepasar la potencia concedida.

En la Ilustración 11 se muestra la vista general del inversor.



Ilustración 11: Vista General del Inversor. Fuente: Power Electronics

Tabla 7: Especificaciones técnicas del inversor

#### TECHNICAL INFORMATION

Voltage rating	1500 Vdc
Maximum number of inputs	Frame 1: 16 inputs Frame 2: 32 inputs
Maximum DC continuous current	3745 A
Maximum DC short circuit current	5450 A
Maximum fuse size per input	400 A
Max. positive and negative input wire size	2 x 750 kcmil - 380 mm <sup>2</sup> (Check Installation Manual for further information)
Terminals	2 holes - 1.75" hole spacing
String configuration	Floating array / Positive or negative pole grounded
Floating array protection	Insulation monitoring device
Grounded array protection	GFDI / GFDI + Insulation monitoring device (NEC 2014) optional
Operating temperature	-35°C to 60°C
Zone monitoring	Optional (Voltage and current monitoring)
DC disconnect	400 A DC contactor
Input disable capability	2 push buttons in Frame 1 4 push buttons in Frame 2 Other configurations optional
Fuse mounting	Up to 32 x Busbar bolted
Cooling	Forced air cooling, temperature controlled
Heating	Heating resistor
Type	IEC / UL

Tabla 8: Especificaciones técnicas del FS3001CH15

**TECHNICAL CHARACTERISTICS** **HEC V1500 - 630V**

	FRAME 1	FRAME 2	FRAME 3	FRAME 4	FRAME 5
<b>NUMBER OF MODULES</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
<b>REFERENCE</b>	<b>FS1270CH15</b>	<b>FS1695CH15</b>	<b>FS2120CH15</b>	<b>FS2540CH15</b>	<b>FS3001CH15</b>
<b>OUTPUT</b>					
AC Output Power (kVA/kW) @50°C <sup>PI</sup>	1190	1570	1965	2360	2750
AC Output Power (kVA/kW) @40°C <sup>PI</sup>	1270	1695	2120	2540	3000
AC Output Power (kVA/kW) @25°C <sup>PI</sup>	1400	1870	2340	2800	3275
Max. AC Output Current (A) @50°C	1090	1440	1800	2160	2520
Max. AC Output Current (A) @40°C	1165	1550	1940	2330	2715
Max. AC Output Current (A) @25°C	1285	1710	2140	2570	3000
Operating Grid Voltage (VAC)	630V ±10%				
Operating Grid Frequency (Hz)	50Hz/60Hz				
Current Harmonic Distortion (THDi)	< 3% per IEEE519				
Power Factor (cosine phi) <sup>PI</sup>	0.0 leading ... 0.0 lagging / Reactive Power injection at night				
Power Curtailment	0...100% / 0.1% Steps				
<b>INPUT</b>					
MPPt @full power (VDC)	@50°C 891V-1310V / @40°C 891V-1285V / @25°C 891V-1250V				
Maximum DC voltage	1500V				
Max. DC continuous current (A)	1600	2140	2675	3210	3745
Max. DC short circuit current (A)	2320	3100	3880	4650	5450
<b>EFFICIENCY &amp; AUXILIARY SUPPLY</b>					
Efficiency (Max) (η) Preliminary	98.6%				
Euroeta (η) Preliminary	98.6%				
Max. Standby Consumption (Prnight)	< approx. 50W/per module				
Control Power Supply	400V / 230VAC-6kVA power supply available for external equipment (optional)				
<b>CABINET</b>					
Dimensions (WxDxD) (mm)	3038x945x2198	3751x945x2198	4464x945x2198	5177x945x2198	5890x945x2198
Weight (kg)	2635	3290	3945	4600	5255
Air Flow	Bottom intake. Exhaust top rear vent.				
Type of ventilation	Forced air cooling				
<b>ENVIRONMENT</b>					
Degree of protection	IP54				
Permissible Ambient Temperature	-35°C <sup>PI</sup> to +60°C / Power derating >40°C				
Relative Humidity	0% to 100% non condensing				
Max. Altitude (above sea level)	2000m / >2000m power derating (Max. 4000m)				
Noise level <sup>PI</sup>	< 79 dBA				
<b>CONTROL INTERFACE</b>					
Interface	Graphic Display (inside cabinet) / Optional Freesun App				
Communication protocol	Modbus TCP				
Power Plant Controller	Optional				
Keyed ON/OFF switch	Standard				
Digital I/O	User configurable				
Analog I/O	User configurable				
<b>PROTECTIONS</b>					
Ground Fault Protection	Floating PV array: Isolation Monitoring per MPP Grounded PV Array: GFDI protection Optional PV Array transfer kit: GFDI and Isolation monitoring device				
Humidity control	Active Heating				
General AC Protection & Disconn.	Circuit Breaker				
General DC Protection & Disconn.	External Disconnecting Unit Cabinet				
Module AC Protection & Disconn.	AC contactor & fuses				
Module DC Protection	DC fuses				
Overvoltage Protection	AC and DC protection (type 2)				
<b>CERTIFICATIONS</b>					
Safety	IEC62109-1, IEC62109-2				

#### 6.4.4.2. Transformador

La salida de tensión del inversor (645 V) se eleva en el transformador hasta la tensión de la subestación de evacuación de energía.

El transformador es de aceite con conexión Dy11 con bajos requisitos de mantenimiento y está optimizado para el mejor funcionamiento durante toda la vida útil de la planta.

#### 6.4.4.3. Aparamenta

La aparamenta de media tensión incluye todo lo necesario para la conexión segura y automática a la red (interruptor, fusible, relés, protecciones, celdas...). Prácticamente no requiere de mantenimiento y permite una configuración versátil. Las celdas son de SF<sub>6</sub> aisladas herméticamente.

#### 6.4.5. Controlador de la planta fotovoltaica

El controlador de planta fotovoltaica, PPC (de las siglas en inglés Power Plant Controller) permite:

- Gestionar la energía activa y reactiva para emparejar generación y consumo
- Regular el factor de potencia en el punto de acoplamiento común.
- Regular el voltaje en el punto de acoplamiento común.
- Inyección de corriente reactiva durante caídas de voltaje o inmediatamente después de éstos.
- Inyectar / absorber energía reactiva por la noche
- Controlar la potencia activa, regulación de frecuencia, control en rampa...
- Controlar ocasionalmente equipos adicionales como bancos de condensadores, bobinas o baterías.



Ilustración 12: Power Plant Controller. Fuente: Power Electronics

#### 6.4.6. Protecciones y cableado

Las instalaciones fotovoltaicas deberán cumplir en todo momento el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, RD 842/2002 de 2 de agosto, este RD tiene por objeto establecer las condiciones técnicas y las garantías que deben reunir las instalaciones eléctricas de B.T., con la finalidad de:

- Preservar la seguridad de las personas y los bienes.
- Asegurar el normal funcionamiento de dichas instalaciones y prevenir las perturbaciones en otras instalaciones y servicios.
- Contribuir a la fiabilidad técnica y a la eficiencia económica de las instalaciones.

## 6.5. INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA PFV

### 6.5.1. Configuración parque fotovoltaico

Los 3 MW del PFV EL BARCIAL están conectados en un único circuito eléctrico con la Línea Aérea de Media Tensión Bombeo Gas a SET PUILATOS 15 kV en el seccionamiento de línea, según se puede observar en la Ilustración 13 y en el Documento Planos.

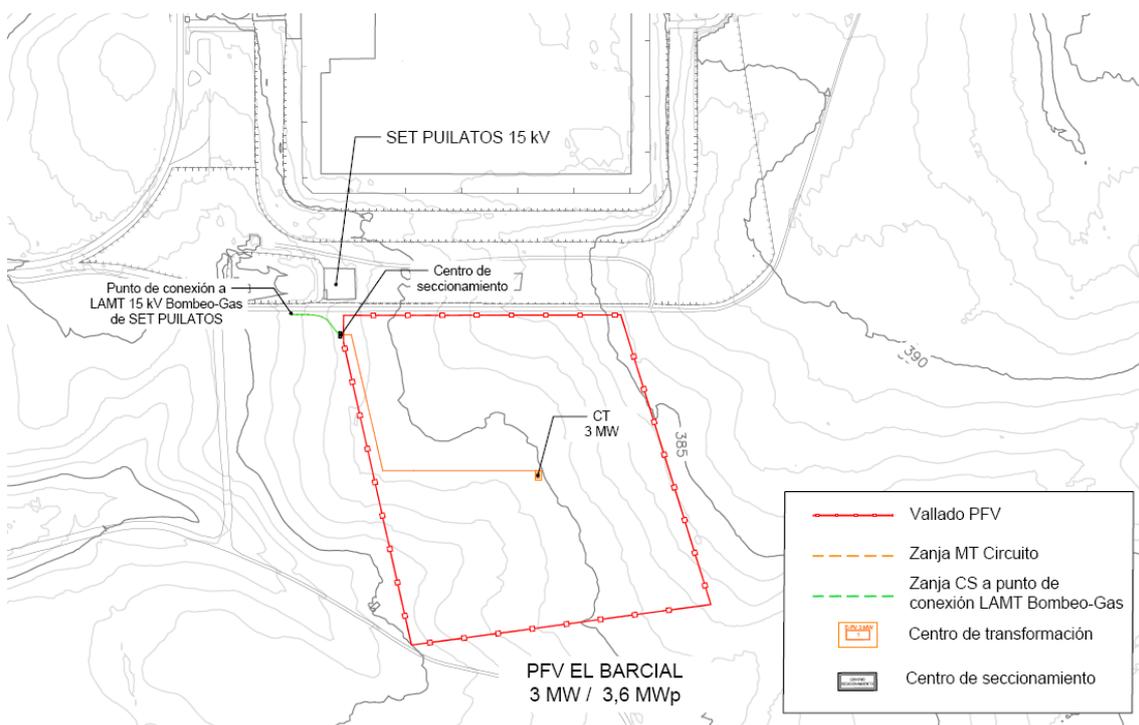


Ilustración 13: Circuitos y líneas subterráneas de M.T del PFV EL BARCIAL

Los componentes básicos para el parque fotovoltaico se muestran en la Tabla 9.

Tabla 9: Componentes básicos para el PFV EL BARCIAL 3 MW / 3,6 MWp

Descripción	Cantidad
Módulos fotovoltaicos 370 Wp	9.744
Seguidor solar 1 eje para 28 módulos (1Vx28)	348
Cajas de seccionamiento y protección	15
Inversor 3.000 kW	1
Centros de transformación 3 MW	1

## 6.5.2. Circuitos eléctricos

### 6.5.2.1. Conductores de Baja Tensión

Los circuitos de energía eléctrica en BT corresponden a los circuitos de corriente continua (CC) desde las ramas de módulos fotovoltaicos hasta las CSP y a los circuitos de corriente continua desde las CSP hasta los inversores.

Los cables de las ramas serán de tipo solar e irán instalados bajo los seguidores fotovoltaicos hasta uno de los extremos donde bajarán a tierra e irán enterrados bajo tubo hasta las CSP. Serán necesarios para evacuar la energía generada cables de cobre (Cu) 2 x 1 x 6 mm<sup>2</sup> de sección tipo ZZ-F/H1Z2Z2-K. Estos cables serán – según IEC 60228 - de cobre electrolítico estañado clase 5, finamente trenzado, con aislamiento de polietileno reticulado (XLPE) HEPR 120°C y cubierta exterior de elastómero termoestable libre de halógenos. El aislamiento y la cubierta están sólidamente unidos (aislamiento de dos capas). La tensión nominal del cable en CC es de 1,5 kV, siendo la máxima tensión de servicio admisible de 1,8 kV.

Los cables de BT para la conexión entre las CSP y el inversor central serán de aluminio (Al) de 2 x 2 x 240 mm<sup>2</sup> de sección tipo XZ1. Según UNE-EN 60228, serán cables rígidos de clase 2, con aislamiento XLPE tipo DIX3 y cubierta tipo cubierta exterior de poliolefina termoplástica libre de halógenos. El nivel de aislamiento del cable será de 0,6/1 kV e irá directamente enterrado en zanja excepto en los cruces donde irá entubado.

La elección de estos conductores queda justificada en el Anejo de Cálculos Eléctricos.

### 6.5.2.2. Conductores de media tensión

La energía generada en el parque fotovoltaico se evacúa desde su CT al punto de conexión con la LAMT 15 kV Bombeo Gas de SET Puilatós que lleva al seccionamiento de línea.

El conductor de este circuito subterráneo será de Al (3 x 1 x 150 mm<sup>2</sup>) de tipo RH5Z1 12/20 kV, con aislamiento XLPE y cubierta de policloruro de vinilo.

La longitud aproximada de la línea desde el Centro de Transformación del PFV al punto de conexión en la LAMT 15 kV Bombeo Gas de SET Puilatós es de 370 m.

### 6.5.3. Sistema de puesta a tierra

La puesta a tierra consiste en una unión metálica directa entre los elementos eléctricos que componen el parque fotovoltaico y electrodos enterrados en el suelo con objeto de garantizar la seguridad de personas y equipos en caso de faltas o descargas a tierra.

La red de tierras se realizará siguiendo un esquema TT. De esta forma, se conectarán todas las masas del parque entre sí y por otro lado se realizará un mallazo de tierra independiente para cada transformador de servicios auxiliares de los inversores.

Todo el sistema estará interconectado en paralelo, y unirá también mediante un latiguillo de tierras toda la estructura metálica de la planta.

Alrededor de los centros de transformación e inversión se instalará un mallazo de tierra al cual se conectará todas las puestas a tierra previstas de los equipos, de forma que se forme un anillo entre los centros de transformación e inversión y el centro de control del parque. Este anillo será interconectado con la red de tierras de la planta.

Además de este mallazo, se realizará otro mallazo independiente cercano a cada inversor para conectar el neutro de los transformadores de servicios auxiliares de los inversores.

La instalación de puesta a tierra estará constituida por una red de tierra mallada, reforzada por electrodos de puesta a tierra (en caso de ser necesario) para asegurar un valor de resistencia de puesta a tierra acorde a las indicaciones de los estándares de aplicación. A la malla se conectarán alternativamente las armaduras metálicas de pilares de hormigón, así como las estructuras metálicas.

Las características principales de los componentes de la red de tierras serán:

- Cable de cobre desnudo:
  - Alrededor de la Power Station y centro de entrega.....50 mm<sup>2</sup>
  - Resto de zonas .....35 mm<sup>2</sup>
- Picas de acero recubierto de cobre de 2 m de longitud y 14 mm<sup>2</sup> de diámetro:
  - En cada CSP
  - En las esquinas del mallazo de la Power Station
  - A lo largo del vallado perimetral, ubicadas en los puntos donde se hallan los báculos del sistema CCTV
  - En las esquinas del mallazo de cada transformador de servicios auxiliares

Los conductores de tierra se tenderán en la misma zanja que los circuitos de fuerza del parque directamente enterrados, y grapados a los postes de los seguidores hasta su canalización por zanja.

## 6.6. OBRA CIVIL

La instalación del parque fotovoltaico requiere una serie de actuaciones sobre el terreno para poder implantar todas las instalaciones necesarias para la construcción del parque fotovoltaico. Estas actuaciones comienzan con el desbroce y limpieza del terreno, y el movimiento de tierras necesario incluyendo accesos y viales interiores, así como las zanjas para el tendido de los diferentes circuitos de baja y media tensión.

Además, se realizarán todas las catas del terreno necesarias para efectuar todos los trabajos objeto del presente documento.

### 6.6.1. Desbroce, limpieza del terreno y gestión de la tierra vegetal

El terreno donde se ubica el PFV está formado por tierra labrada sin vegetación. Por lo tanto, el desbroce se considerará casi nulo.

El desbroce y limpieza del terreno de la zona afectada se realizará mediante medios mecánicos. Comprenderá los trabajos necesarios para la retirada de maleza, broza, maderas caídas, escombros, basuras o cualquier otro material existente en la zona proyectada.

En el trazado de caminos y zanjas, se retirará la capa de tierra vegetal hasta una profundidad no inferior a 30 cm.

La tierra vegetal no se llevará a vertedero. En el caso de la zanja, se acopiará en un cordón lateral de no más de 1 metro de altura junto a la excavación de la misma para su posterior extendido sobre ella, minimizando así el posible impacto visual que se podría generar. En el caso de caminos, se acopiará la tierra vegetal retirada para su posterior extendido en parcelas adyacentes.

### 6.6.2. Movimiento de tierras

Dadas las características de la orografía del terreno, solo va a ser necesario realizar movimientos de tierra en algunas zonas de la explanada dónde se ubican los seguidores con el objeto de adecuar el terreno a la pendiente asumible por los mismos.

Otros movimientos de tierra a realizar en la construcción del parque son los asociados a la formación de la explanada donde se ubica el centro de transformación, al trazado

de los caminos interiores y de acceso al parque, así como a la ejecución de las zanjas para el alojamiento de los cables de baja y media tensión.

El trazado en planta y alzado de los caminos se ha ajustado a la orografía del terreno con el fin de minimizar el movimiento de tierras y siempre atendiendo al criterio de menor afección al medio.

Para poder calcular el volumen de las tierras se ha descargado del Centro Nacional de Información Geográfica un modelo digital del terreno obtenido por interpolación a partir de la clase terreno de vuelos Lidar del Plan Nacional de Ortofotografía aérea PNOA obtenidas por estereocorrelación automática de vuelo fotogramétrico PNOA con resolución de 25 a 50 cm/pixel.

Se ha intentado compensar el volumen de desmonte y terraplenado para aprovechar al máximo las tierras, de forma que el transporte de tierras a vertedero se vea reducido al mínimo posible.

El cálculo de la cubicación se ha realizado con el programa MDT, obteniendo el siguiente resultado:

EJE / RAMAL	Longitud (m)	Vol. Tierras			Vol. Firmes	
		Desmonte (m <sup>3</sup> )	Terraplen (m <sup>3</sup> )	T.Vegetal (m <sup>3</sup> )	Subbase (m <sup>3</sup> )	Base (m <sup>3</sup> )
Adecuación entronque	-	4,50	2,85	-	6,15	4,10
Caminos interiores	1.815,99	637,14	918,73	2.988,93	1.234,11	754,64
Explanadas CT	-	7,50	5,50	6,70	-	-
Explanada PFV	-	3.807,39	3.523,50	9.700,00	-	-
Explanada CS	-	11,00	7,50	5,50	-	-
Total:	1.815,99	4.467,53	4.458,09	12.701,13	1.240,26	758,74

- Volumen de desmonte = 4.467,53 m<sup>3</sup>
- Volumen de terraplén = 4.458,09 m<sup>3</sup>

De lo anterior se obtiene un balance de tierras de 9,44 m<sup>3</sup>, en este caso de tierras sobrantes.

La gestión de las tierras consiste en reutilizarlas en la medida de lo posible en la propia obra, siendo el resto retirado prioritariamente a plantas de fabricación de áridos para su reciclaje o, si esto no es posible, a vertederos autorizados.

El movimiento de tierras calculado se ha realizado en base a cartografía básica, tal y como se ha indicado anteriormente, por lo que podrá sufrir variaciones con el estudio topográfico de detalle que se llevará a cabo antes de la ejecución del parque.

### 6.6.3. Viales del parque fotovoltaico

La red de viales del parque fotovoltaico está constituida por el vial de acceso al parque y los caminos interiores para el montaje y mantenimiento de los diferentes componentes.

En el diseño de la red de viales, se procede a la adecuación de los caminos existentes en los tramos en los que no tengan los requisitos mínimos necesarios para la circulación de los vehículos especiales, y en aquellos puntos donde no existan caminos se prevé la construcción de nuevos caminos con las siguientes características:

- Anchura del vial: 4 m
- Sección de firme formada por dos capas: 10 cm de espesor de base y 15 cm de espesor de sub-base de zahorra, compactada al 98% P.M.
- Pendiente longitudinal máxima del 8 %.
- Radio mínimo de curvatura en el eje de 10 m.
- Talud de desmote 1/1.
- Talud de terraplén 3/2.
- Talud de firme 3/2.
- Cunetas de 80 cm de anchura y 40 cm de profundidad (para la evacuación de las aguas de escorrentía).
- Espesor de excavación de tierra vegetal de 30 cm.

Como características más importantes de los viales del parque hay que señalar el hecho de que se cumple con las especificaciones mínimas necesarias con un aprovechamiento máximo de los viales existentes, por lo que la afección resultante es la menor posible.

#### 6.6.3.1. Vial de acceso

El eje de acceso al parque parte desde un camino existente, hasta llegar al paraje donde se ubica el parque.

El proyecto contempla la adecuación de los caminos existentes en los tramos en los que no tengan los requisitos mínimos necesarios para la circulación de vehículos de montaje y mantenimiento de los componentes fotovoltaicos hasta alcanzar las características indicadas en el punto anterior.

### 6.6.3.2. Viales interiores

Los viales interiores del parque fotovoltaico partirán desde el punto de acceso al recinto. Se construirá un camino principal para unirlo con el centro de transformación así como un camino secundario que recorrerá todo el perímetro del parque y se conectará con el camino principal. Ambos caminos tendrán una anchura de 4 m, y un perfilado de la cuneta triangular para la escorrentía de las aguas de lluvia. Asimismo, será apto para el transporte de equipos pesados que puedan circular durante la construcción del parque o durante mantenimientos.

En la Ilustración 14 se muestran los viales interiores del parque fotovoltaico, para más detalle ver documento Planos.

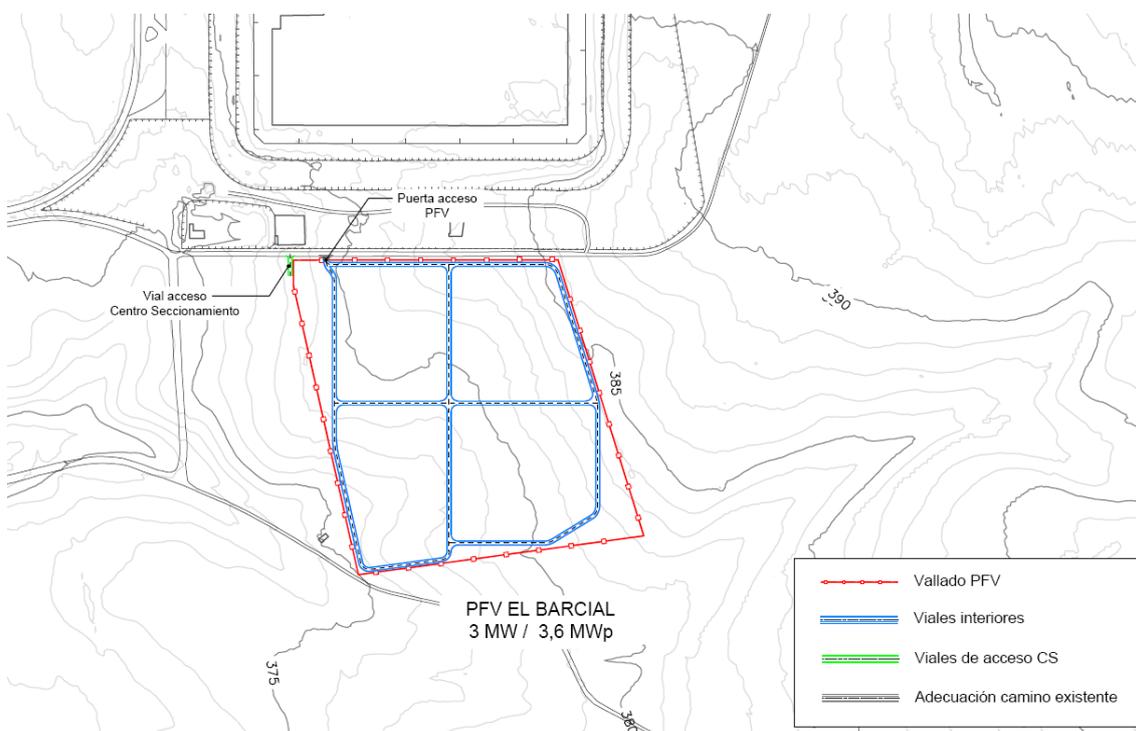


Ilustración 14. Viales del PFV.

### 6.6.3.3. Drenaje

Para la evacuación de las aguas de escorrentía se dispone de dos tipos de drenaje: drenaje longitudinal y drenaje transversal.

Para el tipo de drenaje longitudinal, se han previsto cunetas laterales de tipo “V” a ambos márgenes de los viales con la sección y dimensiones adecuadas.

El tipo de drenaje transversal se utilizará en los puntos bajos de los viales interiores en los que se puedan producir acumulaciones de agua. Se dispondrán de obras de fábrica y/o vados hormigonados que faciliten la evacuación del agua.

#### 6.6.4. Hincado de los seguidores solares

El método principal de instalación de seguidores fotovoltaicos en este parque es el hincado, ya que es el más apropiado debido a las características geológicas del terreno. Esta tecnología permite minimizar la afeción sobre el terreno ya que no requiere cimentaciones.

Este sistema permite fijar cada pilote al terreno ajustando la profundidad del hincado mediante la utilización de una máquina hidráulica. Para ello, se fija el pilote a la parte superior de la máquina y mediante un control electrónico, se regula la velocidad, orientación y fuerza de hincado. Este proceso resulta ágil y económico.



Ilustración 15: Máquina hincapostes. Fuente: Pauselli Group

Dada la gran superficie ocupada por el parque fotovoltaico, en algún caso podría ser necesario recurrir a otro tipo de instalación, como podría ser tornillo, pilote o zapata de hormigón.

#### 6.6.5. Cimentaciones centros de transformación

El centro de transformación, constituido por un inversor y un transformador, se ubicará sobre plataforma de hormigón cubierta de cama de arena y con un acerado perimetral

que evite la entrada de humedad, tanto si es un contenedor metálico o un prefabricado de hormigón.

La cimentación se realizará con base de zapatas de hormigón y muros de ladrillo de fábrica para el apoyo del contenedor y para elevarlo sobre el nivel del terreno, facilitando así la ventilación y el acceso al montaje y mantenimiento del cableado.

#### 6.6.6. Zanjas para el cableado

Las zanjas tendrán por objeto alojar las líneas subterráneas de baja y media tensión, el conductor de puesta a tierra, el cableado de vigilancia y la red de comunicaciones.

El trazado de las zanjas se ha diseñado tratando que sea lo más rectilíneo posible y respetando los radios de curvatura mínimos de cada uno de los cables utilizados.

Las canalizaciones principales se dispondrán junto a los caminos de servicio, tratando de minimizar el número de cruces así como la afección al medio ambiente y a los propietarios de las fincas por las que trascurren.

En el parque nos encontraremos con dos tipos de zanjas:

- Zanja en tierra
- Zanja para cruces

Los distintos tipos de zanjas tipo se muestran en el documento Planos.

##### 6.6.6.1. Zanja en tierra

La zanja en tierra se caracteriza porque los cables se disponen enterrados directamente en el terreno, sobre un lecho de arena lavada de río, dispuestos en capa y pegados uno a otro.

Encima de ellos irá otra capa de arena hasta completar los 35 cm de espesor y sobre ésta una protección mecánica (ladrillos, rasillas, cerámicas de PPC, etc.) colocada transversalmente.

Después se rellenará la zanja con 20 cm de material seleccionado y se terminará de rellenar con tierras procedentes de la excavación, colocando a 25 cm de la superficie de la cinta de señalización que advierta de la existencia de cables eléctricos

#### 6.6.6.2. Zanja para cruces

Las canalizaciones en cruces serán entubadas y estarán constituidas por tubos de material sintético y amagnético, hormigonados, de suficiente resistencia mecánica y debidamente enterrados en la zanja.

El diámetro interior de los tubos para el tendido de los cables será de 160 mm, debiendo permitir la sustitución del cable averiado.

Estas canalizaciones deberán quedar debidamente selladas en sus extremos.

Las zanjas se excavarán según las dimensiones indicadas en planos, atendiendo al número de cables a instalar. Sus paredes serán verticales, proveyéndose entibaciones en los casos que la naturaleza del terreno lo haga necesario. Los cables entubados irán situados a 1,00 m de profundidad protegidos por una capa de hormigón de HM-20 de espesor variable en función de los conductores tendidos.

El resto de la zanja se rellenara con tierras procedentes de la excavación, colocando a 25 cm de la superficie la cinta de señalización que advierta de la existencia de cables eléctricos. Se terminará el relleno de la zanja con el mismo material que existía en ella antes de su apertura.

### 6.7. INSTALACIONES AUXILIARES

Además de lo dispuesto hasta el momento, se construirán instalaciones auxiliares para mantener la seguridad y el correcto funcionamiento del parque. Durante la fase de construcción se habilitará una zona de acopio que permita el desarrollo de la obra. El resto de instalaciones descritas a continuación serán de carácter permanente. En la Ilustración 16 se indican dichas instalaciones sobre la planta general del PFV.

#### 6.7.1. Zona de acopio y maquinaria

Para facilitar las labores de construcción del parque fotovoltaico se dispone de un área de acopio. Dicha zona se encuentra al sur del PFV, cercana a los viales interiores. En la Ilustración 16 y en el documento Planos se puede observar su localización.

#### 6.7.2. Vallado perimetral

Para disminuir el efecto barrera debido a la instalación de la planta fotovoltaica, y para permitir el paso de fauna, el vallado perimetral de la planta se ejecutará dejando un

espacio libre desde el suelo de 20 y con malla cinegética. El vallado perimetral carecerá de elementos cortantes o punzantes como alambres de espino o similar. En el recinto quedarán encerrados todos los elementos descritos de las instalaciones y dispondrá de una puerta de dos hojas, para acceso a la planta solar. Ver detalles en el documento Planos.

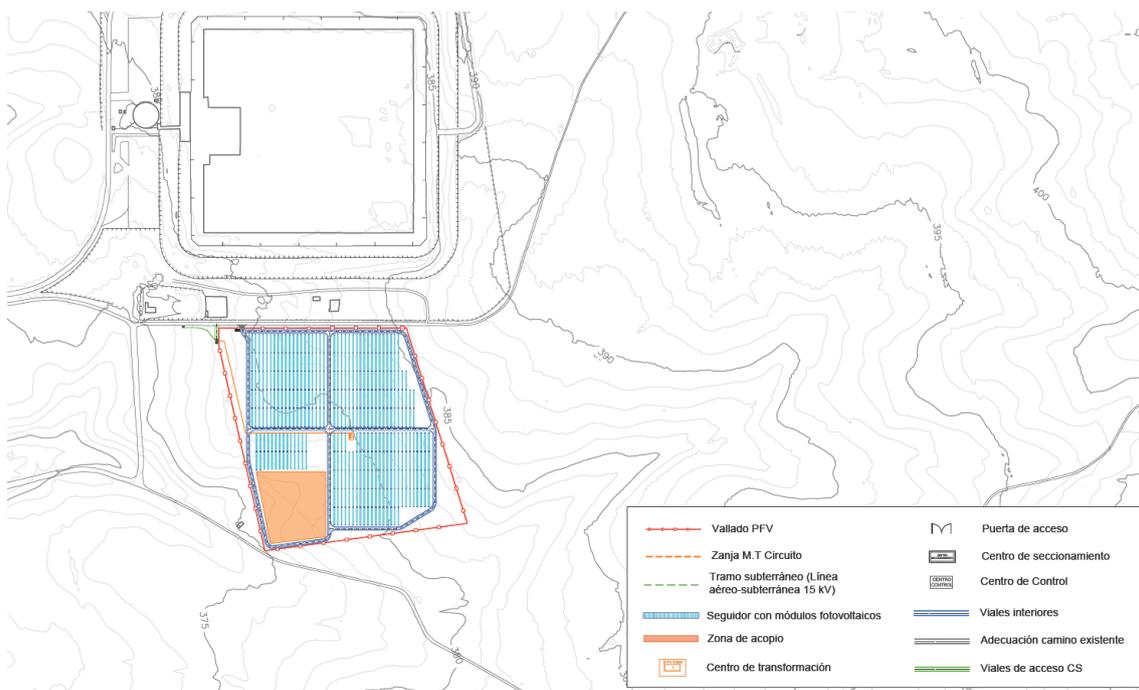


Ilustración 16. Planta general del PFV

### 6.7.3. Sistema de seguridad y vigilancia

Para la protección del perímetro se utilizara un sistema de vídeo vigilancia con cámaras térmicas motorizadas. Las cámaras se distribuirán por todo el perímetro de la instalación alimentándose mediante un Sistema de Alimentación Ininterrumpida (SAI), los cables para esta alimentación se llevarán enterrados en zanjas que discurren por todo el perímetro del vallado.

El sistema analiza las imágenes de las cámaras detectando los objetos móviles e identifica personas o el tipo de objetos indicados. El sistema descarta objetos como bolsas, sombras, reflejos, pequeños animales, etc... Cuando una persona accede al área que se ha señalado como protegida, un vídeo con la alarma es enviado a la central de monitorización, que chequea la alarma en cuestión.

No es imprescindible que el centro de control se sitúe dentro del parque fotovoltaico, ya que el sistema de vigilancia es accesible desde cualquier lugar vía internet.

#### 6.7.4. Edificio de control y mantenimiento

El edificio de control se encuentra dentro del PFV, próximo a la entrada y junto al camino principal. El edificio será de una única planta con una altura libre de suelo a techo de 2,5 m.

El edificio integrará el control operativo y de seguridad del parque fotovoltaico e incluirá un área de almacenamiento donde se conservarán algunos repuestos y herramientas para el mantenimiento de la instalación.

Previamente a la instalación del edificio de control y mantenimiento será necesario un desbroce y preparación previa del terreno para su cimentación. La cimentación se diseñará mediante unas pequeñas zapatas de hormigón armado o losa de hormigón armado.

El edificio incluirá todas las instalaciones auxiliares necesarias para su correcto uso.

#### 6.7.5. Estación meteorológica

Para el correcto funcionamiento del parque fotovoltaico es necesario conocer las condiciones ambientales en tiempo real. Para ello, que propone la inclusión de una estación meteorológica con un mínimo de cuatro puntos de monitorización ambiental.

La estación meteorológica deberá medir las siguientes variables: irradiación, precipitaciones, temperatura, velocidad y dirección del viento.

## 7. INFRAESTRUCTURAS DE EVACUACIÓN PFV EL BARCIAL

Desde el Centro de Transformación del parque se evacúa la energía mediante una Línea Subterránea de Media Tensión de 15 kV de 370 m hasta el Centro de Seccionamiento de la Línea aérea de media tensión Bombeo-Gas de SET PUILATOS, punto de conexión concedido por EDE.

Las infraestructuras de evacuación de energía del PFV EL BARCIAL son las siguientes:

- LSMT 15 kV Centro de Transformación PFV EL BARCIAL – Centro de Seccionamiento de LAMT 15 kV Bombeo-Gas de SET PUILATOS 15 kV
- Centro de Seccionamiento
- LSMT Centro de Seccionamiento hasta el punto de conexión
- LAMT Bombeo-Gas de SET PUILATOS 15kV (existente)

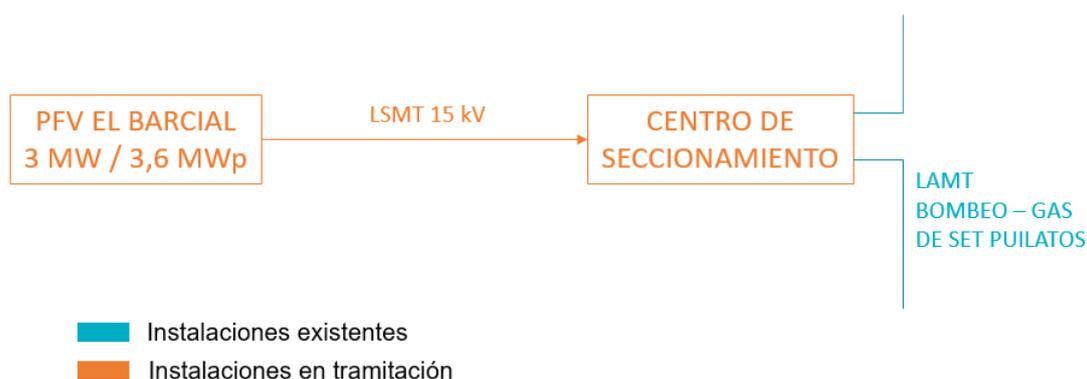


Ilustración 17. Infraestructuras evacuación

### 7.1. LÍNEA SUBTERRÁNEA PFV EL BARCIAL – CENTRO DE SECCIONAMIENTO LAMT 15 KV BOMBEO-GAS DE SET PUILATOS

Desde el Centro de Transformación del PFV EL BARCIAL, se evacúa la energía mediante una línea subterránea de media tensión de 15 kV de tensión nominal a una frecuencia de 50 Hz de 370 m hasta el CENTRO DE SECCIONAMIENTO LAMT 15 kV Bombeo-Gas de SET PUILATOS. Los conductores a utilizar serán AI RH5Z1 12 / 20 kV, de tipo aislado y subterráneo enterrado en tubería.

En la Tabla 10 se muestra la sección y el número de conductores por fase de la LSMT, así como la caída de tensión y el porcentaje de caída de tensión total. Se prevé una terna de cables unipolares designación RH5Z1 3 x 1 x 150 mm<sup>2</sup> de AI, con aislamiento de polietileno reticulado (XLPE) y cubierta de policloruro de vinilo.

Tabla 10: Caídas de tensión en circuitos de media tensión desde CT a C. Seccionamiento

Tramo	Tensión (kV)	Potencia (kW)	Int (A)	Long (m)	Nº Ternas	Sección (mm <sup>2</sup> )	I <sub>max</sub> (A)	R (Ω/km)	X (Ω/km)	Pérdidas potencia (%)	Caída tensión (%)
CT - SCTO	15	3.000	117,8	370	1	150	260	0,26	0,12	0,14	0,14

Se puede ver que las pérdidas de potencia son de **0,14%** y la máxima caída de tensión es de **0,14 %**, valores que se encuentran por debajo del límite establecido del 0,5 %.

En el documento Anejos se detallan las características y cálculos justificativos de la red de evacuación subterránea de MT.

#### 7.1.1. Cable aislado de potencia

Los cables a utilizar en la red subterránea de media tensión serán cables subterráneos unipolares de aluminio, con aislamiento seco termoestable (polietileno reticulado XLPE), con pantalla semiconductor sobre conductor y sobre aislamiento y con pantalla metálica de aluminio.

Se ajustarán a lo indicado en las normas UNE-HD 620-10E, UNE 211620 y en la ITC-LAT 06 del RLAT.

Los circuitos de las líneas subterráneas de media tensión se compondrán de tres conductores unipolares y de las características que se indican en la siguiente tabla:

Características	Valores
Nivel de aislamiento	12/20 (kV)
Naturaleza del conductor	Aluminio
Sección del conductor	150 mm <sup>2</sup>

#### 7.1.2. Terminaciones

Las terminaciones serán adecuadas al tipo de conductor empleado en cada caso. Existen dos tipos de terminaciones para las líneas de Media Tensión:

- Terminaciones convencionales contráctiles o enfilables en frío, tanto de exterior como de interior: Se utilizarán estas terminaciones para la conexión a instalaciones existentes con celdas de aislamiento al aire o en las conversiones aéreo-subterráneas. Estas

terminaciones serán acordes a las normas UNE 211027, UNE HD 629-1 y UNE EN 61442.

- Conectores separables: Se utilizarán para instalaciones con celdas de corte y aislamiento en SF<sub>6</sub>. Serán acordes a las normas UNE-HD629-1 y UNE-EN 61442.

### 7.1.3. Empalmes

Los empalmes serán adecuados para el tipo de conductores empleados y aptos igualmente para la tensión de servicio.

En general se utilizarán siempre empalmes contráctiles en frío, tomando como referencia las normas UNE: UNE211027, UNE-HD629-1 y UNE-EN 61442.

En aquellos casos en los que requiera el uso de otro tipo de empalmes (cables de distintas tecnologías, etc.) será necesario el acuerdo previo con la compañía distribuidora.

### 7.1.4. Pararrayos

Con objeto de proteger los cables contra las sobretensiones provocadas por descargas atmosféricas, se instalará una autoválvula o pararrayos en cada uno de los extremos de los cables unipolares que llegan a los apoyos de conversión aéreo-subterránea. Estos elementos se dispondrán entre el tramo aéreo y el terminal.

Estarán constituidos por resistencias de característica no lineal, de óxido de cinc, conectadas en serie sin explosores. La envolvente externa será polimérica (goma silicona).

Los pararrayos irán equipados de un dispositivo de desconexión que debe actuar en el caso de que se haya producido un fallo en el funcionamiento, evitando de esta manera un defecto permanente en la red y al mismo tiempo señalando de forma visible el pararrayos defectuoso.

El dispositivo de desconexión estará unido a una trencilla de cobre de sección 50 mm<sup>2</sup> y longitud 500 mm, que en el extremo no unido al pararrayos equipará un terminal de cobre estañado.

### 7.1.5. Cables de fibra óptica

En caso de ser necesario, las comunicaciones a implementar en la línea subterránea se basarán siempre en fibra óptica tendida conjuntamente con el cable. Las líneas con cable subterráneo no pueden soportar comunicaciones mediante ondas portadoras a causa de la elevada capacidad de este tipo de cables.

El cable de fibra óptica estará formado por un material dieléctrico ignífugo y con protección anti-roedores.

Estará compuesto por una cubierta interior de material termoplástico y dieléctrico, sobre la que se dispondrá una protección antirroedores dieléctrica. Sobre el conjunto así formado se extruirá una cubierta exterior de material termoplástico e ignífuga.

En el interior de la primera cubierta se alojará el núcleo óptico formado por un elemento central dieléctrico resistente, por tubos holgados (alojan las fibras ópticas holgadas), en cuyo interior se dispondrá un gel antihumedad de densidad y viscosidad adecuadas y compatible con las fibras ópticas.

Todo el conjunto irá envuelto por unas cintas de sujeción.

La fibra óptica deberá garantizarse para una vida media > 25 años y para una temperatura máxima continua en servicio de 90° C siendo esta temperatura constante alrededor de todo el conductor.

#### 7.1.6. Puestas a tierra

Las pantallas metálicas de los cables de Media Tensión se conectarán a tierra en cada uno de sus extremos.

#### 7.1.7. Zanja subterránea

Las zanjas tendrán por objeto alojar la línea subterránea de MT, el conductor de puesta a tierra y la red de comunicaciones.

El trazado de la zanja se ha diseñado tratando que sea lo más rectilíneo posible y respetando los radios de curvatura mínimos de cada uno de los cables utilizados.

Las canalizaciones principales se dispondrán junto a los caminos de servicio, tratando de minimizar el número de cruces así como la afección al medio ambiente y a los propietarios de las fincas por las que trascurren.

En la línea, al igual que para el PFV, existen dos tipos de zanjas:

- Zanja en tierra
- Zanja para cruces

#### Zanja en tierra

La zanja en tierra se caracteriza porque los cables se disponen enterrados directamente en el terreno, sobre un lecho de arena lavada de río, dispuestos en capa y pegados uno a otro. Las dimensiones de la zanja atenderán al número de cables a instalar.

Encima de ellos irá otra capa de arena hasta completar los 30 cm de espesor y sobre ésta una protección mecánica (ladrillos, rasillas, cerámicas de PPC, etc.) colocada transversalmente.

Después se rellenará la zanja con 50 cm de material seleccionado y se terminará de rellenar con tierras procedentes de la excavación, colocando a 40 cm de la superficie de la cinta de señalización que advierta de la existencia de cables eléctricos.

#### Zanja para cruces

Las canalizaciones en cruces serán entubadas y estarán constituidas por tubos de material sintético y amagnético, hormigonados, de suficiente resistencia mecánica, debidamente enterrados en la zanja.

El diámetro interior de los tubos para el tendido de los cables será de 200 mm, debiendo permitir la sustitución del cable averiado. Estas canalizaciones deberán quedar debidamente selladas en sus extremos.

Las zanjas se excavarán según las dimensiones indicadas en planos, atendiendo al número de cables a instalar. Sus paredes serán verticales, proveyéndose entibaciones en los casos que la naturaleza del terreno lo haga necesario. Los cables entubados irán situados a 1,00 m y 1,30 m de profundidad protegidos por una capa de hormigón de HM-20 de espesor variable según el tipo de zanja.

El resto de la zanja se rellenará con tierras procedentes de la excavación, compactándose al 98% del Proctor Normal, colocando a 35 cm de la superficie la cinta de señalización que advierta de la existencia de cables eléctricos.

#### Arquetas

Las arquetas serán prefabricadas o de ladrillo sin fondo para favorecer la filtración de agua. En la arqueta, los tubos quedarán como mínimo a 25 cm por encima del fondo para permitir la colocación de rodillos en las operaciones de tendido. Una vez tendido el cable, los tubos se sellarán con material expansible, yeso o mortero ignífugo de forma que el cable quede situado en la parte superior del tubo. La situación de los tubos en la arqueta será la que permita el máximo radio de curvatura.

Las arquetas ciegas se rellenarán con arena. Por encima de la capa de arena se rellenará con tierra cribada compactada hasta la altura que se precise en función del acabado superficial que le corresponda.

En todos los casos, deberá estudiarse por el proyectista el número de arquetas y su distribución, en base a las características del cable y, sobre todo, al trazado, cruces, obstáculos, cambios de dirección, etc., que serán realmente los que determinarán las necesidades para hacer posible el adecuado tendido del cable.

#### 7.1.8. Hitos de señalización

Para identificar el trazado de la red subterránea de alta tensión, se colocarán hitos de señalización de hormigón prefabricados cada 50 m y en los cambios de dirección. En estos hitos de señalización se indicará en la parte superior una referencia que advierta de la existencia de cables eléctricos.

#### 7.1.9. Protecciones

Para la protección contra sobrecargas, sobretensiones, cortocircuitos y puestas a tierra se dispondrán en las Subestaciones Transformadoras los oportunos elementos (interruptores automáticos, relés, etc.), los cuales corresponderán a las exigencias que presente el conjunto de la instalación de la que forme parte la línea subterránea en proyecto.

#### 7.1.10. Cruzamientos, proximidades y paralelismos en la línea subterránea de evacuación

Los cables subterráneos deberán cumplir los requisitos señalados en el apartado 5 de la ITC-LAT 06 del RLAT, las correspondientes Especificaciones Particulares de la compañía distribuidora aprobadas por la Administración y las condiciones que pudieran imponer otros órganos competentes de la Administración o empresas de servicios, cuando sus instalaciones fueran afectadas por tendidos de cables subterráneos de MT.

Cuando no se puedan respetar aquellas distancias, deberán añadirse las protecciones mecánicas especificadas en el propio reglamento.

En la siguiente tabla se resumen las distancias entre servicios subterráneos para cruces, paralelismos y proximidades.

DISTANCIAS DE SEGURIDAD			
Cruzamiento	Instalación	Profundidad	Observaciones
Carreteras	Entubada y hormigonada	$\geq 0,6$ m de vial	Siempre que sea posible, el cruce se realizará perpendicular al eje del vial
Ferrocarriles	Entubada y hormigonada	$\geq 1,1$ m de la cara inferior de la traviesa	La canalización entubada se rebasará 1,5 m por cada extremo. Siempre que sea posible, el cruce se realizará perpendicular a la vía.
Depósitos de carburante	Entubada (*)	$\geq 1,2$ m	La canalización rebasará al depósito en 2 m por cada extremo.
Conducciones de alcantarillado	Enterrada ó entubada	-	Se procurará pasar los cables por encima de las conducciones de alcantarillado (**).

(\*): Los cables se dispondrán separados mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica.

(\*\*): En el caso de que no sea posible, el cable se pasará por debajo y se dispondrán separados mediante tubos, conductos o divisorias, constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica.

DISTANCIAS DE SEGURIDAD			
Cruzamiento	Instalación	Distancia	Observaciones
Cables eléctricos	Enterrada ó entubada	$\geq 25$ cm	Siempre que sea posible, los conductores de AT discurrirán por debajo de los de BT. Los empalmes de ambas instalaciones distarán al menos 1 m del punto de cruce (*).
Cables telecomunicaciones	Enterrada ó entubada	$\geq 20$ cm	Los empalmes de ambas instalaciones distarán al menos 1 m del punto de cruce (*).
Canalizaciones de agua	Enterrada ó entubada	$\geq 20$ cm	Los empalmes de ambas instalaciones distarán al menos 1 m del punto de cruce (*).
Acometidas o Conexiones de servicio a un edificio	-	$\geq 30$ cm a ambos lados	La entrada de las conexiones de servicio a los edificios, tanto de BT como de MT, deberá taponarse hasta conseguir una estanqueidad perfecta (*).

(\*): En el caso de que no sea posible cumplir con esta condición, será necesario separar ambos servicios mediante colocación bajo tubos de la nueva instalación, conductos o colocación de divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica.

DISTANCIAS DE SEGURIDAD				
Cruzamiento	Instalación	Presión de la instalación	Distancia sin protección adicional	Distancia con protección adicional (*)
Canalizaciones y acometidas de gas	Enterrada ó entubada	En alta presión > 4 bar	≥ 40 cm	≥ 25 cm
		En baja y media presión ≤ 4 bar	≥ 40 cm	≥ 25 cm
Acometida interior de gas (**)	Enterrada ó entubada	En alta presión > 4 bar	≥ 40 cm	≥ 25 cm
		En baja y media presión ≤ 4 bar	≥ 20 cm	≥ 10 cm

(\*): La protección complementaria estará constituida preferentemente por materiales cerámicos y garantizará una cobertura mínima de 0,45 m a ambos lados del cruce y 0,30 m de anchura centrada con la instalación que se pretende proteger. En el caso de líneas subterráneas de alta tensión entubadas, se considerará como protección suplementaria el propio tubo.

(\*\*): Se entenderá por acometida interior de gas el conjunto de conducciones y accesorios comprendidos entre la llave general de la compañía suministradora y la válvula de seccionamiento existente entre la regulación y medida.

DISTANCIAS DE SEGURIDAD			
Proximidad o paralelismo	Instalación	Distancia	Observaciones
Cables eléctricos	Enterrada ó entubada	≥ 25 cm	Los conductores de AT podrán instalarse paralelamente a conductores de BT o AT (*).
Cables telecomunicaciones	Enterrada ó entubada	≥ 20 cm	(*)
Canalizaciones de agua	Enterrada ó entubada	≥ 20 cm	Los empalmes de ambas instalaciones distarán al menos 1m del punto de cruce (*).

(\*): En el caso de que no sea posible cumplir con esta condición, será necesario separar ambos servicios mediante colocación bajo tubos de la nueva instalación, conductos o colocación de divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica.

DISTANCIAS DE SEGURIDAD				
Proximidad o paralelismo	Instalación	Presión de la instalación	Distancia sin protección adicional	Distancia con protección adicional (*)
Canalizaciones y acometidas de gas	Enterrada ó entubada	En alta presión > 4 bar	≥ 40 cm	≥ 25 cm
		En baja y media presión ≤ 4 bar	≥ 25 cm	≥ 15 cm
Acometida interior de gas (**)	Enterrada ó entubada	En alta presión > 4 bar	≥ 40 cm	≥ 25 cm
		En baja y media presión ≤ 4 bar	≥ 20 cm	≥ 10 cm

(\*): La protección complementaria estará constituido preferentemente por materiales cerámicos o por tubos de adecuada resistencia.

(\*\*): Se entenderá por acometida interior de gas el conjunto de conducciones y accesorios comprendidos entre la llave general de la compañía suministradora y la válvula de seccionamiento existente entre la regulación y medida.

## 7.2. CENTRO DE SECCIONAMIENTO

El Centro de Seccionamiento se ubica en el polígono 10 - parcela 140 del término municipal de Zuera, junto al vallado del PFV EL BARCIAL y próximo a la LAMT Bombeo-Gas de SET PUILATOS, la cual se secciona para evacuar la energía generada en el PFV EL BARCIAL.

Las coordenadas del Centro de Seccionamiento son:

VÉRTICES CENTRO DE SECCIONAMIENTO		
Coordenadas UTM ETRS 89 30N		
Vértice	X <sub>UTM</sub>	Y <sub>UTM</sub>
1	690.261	4.646.884
2	690.264	4.646.884
3	690.264	4.646.877
4	690.261	4.646.877

El seccionamiento estará conectado a la línea aérea de media tensión 15 kV Bombeo-Gas de SET PUILATOS a una distancia aproximada de 61 metros, cuya titularidad corresponde a E-DISTRIBUCIÓN Distribución Eléctrica, que realiza entrada y salida en el seccionamiento.

### 7.2.1. Características del Centro de Seccionamiento

El centro de seccionamiento consta de una única caseta prefabricada en la que se encuentra toda la aparamenta eléctrica, máquinas y demás equipos. Según la Norma Particular NRZ104 (EDE), el nivel de aislamiento se define en función del nivel de tensión de red, siendo el aislamiento de 24 kV para tensiones nominales de hasta 20 kV. En este caso, puesto que la LMT a la que se le procede el seccionamiento es de 15 kV, se definirá la tensión más elevada para el material como 24 kV.

En el documento FGH00200 (EDE) se listan los fabricantes seleccionados para los edificios prefabricados y celdas dieléctrico que cumplirían con las especificaciones técnicas de la compañía. Se ha escogido para el presente proyecto el fabricante Ormazabal, tanto para el edificio como para las celdas con fin de asegurar mayor compatibilidad de componentes y facilidad de instalación.

Se escoge un edificio monobloque por su instalación sencilla, calidad uniforme y precio económico, ya que se reducen los trabajos de obra civil y montaje en el punto de instalación. En la Ilustración 18 se muestra la configuración del centro de seccionamiento propuesto. También se encuentra información en el documento Planos y en Documento Anejos.

El centro de seccionamiento albergará la siguiente equipación:

- *Instalación privada*
  - 1 Celda de línea con interruptor-seccionador para llegada de línea de cliente.
  - 1 Celda de medida y cuadro de medida.
  - 1 Celda de protección con interruptor automático y protecciones.
  - 1 Celda de remonte
- *Instalación EDistribución (ubicada en recinto independiente con acceso)*
  - 1 Celda de línea con interruptor-seccionador para frontera con la instalación del cliente (telemandada)
  - 2 Celdas de línea con interruptor-seccionador para entrada y salida de línea (telemandada)
  - 1 Cuadro de baja tensión
  - 1 Armario de telemando
  - 1 Armario de telecontrol

Es de señalar que las celdas de la instalación privada y de la de EDistribución se realizará mediante puente de cables, tendido entre la celda de remonte de la instalación privada y una de las celdas de línea de EDistribución.

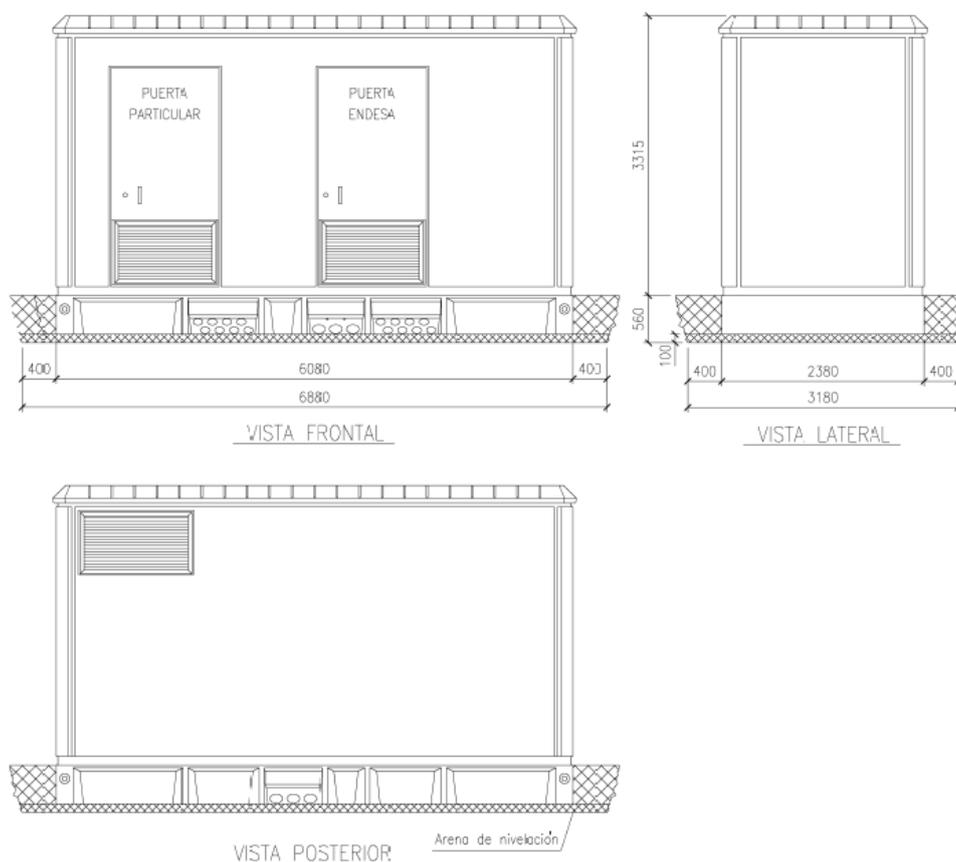


Ilustración 18. Centro de Seccionamiento 24 kV. Modelo PFU-5. Fuente: Ormazabal

### 7.2.2. Características de la Obra Civil

El Centro de Seccionamiento consta de una única envolvente, en la que se encuentra toda la aparamenta eléctrica y demás equipos. El edificio quedará dividido en dos recintos independientes, uno en el que se recoge la energía generada por el parque y su medida y otro en el que se realiza el seccionamiento de la línea de E-DISTRIBUCIÓN.

- Edificio

Los Centros de Seccionamiento, de superficie y maniobra interior (tipo caseta), constan de una envolvente de hormigón, de estructura monobloque, en cuyo interior se incorporan todos los componentes eléctricos, desde la aparamenta de MT, hasta los

cuadros de BT, incluyendo los dispositivos de control e interconexiones entre los diversos elementos.

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

- Envolvente

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

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

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

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

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

- Placa piso

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

- Accesos

En la pared frontal se sitúan las puertas de acceso de peatones, y las rejillas de ventilación. Todos estos materiales están fabricados en chapa de acero.

Las puertas de acceso disponen de un sistema de cierre con objeto de garantizar la seguridad de funcionamiento y evitar aperturas intempestivas del Centro de Seccionamiento. Una de las puertas dará acceso a la instalación privada, y la otra dará acceso a las instalaciones de EDistribución.

- Acabado

El acabado de las superficies exteriores se efectúa con pintura acrílica rugosa de color blanco en las paredes y marrón en el perímetro de la cubierta o techo, puertas y rejillas de ventilación.

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

- Alumbrado

El equipo va provisto de alumbrado conectado y gobernado desde el cuadro de BT, el cual dispone de un interruptor para realizar dicho cometido.

- Varios

Sobrecargas admisibles y condiciones ambientales de funcionamiento según normativa vigente.

- Cimentación

Para la ubicación de los Centros de Seccionamiento es necesaria una excavación, cuyas dimensiones variarán en función de la solución adoptada para la red de tierras, sobre cuyo fondo se extiende una capa de arena compactada y nivelada de 100 mm de espesor.

### 7.2.3. Características de la Aparamenta de media tensión

El Centro de Seccionamiento cuenta con un circuito procedente del parque de la planta fotovoltaica y la entrada y salida de la línea que se secciona.

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

A continuación se detallan las características de las celdas:

- **CELDAS**

Las celdas forman un sistema de equipos modulares de reducidas dimensiones para MT, con aislamiento y corte en gas, cuyos embarrados se conectan consiguiendo una conexión totalmente apantallada, e insensible a las condiciones externas (polución, salinidad, inundación, etc.). Estas celdas estarán preparadas para ser teledirigidas por E-DISTRIBUCIÓN de forma remota, mediante los mecanismos que se describen en apartados posteriores.

Las partes que componen estas celdas son:

- Base y frente:

La base soporta todos los elementos que integran la celda. La rigidez mecánica de la chapa y su galvanizado garantizan la indeformabilidad y resistencia a la corrosión de esta base. La altura y diseño de esta base permite el paso de cables entre celdas sin necesidad de foso (para la altura de 1.800 mm), y facilita la conexión de los cables frontales de acometida.

La parte frontal incluye en su parte superior la placa de características eléctricas, la mirilla para el manómetro, el esquema eléctrico de la celda, los accesos a los accionamientos del mando y el sistema de alarma sonora de puesta a tierra. En la parte inferior se encuentra el dispositivo de señalización de presencia de tensión y el 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.

El sistema de alarma sonora de puesta a tierra se activa cuando, habiendo tensión en la línea, se introduce la palanca en el eje del seccionador de puesta a tierra. Al introducir la palanca en esta posición, un sonido indica que puede realizarse un cortocircuito o un cero en la red si se efectúa la maniobra.

○ Cuba:

La cuba, fabricada en acero inoxidable de 2 mm de espesor, contiene el interruptor, el embarrado y los portafusibles, y el gas se encuentra en su interior a una presión absoluta de 1,15 bar (salvo para celdas especiales). El sellado de la cuba permite el mantenimiento de los requisitos de operación segura durante más de 30 años, sin necesidad de reposición de gas.

Esta cuba cuenta con un dispositivo de evacuación de gases que, en caso de arco interno, permite su salida hacia la parte trasera de la celda, evitando así, con ayuda de la altura de las celdas, su incidencia sobre las personas, cables o la aparamenta del Centro de entrega.

En su interior se encuentran todas las partes activas de la celda (embarrados, interruptor-seccionador, puesta a tierra, tubos portafusible).

○ Interruptor/Seccionador/Seccionador de puesta a tierra:

El interruptor disponible de tres posiciones: conectado, seccionado y puesto a tierra.

La actuación de este interruptor se realiza mediante palanca de accionamiento sobre dos ejes distintos: uno para el interruptor (conmutación entre las posiciones de interruptor conectado e interruptor seccionado); y otro para el seccionador de puesta a tierra de los cables de acometida (que conmuta entre las posiciones de seccionado y puesto a tierra).

○ Mando:

Los mandos de actuación son accesibles desde la parte frontal, pudiendo ser accionados de forma manual.

○ Conexión de cables:

La conexión de cables se realiza desde la parte frontal mediante unos pasatapas estándar.

○ Enclavamientos:

La función de los enclavamientos incluidos en todas las celdas son tales que:

- No se pueda conectar el seccionador de puesta a tierra con el aparato principal cerrado, y recíprocamente, no se pueda cerrar el aparato principal si el seccionador de puesta a tierra está conectado
- No se pueda quitar la tapa frontal si el seccionador de puesta a tierra está abierto, y a la inversa, no se pueda abrir el seccionador de puesta a tierra cuando la tapa frontal ha sido extraída
- o Características eléctricas:

Las características generales de las celdas serán las siguientes:

Tensión nominal:	24 kV
Nivel de aislamiento	
- Frecuencia industrial (1 min)	
a tierra y entre fases:	50 Hz
a la distancia de seccionamiento:	60 Hz
- Impulso tipo rayo	
a tierra y entre fases:	125 kV
a la distancia de seccionamiento:	145 kV

#### 7.2.3.1. Celda de línea con interruptor-seccionador

La celda está constituida por un módulo metálico con aislamiento y corte en gas, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un interruptor-seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior-frontal mediante bornas enchufables. Presenta también captadores capacitivos para la detección de tensión en los cables de acometida y un sistema de alarma sonora de puesta a tierra, que suena cuando habiendo tensión en la línea se introduce la palanca en el eje del seccionador de puesta a tierra. Al introducir la palanca en esta posición, un sonido indica que puede realizarse un cortocircuito o un cero en la red si se efectúa la maniobra.

Esta celda dispondrá de mecanismos motorizados para su telemando.

Dimensiones: 365 mm de ancho x 1.740 mm de alto x 735 mm de fondo.

Tensión asignada: 24 kV

Intensidad asignada:	630 A
Intensidad de corta duración (1 s), eficaz:	20 kA
Intensidad de corta duración (1 s), cresta:	50 kA
Nivel de aislamiento	
- Frecuencia industrial (1 min) a tierra y entre fases:	50 kV
- Impulso tipo rayo a tierra y entre fases (cresta):	125 kV
Capacidad de cierre:	25 kA

### 7.2.3.2. Celda de remonte

Celda con envolvente metálica, formada por un módulo con las siguientes características: La celda de interruptor pasante con puesta a tierra a la derecha, está constituida por un módulo metálico con aislamiento y corte en gas, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y con un interruptor-seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra (derecha) del embarrado. Presenta también captadores capacitivos para la detección de tensión y puede llevar un sistema de alarma sonora de puesta a tierra, que suena cuando habiendo tensión en la línea se introduce la palanca en el eje del seccionador de puesta a tierra. Al introducir la palanca en esta posición, un sonido indica que puede realizarse un cortocircuito o un cero en la red si se efectúa la maniobra.

Dimensiones: 365 mm de ancho x 1.740 mm de alto x 735 mm de fondo.

Tensión asignada:	24 kV
Intensidad asignada:	630 A
Nivel de aislamiento	
- Frecuencia industrial (1 min) a tierra y entre fases:	50 kV
- Impulso tipo rayo a tierra y entre fases (cresta):	125 kV
Capacidad de cierre:	25 kA

### 7.2.3.3. Celda entrada/salida de línea con interruptor-seccionador

La celda está constituida por un módulo metálico con aislamiento y corte en gas, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un interruptor-seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior-frontal mediante bornas enchufables.

Presenta también captadores capacitivos para la detección de tensión en los cables de acometida y un sistema de alarma sonora de puesta a tierra, que suena cuando habiendo tensión en la línea se introduce la palanca en el eje del seccionador de puesta a tierra. Al introducir la palanca en esta posición, un sonido indica que puede realizarse un cortocircuito o un cero en la red si se efectúa la maniobra.

Dimensiones: 365 mm de ancho x 1.740 mm de alto x 735 mm de fondo.

Tensión asignada:	24 kV
Intensidad asignada:	630 A
Intensidad de corta duración (1 s), eficaz:	20 kA
Intensidad de corta duración (1 s), cresta:	50 kA
Nivel de aislamiento	
- Frecuencia industrial (1 min) a tierra y entre fases:	50 kV
- Impulso tipo rayo a tierra y entre fases (cresta):	125 kV
Capacidad de cierre:	25 kA

Esta celda dispondrá de mecanismos motorizados para su telemando.

#### 7.2.3.4. Celda de protección

La celda de protección con interruptor automático y protecciones, está constituida por un módulo metálico con aislamiento en gas, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un seccionador rotativo de tres posiciones, y en serie con él, un interruptor automático de corte en vacío, enclavado con el seccionador. La puesta a tierra de los cables de acometida se realiza a través del interruptor automático. La conexión de cables es inferior-frontal mediante bornas enchufables. Presenta también captadores capacitivos para la detección de tensión en los cables de acometida y puede llevar un sistema de alarma sonora de puesta a tierra, que suena cuando habiendo tensión en la línea se introduce la palanca en el eje del seccionador de puesta a tierra. Al introducir la palanca en esta posición, un sonido indica que puede realizarse un cortocircuito o un cero en la red si se efectúa la maniobra.

Dimensiones: 460 mm de ancho x 1.740 mm de alto x 845 mm de fondo.

Tensión asignada:	24 kV
-------------------	-------

Intensidad asignada:	630 A
Nivel de aislamiento	
- Frecuencia industrial (1 min) a tierra y entre fases:	50 kV
- Impulso tipo rayo a tierra y entre fases (cresta):	125 kV
Capacidad de cierre:	25 kA

Esta celda dispondrá de mecanismos motorizados para su telemando.

#### 7.2.3.5. Celda de medida

Celda con envolvente metálica, formada por un módulo con las siguientes características: La celda de medida es un módulo metálico, construido en chapa galvanizada, que permite la incorporación en su interior de los transformadores de tensión e intensidad que se utilizan para dar los valores correspondientes a los aparatos de medida, control y contadores de medida de energía. Esta celda incorpora los transformadores de tensión e intensidad. La tapa de la celda cuenta con los dispositivos que evitan la posibilidad de contactos indirectos y permiten el sellado de la misma, para garantizar la no manipulación de las conexiones.

Dimensiones: 800 mm de ancho x 1.740 mm de alto x 1.025 mm de fondo.

Tensión asignada: 24 kV

Estos transformadores son de aislamiento seco y construidos atendiendo a las correspondientes normas UNE y CEI, con las siguientes características:

Transformadores de medida: 3 Transformadores de Tensión (TT) y 3 Transformadores de Intensidad (TI):

- 3 TT's: 15000/110:√3-110:√3 -110:3 V, 15 VA cl 0.2, 15VA cl 0.5-3P, 10VA cl 6P
- 3 TI's: 100 /5-5 A, 15VA cl 0,2s 15VA cl 5P30

Esta celda dispondrá de cuadro para telemedida.

#### 7.2.3.6. Equipos de medida

En el interior del Centro de Transformación se instalará equipo de medida, del tipo indirecto en Media Tensión, construido según normas de la Compañía Suministradora E-DISTRIBUCIÓN. Será un equipo de medida bidireccional, que mida la energía generada neta.

El equipo de medida estará formado por los siguientes elementos:

- Armario de doble aislamiento de poliéster reforzado con fibra de vidrio, IP-43, de medidas mínimas 750 mm de alto x 500 mm de largo x 300 mm de fondo, según normas E-DISTRIBUCIÓN.
- Contador electrónico combinado, compuesto por:
  - Contador de energía activa trifásico 110/ $\sqrt{3}$  V, medida indirecta 5 A, 4 hilos, precisión mínima C.
  - Contador de energía reactiva trifásico 110/ $\sqrt{3}$  V, medida indirecta 5 A, 4 hilos, precisión mínima 1.
  - Reloj de conmutación horario.
- Regleta de comprobación para diez circuitos (cuatro de tensión y seis de intensidad).

#### 7.2.3.7. Características del material auxiliar de media tensión y baja tensión

El material auxiliar del Centro de Seccionamiento es aquel que, aunque forma parte del conjunto del mismo, no se ha descrito en las características del equipo ni en las características de la aparamenta.

- Equipos de iluminación:

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

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

- Relés de protección:

Se contará con un interruptor automático de interconexión para operaciones de desconexión-conexión de la instalación en caso de desequilibrios de tensión o frecuencia en la red, con un relé de enclavamiento. Este interruptor permitirá también la desconexión manual. El sistema de protección será el siguiente:

En este punto se instalará el correspondiente conjunto de protecciones establecido por la normativa para el funcionamiento y conexión a las redes eléctricas de centrales de autogeneración eléctrica.

Deberá contemplar las siguientes protecciones:

3 relés de mínima tensión instantáneos (entre fases) (3x(2x27))

- 1 relé de máxima tensión (3x59)
- 1 relé de máxima tensión homopolar (59N)
- 1 relé de máxima y mínima frecuencia (81m/81M)
- 3 relés instantáneos de máxima intensidad entre fases (50/51)
- 1 relé instantáneo de fallo a tierra direccional (67N)
- 1 relé instantáneo de protección direccional de tierra
- 1 relé de sincronismo, sólo para generadores síncronos (25). La actuación de dicho relé provocará la apertura del interruptor automático. Los valores de ajuste a aplicar serán del 102%  $P_{nominal}$  y una temporización de 10 segundos.

El interruptor de interconexión facilitará la protección anti-isla, que evita el funcionamiento de la instalación si no está conectada a red.

#### 7.2.4. Telemando

La Unidad Compacta de Telemando (UCT) dispone de todos los elementos necesarios para poder realizar el Telemando y Automatización de Centros de Transformación y de Reparto. Incluye las funciones de terminal remoto, comunicaciones, alimentación segura y aislamiento de Baja Tensión.

La UCT es independiente del número de celdas del Centro y de su configuración.

Se presenta en dos formatos: Sobrecelda, permite su utilización en Centros en los que el espacio disponible está comprometido por accesos o pasillos de maniobra, y Mural, para instalaciones sobre pared.

Los elementos van ubicados en dos áreas diferenciadas de la UCT:

- Distribución (RTU y BAT): En esta área se dispone de los elementos mediante los que se realiza la alimentación de los diferentes elementos del Centro: alimentación de los motores de las celdas, elementos de mando, elementos de control y comunicaciones. Para ello se incluye un rectificador – cargador de baterías, unas baterías, un transformador de aislamiento y magnetotérmicos independientes para cada elemento.
- Comunicaciones (COMMS): En esta área van alojados los equipos de comunicaciones, tales como radio, módem, cables y otros.

#### 7.2.4.1. Alimentación

Dispone de un sistema de alimentación y almacenamiento de energía, de forma que, en condiciones de ausencia de tensión y ante picos de consumo, sean las baterías las que alimenten a los diferentes elementos del Centro.

Está compuesto por los siguientes elementos:

- Transformador Monofásico de Aislamiento: La tensión de alimentación de la UCT es la de Baja Tensión del Centro (230 V). Por otro lado, la envolvente metálica del armario de la UCT, deberá estar conectado a la puesta a tierra de protección del Centro. La tensión soportada nominal a frecuencia industrial será de 10 kV y 20 kV ante impulsos tipo rayo (1,2/50  $\mu$ s). La tensión de primario será de 230 Vca 15% (reduciéndose la componente de armónicos), a frecuencia de 50/60 Hz. La tensión de salida, será de 48 Vcc y 12 Vcc (tensión rectificada a la salida del transformador).
- Baterías: 4 unidades de tipo monoblock de 12 V y 12 Ah conectadas en serie. Estas baterías son de plomo ácido, herméticas y libres de mantenimiento.
- Interruptores Magnetotérmicos Independientes. Para la protección de los motores de las celdas, mandos (o relés) y los elementos de control. Además, la tensión de alimentación de entrada de 230 Vca también está protegida (interruptor magnetotérmico de cabecera del cuadro).

#### 7.2.4.2. Remota de telecontrol

Realiza las siguientes funciones:

- Comunicación con el Centro de Control o Despacho. Mediante esta comunicación se reportan todos los eventos e incidencias ocurridas en la instalación; de igual manera, se reciben las órdenes provenientes de Despacho a ejecutar en cada una de las posiciones.
- Comunicación con las Unidades de Control Integrado instaladas en cada una de las celdas del Centro. De este modo la Remota recibe cualquier evento o incidencia ocurrida en cada una de las posiciones de la instalación por comunicaciones y opera cada posición de forma remota.

#### 7.2.4.3. Compartimento de telecomunicaciones

En el compartimento de comunicaciones existen 2 juegos de bornas de alimentación de 48 Vcc y otros 2 juegos de bornas de alimentación de 12 Vcc.

### 7.2.5. Características del cable subterráneo de media tensión hasta las celdas

Los cables utilizados para conectar las celdas de media tensión del lado del promotor con las celdas del lado de E-DISTRIBUCIÓN, serán cables subterráneos unipolares de aluminio, con aislamiento seco termoestable (polietileno reticulado XLPE), con pantalla semiconductora sobre conductor y sobre aislamiento y con pantalla metálica de aluminio. El conductor será de Al (3 x 1 x 150 mm<sup>2</sup>) de tipo RH5Z1 12/20 kV, con aislamiento XLPE y cubierta de poliolefina.

Se ajustarán a lo indicado en las normas UNE-HD 620-10E, UNE 211620 y en la ITC-LAT 06 del RLAT.

### 7.3. LÍNEA SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN DESDE EL CENTRO DE SECCIONAMIENTO HASTA EL PUNTO DE CONEXIÓN

El punto de conexión del PFV EL BARCIAL se ubica en el polígono 10 parcela 149 del término municipal de Zuera, en la LAMT Bombeo-Gas de SET PUILATOS, la cual se secciona para evacuar la energía generada en el PFV EL BARCIAL.

Desde el Centro de Seccionamiento del PFV se evacúa la energía mediante una Línea Subterránea de Media Tensión de 15 kV hasta un futuro apoyo de conversión aéreo-subterráneo a instalar en la LAMT Bombeo-Gas de SET PUILATOS, propiedad de E-Distribución, cuya instalación es objeto de otro proyecto. El citado apoyo constituye el punto de conexión concedido por E-Distribución.

La LSMT estará constituida por dos circuitos (entrada y salida) que irán desde el Centro de Seccionamiento hasta el nuevo apoyo de conversión con una longitud aproximada de 61 metros. Los cables utilizados serán cables subterráneos unipolares de aluminio, con aislamiento seco termoestable (polietileno reticulado XLPE), con pantalla semiconductora sobre conductor y sobre aislamiento y con pantalla metálica de aluminio. El conductor será de Al (3 x 1 x 240 mm<sup>2</sup>) de tipo RH5Z1 12/20 kV, con aislamiento XLPE y cubierta de poliolefina.

Se ajustarán a lo indicado en las normas UNE-HD 620-10E, UNE 211620 y en la ITC-LAT 06 del RLAT.

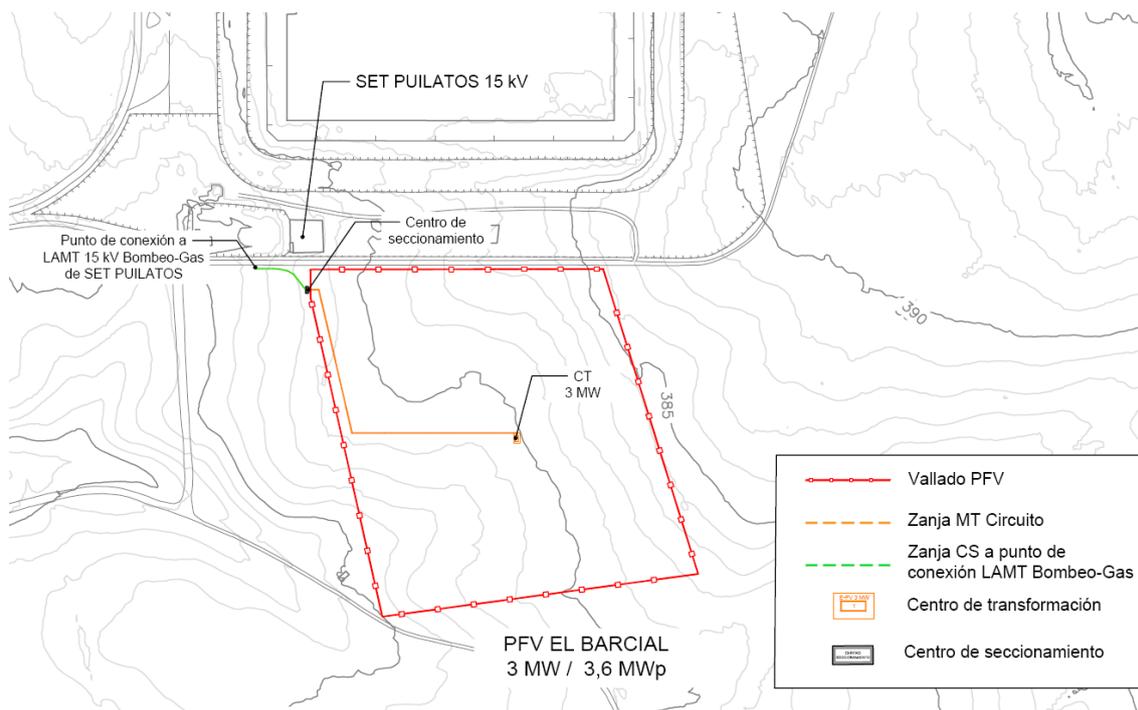


Ilustración 19. Detalle punto de conexión del PFV EL BARCIAL

### 7.3.1. Cable aislado de potencia

Los cables a utilizar en la red subterránea de media tensión serán cables subterráneos unipolares de aluminio, con aislamiento seco termoestable (polietileno reticulado XLPE), con pantalla semiconductor sobre conductor y sobre aislamiento y con pantalla metálica de aluminio.

Se ajustarán a lo indicado en las normas UNE-HD 620-10E, UNE 211620 y en la ITC-LAT 06 del RLAT.

Los circuitos de las líneas subterráneas de media tensión se compondrán de tres conductores unipolares y de las características que se indican en la siguiente tabla:

Características	Valores
Nivel de aislamiento	12/20 (kV)
Naturaleza del conductor	Aluminio
Sección del conductor	240 mm <sup>2</sup>

### 7.3.2. Terminaciones

Las terminaciones serán adecuadas al tipo de conductor empleado en cada caso. Existen dos tipos de terminaciones para las líneas de Media Tensión:

- Terminaciones convencionales contráctiles o enfilables en frío, tanto de exterior como de interior: Se utilizarán estas terminaciones para la conexión a instalaciones existentes con celdas de aislamiento al aire o en las conversiones aéreo-subterráneas. Estas terminaciones serán acordes a las normas UNE 211027, UNE HD 629-1 y UNE EN 61442.
- Conectores separables: Se utilizarán para instalaciones con celdas de corte y aislamiento en SF<sub>6</sub>. Serán acordes a las normas UNE-HD629-1 y UNE-EN 61442.

### 7.3.3. Pararrayos

Con objeto de proteger los cables contra las sobretensiones provocadas por descargas atmosféricas, se instalará una autoválvula o pararrayos en cada uno de los extremos de los cables unipolares que llegan a los apoyos de conversión aéreo-subterránea. Estos elementos se dispondrán entre el tramo aéreo y el terminal.

Estarán constituidos por resistencias de característica no lineal, de óxido de cinc, conectadas en serie sin explosores. La envolvente externa será polimérica (goma silicona).

Los pararrayos irán equipados de un dispositivo de desconexión que debe actuar en el caso de que se haya producido un fallo en el funcionamiento, evitando de esta manera un defecto permanente en la red y al mismo tiempo señalando de forma visible el pararrayos defectuoso.

El dispositivo de desconexión estará unido a una trencilla de cobre de sección 50 mm<sup>2</sup> y longitud 500 mm, que en el extremo no unido al pararrayos equipará un terminal de cobre estañado.

### 7.3.4. Puestas a tierra

Las pantallas metálicas de los cables de Media Tensión se conectarán a tierra en cada uno de sus extremos.

### 7.3.5. Zanja subterránea

Las zanjas tendrán por objeto alojar la línea subterránea de MT, el conductor de puesta a tierra y la red de comunicaciones.

El trazado de la zanja se ha diseñado tratando que sea lo más rectilíneo posible y respetando los radios de curvatura mínimos de cada uno de los cables utilizados.

Las canalizaciones principales se dispondrán junto a los caminos de servicio, tratando de minimizar el número de cruces así como la afección al medio ambiente y a los propietarios de las fincas por las que trascurren.

En la línea, al igual que para el PFV, existen dos tipos de zanjas:

- Zanja en tierra
- Zanja para cruces

#### Zanja en tierra

La zanja en tierra se caracteriza porque los cables se disponen enterrados directamente en el terreno, sobre un lecho de arena lavada de río, dispuestos en capa y pegados uno a otro. Las dimensiones de la zanja atenderán al número de cables a instalar.

Encima de ellos irá otra capa de arena hasta completar los 30 cm de espesor y sobre ésta una protección mecánica (ladrillos, rasillas, cerámicas de PPC, etc.) colocada transversalmente.

Después se rellenará la zanja con 50 cm de material seleccionado y se terminará de rellenar con tierras procedentes de la excavación, colocando a 40 cm de la superficie de la cinta de señalización que advierta de la existencia de cables eléctricos.

#### Zanja para cruces

Las canalizaciones en cruces serán entubadas y estarán constituidas por tubos de material sintético y amagnético, hormigonados, de suficiente resistencia mecánica, debidamente enterrados en la zanja.

El diámetro interior de los tubos para el tendido de los cables será de 200 mm, debiendo permitir la sustitución del cable averiado. Estas canalizaciones deberán quedar debidamente selladas en sus extremos.

Las zanjas se excavarán según las dimensiones indicadas en planos, atendiendo al número de cables a instalar. Sus paredes serán verticales, proveyéndose entibaciones en los casos que la naturaleza del terreno lo haga necesario. Los cables entubados irán situados a 1,00 m y 1,30 m de profundidad protegidos por una capa de hormigón de HM-20 de espesor variable según el tipo de zanja.

El resto de la zanja se rellenará con tierras procedentes de la excavación, compactándose al 98% del Proctor Normal, colocando a 35 cm de la superficie la cinta de señalización que advierta de la existencia de cables eléctricos.

### Arquetas

Las arquetas serán prefabricadas o de ladrillo sin fondo para favorecer la filtración de agua. En la arqueta, los tubos quedarán como mínimo a 25 cm por encima del fondo para permitir la colocación de rodillos en las operaciones de tendido. Una vez tendido el cable, los tubos se sellarán con material expansible, yeso o mortero ignífugo de forma que el cable quede situado en la parte superior del tubo. La situación de los tubos en la arqueta será la que permita el máximo radio de curvatura.

Las arquetas ciegas se rellenarán con arena. Por encima de la capa de arena se rellenará con tierra cribada compactada hasta la altura que se precise en función del acabado superficial que le corresponda.

En todos los casos, deberá estudiarse por el proyectista el número de arquetas y su distribución, en base a las características del cable y, sobre todo, al trazado, cruces, obstáculos, cambios de dirección, etc., que serán realmente los que determinarán las necesidades para hacer posible el adecuado tendido del cable.

### 7.3.6. Cruzamientos, proximidades y paralelismos en la línea subterránea de evacuación

Los cables subterráneos deberán cumplir los requisitos señalados en el apartado 5 de la ITC-LAT 06 del RLAT, las correspondientes Especificaciones Particulares de la compañía distribuidora aprobadas por la Administración y las condiciones que pudieran imponer otros órganos competentes de la Administración o empresas de servicios, cuando sus instalaciones fueran afectadas por tendidos de cables subterráneos de MT.

Cuando no se puedan respetar aquellas distancias, deberán añadirse las protecciones mecánicas especificadas en el propio reglamento.

En las tablas del apartado 7.1.7 se resumen las distancias entre servicios subterráneos para cruces, paralelismos y proximidades.

## 8. RELACIÓN DE ORGANISMOS AFECTADOS

Las administraciones o empresas cuyas propiedades se ven afectadas por las instalaciones del Parque Fotovoltaico EL BARCIAL son:

- Ayuntamiento de Zuera
- E- Distribución: Líneas eléctricas
- HORMIGONES GIRAL, S.A: Concesión minera de explotación en trámite.

En la Ilustración 20 y en el documento Planos se pueden observar el conjunto de afecciones conocidas.

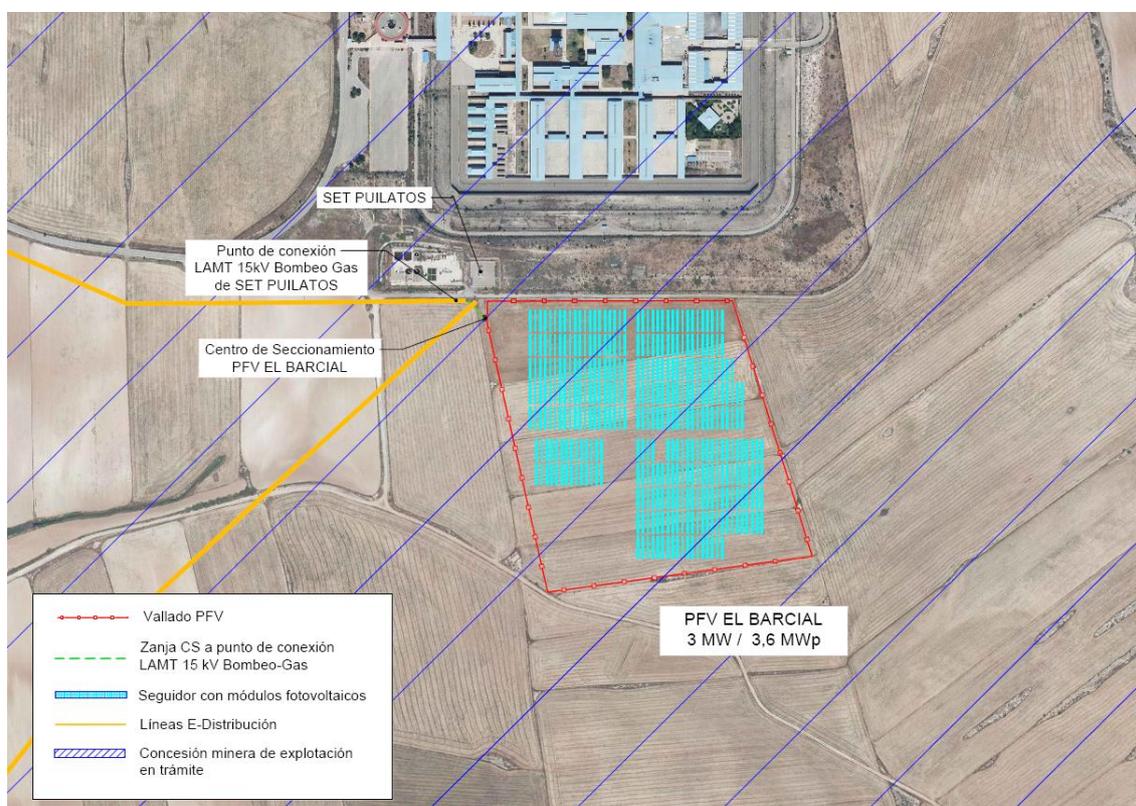


Ilustración 20: Afecciones del PFV sobre distintos organismos

No se conoce ninguna otra posible afección sobre bienes, instalaciones, obras o servicios, centros o zonas dependientes de otras Administraciones Públicas, Organismos, Corporaciones, o Departamentos del Gobierno de Aragón, que no sean las anteriormente señaladas.

## 9. FASES DEL PROYECTO

### 9.1. ESTUDIO DEL PROYECTO

El desarrollo de un proyecto de energías renovables comienza con el estudio y el análisis de su viabilidad técnica y financiera.

Una vez se haya identificado una oportunidad de desarrollo, se estudiará su ubicación y se analizará la disponibilidad de recursos naturales de la zona. En el caso que estos valores sean atractivos, comienza el proceso de la obtención de los permisos necesarios para la construcción de un proyecto de energías renovables.

### 9.2. CONSTRUCCIÓN

El trabajo de construcción comprende toda la obra civil para acondicionar el terreno y hacer las canalizaciones, obra eléctrica de la interconexión de la planta con las redes eléctricas de distribución o transporte y la recepción y montaje de todos los equipos. Una vez se finalizan todos estos trabajos, se certifica que la planta ha sido ejecutada conforme a lo previsto.

### 9.3. FUNCIONAMIENTO

Una vez construido el parque, las operaciones necesarias para su funcionamiento son mínimas puesto que los módulos fotovoltaicos e inversores están monitorizados y automatizados para su óptimo funcionamiento.

Se realizará un mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo de los elementos que forman el parque, teniendo en cuenta que los módulos fotovoltaicos no requieren prácticamente de mantenimiento más allá de la limpieza, que se realizará anualmente con agua a presión. Esta limpieza la realizará la empresa que realice el mantenimiento. Se dispondrá de un centro de control para la monitorización y control, así como para la video vigilancia y seguridad de la planta fotovoltaica.

### 9.4. DESMANTELAMIENTO

Una vez finalizada la vida útil del parque fotovoltaico, que se estima en 25 – 30 años, se procederá al desmantelamiento de todas las instalaciones e infraestructuras creadas, realizando un proyecto de desmantelamiento y restauración de las zonas afectadas, con el objetivo de devolver al terreno las condiciones anteriores a la ejecución de las obras de instalación del parque fotovoltaico. El tratamiento de los materiales excedentarios se realizará conforme a la legislación vigente en materia de residuos.

Para ejecutar el desmantelamiento del parque fotovoltaico, se han de realizar las siguientes obras:

1. Desconexión eléctrica
2. Desmontaje y retirada de los módulos fotovoltaicos
3. Desmontaje y retirada de los seguidores
4. Retirada de circuitos eléctricos
5. Desmontaje de inversores y centros de transformación
6. Desinstalación de los sistemas de seguridad, comunicaciones, vigilancia y alumbrado
7. Retirada del vallado perimetral
8. Restauración final, vegetal y paisajística

Todas las acciones previstas para el desmantelamiento de las infraestructuras, acciones de rehabilitación del espacio afectado, cronograma, estimación de costes, etc... se encuentran en el Documento Anejos.

## 10. PLANIFICACIÓN

Descripción	MES 1			MES 2			MES 3					
	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6	SEMANA 7	SEMANA 8	SEMANA 9	SEMANA 10	SEMANA 11	SEMANA 12
<b>INICIO DE OBRAS</b>												
<b>OBRA CIVIL</b>												
Replanteos												
Caminos												
Hincado de placas												
Apertura zanjas												
Acondicionamiento zanjas												
Cierre de zanjas												
Restauración												
<b>OBRA ELÉCTRICA</b>												
Acopio												
Tendido												
Conexiónado												
<b>MONTAJE PARQUE</b>												
Montaje												
Conexiónado eléctrico												
Acabado final												
<b>CENTRO DE SECCIONAMIENTO</b>												
Obra civil												
Acopio de materiales												
Montaje electro mecánico												
Puesta en marcha												
<b>TENSION DISPONIBLE</b>												
<b>PUESTA EN MARCHA Y PRUEBAS</b>												
Puesta en marcha												
Fase de pruebas												
<b>FUNCIONAMIENTO COMERCIAL DEL PARQUE</b>												

## 11. CONCLUSIÓN

Con el presente proyecto, se entiende haber descrito adecuadamente las diferentes instalaciones del Parque Fotovoltaico EL BARCIAL y sus infraestructuras de evacuación, sin perjuicio de cualquier otra ampliación o aclaración que las autoridades competentes consideren oportunas.



Zaragoza, octubre 2020  
Fdo. Pedro Machín Iturria  
Ingeniero Industrial  
Colegiado Nº 2.474  
COIAR



---

# PROYECTO ADMINISTRATIVO

## PFV EL BARCIAL 3 MW / 3,6 MWp

### Y SUS INFRAESTRUCTURAS DE EVACUACIÓN

#### DOCUMENTO 2: ANEJOS

Término Municipal Zuera (Zaragoza)

---



*En Zaragoza, octubre de 2020*

## ÍNDICE ANEJOS

- **ANEJO 1: Coordenadas de los límites del parque fotovoltaico y de la línea subterránea de evacuación**
- **ANEJO 2: Relación de bienes y derechos afectados**
- **ANEJO 3: Cálculos de producción de energía**
- **ANEJO 4: Cálculos eléctricos**
- **ANEJO 5: Cálculo de sombras**
- **ANEJO 6: Desmantelamiento del PFV y restitución de las condiciones iniciales**
- **ANEJO 7: Gestión de residuos**
- **ANEJO 8: Hojas de características**



# **ANEJO 1**

## **Coordenadas de los límites del parque fotovoltaico y de sus infraestructuras de evacuación**

**PFV EL BARCIAL 3 MW / 3,6 MWp  
Y SUS INFRAESTRUCTURAS DE EVACUACIÓN  
ANEJO 1**



<b>Coordenadas UTM ETRS 89 30N VALLADO PFV</b>		
<b>Vértice</b>	<b>X<sub>UTM</sub></b>	<b>Y<sub>UTM</sub></b>
1	690.563	4.646.901
2	690.266	4.646.901
3	690.266	4.646.872
4	690.339	4.646.546

<b>Coordenadas UTM ETRS 89 30N CENTRO DE SECCIONAMIENTO</b>		
<b>Vértice</b>	<b>X<sub>UTM</sub></b>	<b>Y<sub>UTM</sub></b>
1	690.261	4.646.884
2	690.264	4.646.884
3	690.264	4.646.877
4	690.261	4.646.877

<b>Coordenadas UTM ETRS 89 30N LSMT CT PFV EL BARCIAL - CS</b>	
<b>X<sub>UTM</sub></b>	<b>Y<sub>UTM</sub></b>
690.475	4.646.732
690.475	4.646.734
690.471	4.646.734
690.341	4.646.734
690.308	4.646.734
690.275	4.646.880
690.261	4.646.880

<b>Coordenadas UTM ETRS 89 30N LSMT CS – PTO. CONEXIÓN</b>	
<b>X<sub>UTM</sub></b>	<b>Y<sub>UTM</sub></b>
690.210	4.646.903
690.210	4.646.902
690.217	4.646.902
690.221	4.646.902
690.228	4.646.902
690.235	4.646.901
690.243	4.646.900
690.249	4.646.896
690.253	4.646.891



## **ANEJO 2**

### **Relación de Bienes y Derechos Afectados**

PFV EL BARCIAL 3 MW / 3,6 MWp  
Y SUS INFRAESTRUCTURAS DE EVACUACIÓN  
ANEJO 2



TM	Pol.	Parc.	Afección
Zuera	10	140	PFV, LSMT, Centro Secto.
Zuera	10	141	PFV
Zuera	10	142	PFV
Zuera	10	143	PFV
Zuera	10	144	PFV
Zuera	10	149	PFV, LSMT



# ANEJO 3

## Cálculos de producción de energía



## ÍNDICE

1. RADIACIÓN SOLAR DE LA UBICACIÓN .....	2
2. CÁLCULO DE LA ENERGÍA GENERADA .....	2
3. ENERGÍA PRODUCIDA PFV (ESTUDIO PVSYST).....	5

## 1. RADIACIÓN SOLAR DE LA UBICACIÓN

Los datos de radiación solar de la ubicación donde se encuentra el parque fotovoltaico fueron obtenidos mediante la base de datos PFGIS [1] se muestran en la Tabla 1 a continuación.

Tabla 1: Datos radiación solar PFV EL BARCIAL (41,95° N, -0,70° W)

	<b>GlobHor</b> kWh/m <sup>2</sup>	<b>DiffHor</b> kWh/m <sup>2</sup>	<b>T_Amb</b> °C
<b>Enero</b>	59.5	27.38	6.00
<b>Febrero</b>	86.2	32.77	6.00
<b>Marzo</b>	145.1	58.03	9.90
<b>Abril</b>	164.7	59.29	13.60
<b>Mayo</b>	205.8	69.99	17.00
<b>Junio</b>	221.1	66.33	21.60
<b>Julio</b>	236.8	59.21	24.50
<b>Agosto</b>	204.9	57.37	24.60
<b>Septiembre</b>	153.0	48.96	20.60
<b>Octubre</b>	110.1	44.02	16.00
<b>Noviembre</b>	67.8	28.48	10.20
<b>Diciembre</b>	52.7	24.24	6.59
<b>Año</b>	1707.8	576.07	14.77

GlobHor: Irradiación global horizontal

DiffHor: Irradiación difusa horizontal

T\_Amb: Temperatura ambiente

## 2. CÁLCULO DE LA ENERGÍA GENERADA

Mediante el software PVSyst [2] y los datos de radiación solar en el emplazamiento del proyecto obtenidos de la base de datos PFGIS se ha calculado la producción del parque.

Para calcular el rendimiento de la instalación se tienen en cuenta las siguientes pérdidas:

- **Pérdidas por sombreado**

En muchas ocasiones es inevitable la presencia de sombras en determinadas horas del día sobre el generador fotovoltaico, esto conduce a unas determinadas pérdidas energéticas causadas por la disminución de la captación de irradiación solar y por los posibles efectos de mismatch a las que puedan dar lugar.

- **Pérdidas por polvo y suciedad**

Tiene su origen en la disminución de la potencia de un generador fotovoltaico por la deposición de polvo y suciedad en la superficie de los módulos. Cabría destacar dos aspectos, por un lado, la presencia de una suciedad uniforme da lugar a una disminución de la corriente y tensión entregada por el módulo, y por otro lado, la presencia de suciedades localizadas (como puede ser el caso de excrementos de aves) da lugar a un aumento de las pérdidas de mismatch y a las pérdidas por formación de puntos calientes.

- **Pérdidas por mismatch, acoplamiento**

Son pérdidas energéticas originadas por la conexión de módulos fotovoltaicos de potencias ligeramente diferentes para formar un generador fotovoltaico. Esto tiene su origen en que si conectamos dos módulos en serie con diferentes corrientes, el módulo de menor corriente limitara la corriente de la serie. Resultando la potencia de un generador fotovoltaico menor a la suma de las potencias de cada uno de los módulos fotovoltaicos que la componen, estas pérdidas se reducirán mediante una instalación ordenada en potencia (o en corrientes en el punto de máxima potencia) de los módulos fotovoltaicos, así como la utilización de diodos de bypass, por lo que se toman como el valor mínimo 1%.

- **Pérdidas Óhmicas C.C. y C.A.**

Tanto en la parte continua como en la parte de alterna de una instalación fotovoltaica se producen pérdidas energéticas originadas por el denominado efecto Joule que se produce siempre que circula corriente por un conductor de un material y sección determinados y son proporcionales al cuadrado de la intensidad.

- **Rendimiento del inversor DC/AC**

El inversor fotovoltaico se puede caracterizar por su curva de rendimiento en función de la potencia de operación. Es importante seleccionar un inversor de alto rendimiento en condiciones nominales de operación y también es importante una selección adecuada de la potencia del inversor en función de la potencia del generador fotovoltaico.

- **Pérdidas Transformador BT/MT**

Son las pérdidas propias del transformador de media tensión.

- **Pérdidas por temperatura**

Cuando se da el valor de potencia nominal de un panel, este se refiere a las condiciones estándar de medida CEM, en las que la temperatura de la célula es 25°C. Pero la temperatura de operación de los módulos depende de los factores

ambientales de irradiación, temperatura ambiente, el tipo de célula y encapsulado, velocidad del viento y de la refrigeración (aireación) de los módulos por la parte posterior. Las pérdidas por temperatura dependen de la diferencia de temperatura en los módulos y los 25°C de las CEM, y del viento. El módulo presenta una potencia menor cuanto mayor es la temperatura de operación.

La energía total producida es de **6.990 MWh/año**. El Performance Ratio (P.R) del parque fotovoltaico es **82,91 %**. Éstos y otros datos relacionados con la producción del parque fotovoltaico se resumen en la Tabla 2.

Tabla 2: Energía generada por el PFV

Energía generada PFV EL BARCIAL	
Estimación de la energía eléctrica producida anual	6.990 MWh/año
Producción específica	1.939 kWh/kWp/año
Horas solares equivalentes	2.330 kWh/kW/año
Performance ratio	82,91 %

## Bibliografía

- [1] Institute for Energy and Transport (IET), "JRC's Directorate C, Energy, Transport and Climate - PVGIS - European Commission." [Online]. Available: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>. [Accessed: 08-Mar-2018].
- [2] PVSYST SA, "PVSYST: Photovoltaic software." [Online]. Available: <http://www.pvsyst.com/en/>.

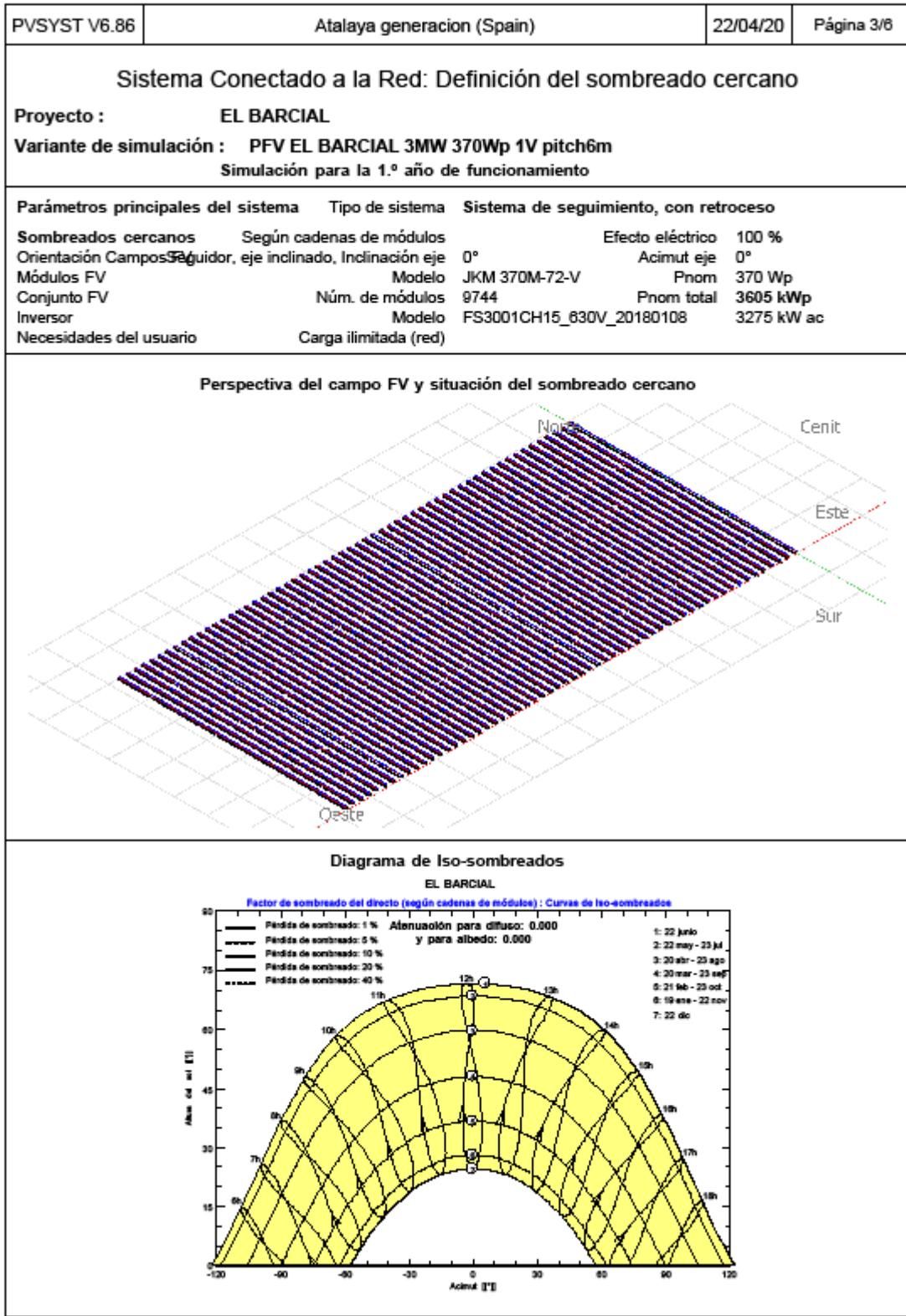
### 3. ENERGÍA PRODUCIDA PFV (ESTUDIO PVSYST)

PVSYST V6.86	Atalaya generacion (Spain)		22/04/20	Página 1/8
<b>Sistema Conectado a la Red: Parámetros de la simulación</b>				
<b>Proyecto :</b>	<b>EL BARCIAL</b>			
<b>Sitio geográfico</b>	<b>EL BARCIAL_ZARAGOZA</b>	<b>País</b>	<b>España</b>	
<b>Ubicación</b>	<b>Latitud</b>	41.95° N	<b>Longitud</b>	-0.70° W
<b>Tiempo definido como</b>	<b>Hora Legal</b>	Huso horario UT	<b>Altitud</b>	378 m
	<b>Albedo</b>	0.20		
<b>Datos meteorológicos:</b>	<b>EL BARCIAL_ZARAGOZA</b>	PVGIS CM SAF, satélite 1998-2011 - Sintético		
<b>Variante de simulación :</b>	<b>PFV EL BARCIAL 3MW 370Wp 1V pitch6m</b>			
	<b>Fecha de simulación</b>	22/04/20 13h58		
	<b>Simulación para la</b>	1.º año de funcionamiento		
<b>Parámetros de la simulación</b>	<b>Tipo de sistema</b>	<b>Sistema de seguimiento, con retroceso</b>		
<b>Plano de seguimiento, eje inclinado</b>	<b>Inclinación eje</b>	0°	<b>Acimut eje</b>	0°
<b>Límites de rotación</b>	<b>Fi mínimo</b>	-80°	<b>Fi máximo</b>	80°
	<b>Tracking algorithm</b>	Astronomic calculation		
<b>Estrategia "Retroceso"</b>	<b>Núm. de heliostatos</b>	348 conjuntos en cobertizo idénticos		
	<b>Separación heliostatos</b>	8.00 m	<b>Ancho receptor</b>	1.98 m
<b>Ángulo límite del retroceso</b>	<b>Límites de fi</b>	-75 / 75 ocupación del suelo (GCR) 32.9 %		
<b>Modelos empleados</b>	<b>Transposición</b>	Perez	<b>Difuso</b>	Perez, Meteonorm
<b>Horizonte</b>	Sin horizonte			
<b>Sombreados cercanos</b>	<b>Según cadenas de módulos</b>		<b>Efecto eléctrico</b>	100 %
<b>Necesidades del usuario :</b>	<b>Carga ilimitada (red)</b>			
<b>Limitación de potencia de red</b>	<b>Active Power</b>	3000 kW	<b>Relación Pnom</b>	1.202
<b>Características del conjunto FV</b>				
<b>Módulo FV</b>	<b>Si-mono</b>	<b>Modelo</b>	<b>JKM 370M-72-V</b>	
<b>Base de datos PVSyst original</b>		<b>Fabricante</b>	Jinkosolar	
<b>Número de módulos FV</b>		<b>En serie</b>	28 módulos	<b>En paralelo</b> 348 cadenas
<b>Núm. total de módulos FV</b>		<b>Núm. módulos</b>	9744	<b>Pnom unitaria</b> 370 Wp
<b>Potencia global del conjunto</b>		<b>Nominal (STC)</b>	3605 kWp	<b>En cond. de funciona.</b> 3289 kWp (50°C)
<b>Caract. funcionamiento del conjunto (50°C)</b>		<b>U mpp</b>	1023 V	<b>I mpp</b> 3196 A
<b>Superficie total</b>		<b>Superficie módulos</b>	18907 m²	<b>Superficie célula</b> 16852 m²
<b>Inversor</b>		<b>Modelo</b>	<b>FS3001CH15_630V_20180108</b>	
<b>Parámetros definidos por el usuario</b>		<b>Fabricante</b>	Power Electronics	
<b>Características</b>		<b>Voltaje de funcionam.</b>	891-1310 V	<b>Pnom unitaria</b> 3275 kWac
<b>Paquete de inversores</b>		<b>Núm. de inversores</b>	1 unidades	<b>Potencia total</b> 3275 kWac
				<b>Relación Pnom</b> 1.10
<b>Factores de pérdida del conjunto FV</b>				
<b>Suciedad del conjunto</b>			<b>Fracción de pérdidas</b>	2.5 %
<b>Factor de pérdidas térmicas</b>		<b>Uc (const)</b>	29.0 W/m²K	<b>Uv (viento)</b> 0.0 W/m²K / m/s
<b>Pérdida óhmica en el Cableado</b>		<b>Res. global conjunto</b>	5.4 mOhm	<b>Fracción de pérdidas</b> 1.5 % en STC
<b>Pérdida Diodos en Serie</b>		<b>Caída de voltaje</b>	0.7 V	<b>Fracción de pérdidas</b> 0.1 % en STC

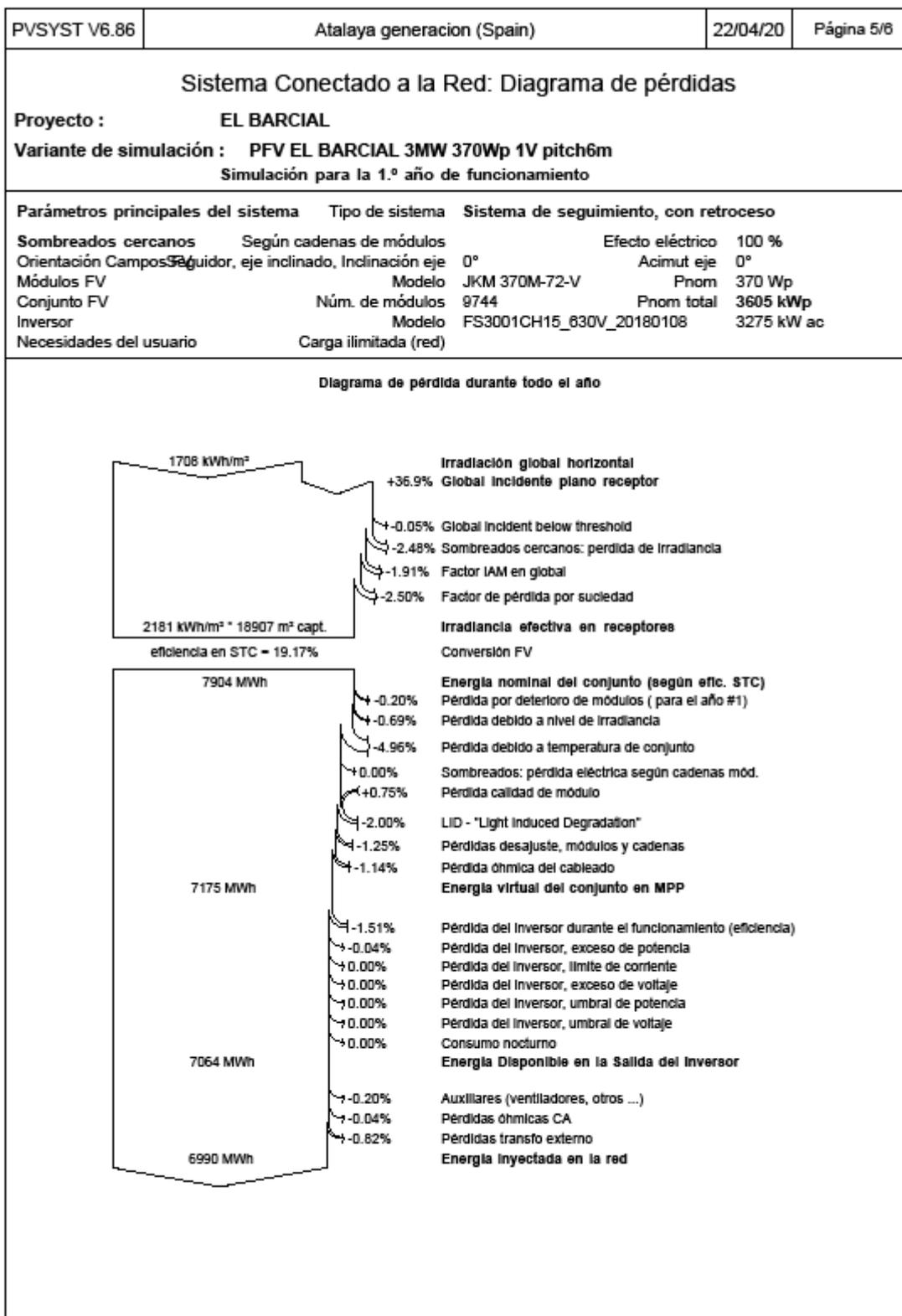
PVSYST V6.86	Atalaya generacion (Spain)		22/04/20	Página 2/6
<b>Sistema Conectado a la Red: Parámetros de la simulación</b>				
LID - "Light Induced Degradation"		Fracción de pérdidas	2.0 %	
Pérdida Calidad Módulo		Fracción de pérdidas	-0.8 %	
Pérdidas de "desajuste" Módulos		Fracción de pérdidas	1.0 % en MPP	
Pérdidas de "desajuste" cadenas		Fracción de pérdidas	0.30 %	
Deterioro promedio de los módulos	Año núm. 1	Factor de pérdidas	0.4 %/año	
Desajuste debido al deterioro	Dispersión RMS sobre Imp 0.4 %/año	Dispersión RMS sobre Vmp	0.4 %/año	
Efecto de incidencia, parametrización ASHRAE	IAM = 1 - bo (1/cos i - 1)	Parám. bo	0.05	
<b>Factores de pérdida del sistema</b>				
Pérdida CA entre transfo e inversor	Voltaje de Red 15 kV			
	Conductores: 3x150.0 mm <sup>2</sup>	300 m	Fracción de pérdidas	0.1 % en STC
Transformador externo	Pérdida fierro (Descon. nocturna)	3569 W	Fracción de pérdidas	0.1 % en STC
	Pérdidas Resistivas/Inductivas	630.4 mOhm	Fracción de pérdidas	1.0 % en STC
<b>Pérdidas auxiliares</b>	Proporcional a la potencia	2.0 W/kW. del umbral de potencia		0.0 kW

PVsynt Licensed to Atalaya generacion (Spain)

Traducción sin garantía. Sólo el texto inglés está garantizado.



PVSYST V6.86	Atalaya generacion (Spain)	22/04/20	Página 4/6					
<b>Sistema Conectado a la Red: Resultados principales</b>								
<b>Proyecto :</b> EL BARCIAL <b>Variante de simulación :</b> PFV EL BARCIAL 3MW 370Wp 1V pitch6m Simulación para la 1.º año de funcionamiento								
<b>Parámetros principales del sistema</b>		<b>Tipo de sistema</b>						
<b>Sombreados cercanos</b>		Según cadenas de módulos						
<b>Orientación Campos Sol</b>		Según seguidor, eje inclinado, Inclinación eje						
<b>Módulos FV</b>		Modelo JKM 370M-72-V						
<b>Conjunto FV</b>		Núm. de módulos 9744						
<b>Inversor</b>		Modelo FS3001CH15_630V_20180108						
<b>Necesidades del usuario</b>		Carga ilimitada (red)						
<b>Parámetros principales del sistema</b>		<b>Sistema de seguimiento, con retroceso</b>						
		Efecto eléctrico 100 %						
		Acimut eje 0°						
		Pnom 370 Wp						
		Pnom total 3605 kWp						
		3275 kW ac						
<b>Resultados principales de la simulación</b>								
<b>Producción del sistema</b>		Energía producida 6990 MWh/año						
		Produc. específica 1939 kWh/kWp/año						
		Índice de rendimiento (PR) 82.91 %						
Producciones normalizadas (por kWp instalado): Potencia nominal 3606 kWp								
<p>                     L1: FV: Energía colectada (conjunto FV) 0.90 kWh/kWp/día                      L2: FV: FV: Energía sistema (Inversor, ...) 0.14 kWh/kWp/día                      Y1: Energía útil producida (salida Inversor) 0.31 kWh/kWp/día                 </p>		<p>PR : Índice de rendimiento (YPR) : 0.829</p>						
<b>PFV EL BARCIAL 3MW 370Wp 1V pitch6m</b>								
<b>Balances y resultados principales</b>								
	<b>GlobHor</b>	<b>DiffHor</b>	<b>T_Amb</b>	<b>GlobInc</b>	<b>GlobEff</b>	<b>EArray</b>	<b>E_Grid</b>	<b>PR</b>
	kWh/m²	kWh/m²	°C	kWh/m²	kWh/m²	MWh	MWh	
<b>Enero</b>	59.5	27.38	6.00	82.7	75.0	264.0	257.7	0.864
<b>Febrero</b>	86.2	32.77	6.00	120.6	111.1	389.3	379.8	0.873
<b>Marzo</b>	145.1	58.03	9.90	195.7	181.5	619.3	603.6	0.856
<b>Abril</b>	164.7	59.29	13.60	222.1	207.6	691.4	673.5	0.841
<b>Mayo</b>	205.8	69.99	17.00	277.9	260.6	853.2	831.0	0.829
<b>Junio</b>	221.1	66.33	21.60	298.9	281.2	901.0	877.7	0.814
<b>Julio</b>	236.8	59.21	24.50	326.4	307.9	970.2	945.0	0.803
<b>Agosto</b>	204.9	57.37	24.60	283.8	266.8	844.9	823.0	0.804
<b>Septiembre</b>	153.0	48.96	20.60	213.0	199.0	645.7	629.2	0.819
<b>Octubre</b>	110.1	44.02	16.00	151.1	139.4	467.2	455.6	0.836
<b>Noviembre</b>	67.8	28.48	10.20	93.7	85.5	295.2	287.9	0.852
<b>Diciembre</b>	52.7	24.24	6.59	72.6	65.6	231.1	225.6	0.862
<b>Año</b>	1707.8	576.07	14.77	2338.5	2181.0	7172.4	6989.6	0.829
Leyendas: GlobHor Irradiación global horizontal DiffHor Irradiación difusa horizontal T_Amb T amb. GlobInc Global incidente plano receptor		GlobEff Global efectivo, corr. para IAM y sombreados EArray Energía efectiva en la salida del conjunto E_Grid Energía inyectada en la red PR Índice de rendimiento						



PVsynt Licensed to Atalaya generacion (Spain)

Traducción sin garantía. Sólo el texto inglés está garantizado.





# ANEJO 4

## Cálculos eléctricos

## ÍNDICE

1.	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.....	2
2.	CÁLCULO DE MÓDULOS EN SERIE Y NÚMERO DE RAMAS .....	5
3.	CÁLCULO DE BAJA TENSIÓN EN CORRIENTE CONTINUA .....	7
3.1.	TRAMO RAMAS – CSP .....	7
3.1.1.	CÁLCULO DE LOS CONDUCTORES.....	7
3.1.2.	CÁLCULOS DE LAS PROTECCIONES .....	11
3.1.3.	CONDUCTORES Y PROTECCIONES SELECCIONADOS .....	11
3.2.	TRAMO CSP – INVERSOR .....	11
3.2.1.	CÁLCULO DE LOS CONDUCTORES.....	12
3.2.2.	CÁLCULO DE LAS PROTECCIONES .....	14
3.2.3.	CONDUCTORES Y PROTECCIONES SELECCIONADOS .....	15
4.	CÁLCULOS DE MEDIA TENSIÓN.....	16
4.1.	LÍNEA SUBTERRÁNEA 15 kV PFV EL BARCIAL – CENTRO DE SECCIONAMIENTO .....	16
4.1.1.	CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN.....	16
4.1.2.	CAPACIDAD DE TRANSPORTE .....	17
4.1.3.	CÁLCULO DE CONDUCTORES.....	18
4.2.	LÍNEA SUBTERRÁNEA 15 kV CENTRO DE SECCIONAMIENTO – PUNTO DE CONEXIÓN 27	
4.2.1.	CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN.....	27
4.2.2.	CAPACIDAD DE TRANSPORTE .....	28
	Bibliografía.....	30

## 1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

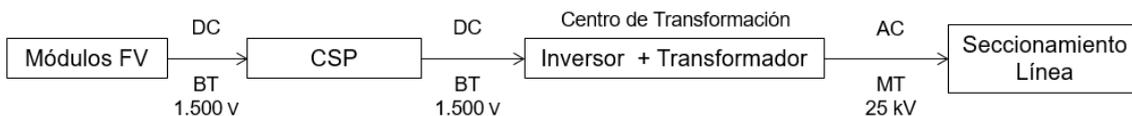


Ilustración 1. Esquema general de conexión del PFV

Tabla 1: Características del módulo fotovoltaico. Fuente: JinkoSolar

JINKO SOLAR modelo Eagle PERC JKM370M-72-V				
$P_{max}$	370	W	$V_{mp} (-10^{\circ}C)$	43,95 V
$V_{mp}$	39,9	V	$V_{mp} (70^{\circ}C)$	34,69 V
$I_{mp}$	9,28	A	$V_{oc} (-10^{\circ}C)$	53,42 V
$V_{oc}$	48,5	V	$V_{oc} (70^{\circ}C)$	42,17 V
$I_{sc}$	9,61	A	$I_{sc} (70^{\circ}C)$	9,818 A
Eficiencia	19,07	%		
$V_{max}$ sistema	1.500	V		
Coeficiente de T para $P_{mp}$	-0,37	%/°C		
Coeficiente de T para $V_{oc}$	-0,28	%/°C		
Coeficiente de T para $I_{sc}$	0,048	%/°C		
Largo	1.956	mm		
Ancho	992	mm		
Alto	40	mm		
Área	1,940	m <sup>2</sup>		
Tamaño de conductor	12 / 4	AWG /mm <sup>2</sup>		
Peso del módulo	22,5	kg		

Datos proporcionados para condiciones estándar (STC): 1000W/m<sup>2</sup>, 25°C, AM1,5

Tabla 2: Especificaciones técnicas de la caja de seccionamiento y protección

Modelo: String combiner SMA		
Entrada	Voltaje de entrada nominal	< 1.500 V <sub>DC</sub>
	Corriente de entrada nominal por entrada	13,75 A
	Número de entradas	24
Salida	Voltaje de salida nominal	<1.500 V <sub>DC</sub>
	Máxima corriente de salida	330 A
	Número de salidas	1/2
	Diámetro de cable de salida	De 70 a 400 mm <sup>2</sup>

Tabla 3: Especificaciones técnicas de la Power Station. Fuente: Power Electronics

Características técnicas MV SKID		
Equipamiento de media tensión	Potencia nominal <sup>(1)</sup>	2220 kVA - 3800 kVA
	Rango de voltaje de MT	11 - 34,5 kV
	Rango de voltaje de BT	400 - 690 V
	Tipo de tanque	Sellado de aceite
	Refrigeración	ONAN (opcional KNAN)
	Grupo vector	Dy11
	Protección del trafo.	DGPT-2 (PT100 opcional)
	Tanque de aceite	Integrado con válvula y filtro
	Tipo de protección del trafo	IP54
	Configuración de la aparamenta	Alimentador individual o doble
	Protección de la aparamenta <sup>(1)</sup>	Fusibles (2p) / Disruptor automático (2V)
	Conexiones	Conexión inversor AC
Protección BT		Disruptor incluido en el inversor
Cableado AC MT		Precableado entre el trafo y las protecciones
Condiciones ambientales	Rango de temperatura ambiente	-20°C - +50°C (t>50°C pérdida de potencia)
	Rango de temperatura extendida <sup>(2) (3)</sup>	-35°C - +50°C (t>50°C pérdida de potencia)
	Altitud máxima	< 2000 m
	Humedad relativa	De 4% a 95% sin condensación
Características mecánicas	Dimensiones <sup>(1)</sup>	5640x2340x2235
	Peso <sup>(1)</sup>	< 21 Tfs
	Material del tanque de aceite	Acero galvanizado
	Material del SKID	Acero galvanizado
	Tipo de cabina	Al aire libre
	Protección anti-roedores	Sí
Servicios auxiliares	Potencia nominal (voltaje)	30 kVA / 40 kVA / 50 kVA (3 x 400V)
Panel eléctrico	Refrigeración	Aire
	Protección	Disruptor
	Tipo de cabina	Al aire libre

**PFV EL BARCIAL 3 MW / 3,6 MWp  
Y SUS INFRAESTRUCTURAS DE EVACUACIÓN  
ANEJO 4**



*Tabla 4: Especificaciones técnicas del inversor. Fuente: Power Electronics*

**TECHNICAL INFORMATION**

Voltage rating	1500 Vdc
Maximum number of inputs	Frame 1: 16 inputs Frame 2: 32 inputs
Maximum DC continuous current	3745 A
Maximum DC short circuit current	5450 A
Maximum fuse size per input	400 A
Max. positive and negative input wire size	2 x 750 kcmil - 380 mm <sup>2</sup> (Check Installation Manual for further information)
Terminals	2 holes - 1.75" hole spacing
String configuration	Floating array / Possitive or negative pole grounded
Floating array protection	Insulation monitoring device
Grounded array protection	GFDI / GFDI + Insulation monitoring device (NEC 2014) optional
Operating temperature	-35°C to 60°C
Zone monitoring	Optional (Voltage and current monitoring)
DC disconnect	400 A DC contactor
Input disable capability	2 push buttons in Frame 1 4 push buttons in Frame 2 Other configurations optional
Fuse mounting	Up to 32 x Busbar bolted
Cooling	Forced air cooling, temperature controlled
Heating	Heating resistor
Type	IEC / UL

*Tabla 5: Especificaciones técnicas del FS3001CH15. Fuente: Power Electronics*

**TECHNICAL CHARACTERISTICS**

**HEC V1500 - 630V**

	FRAME 1	FRAME 2	FRAME 3	FRAME 4	FRAME 5
<b>NUMBER OF MODULES</b>	3	4	5	6	7
<b>REFERENCE</b>	FS1270CH15	FS1695CH15	FS2120CH15	FS2540CH15	FS3001CH15
<b>OUTPUT</b>					
AC Output Power (kVA/kW) @50°C <sup>PI</sup>	1180	1570	1965	2360	2750
AC Output Power (kVA/kW) @40°C <sup>PI</sup>	1270	1695	2120	2540	3000
AC Output Power (kVA/kW) @25°C <sup>PI</sup>	1400	1870	2340	2800	3275
Max. AC Output Current (A) @50°C	1080	1440	1800	2160	2520
Max. AC Output Current (A) @40°C	1165	1550	1940	2330	2715
Max. AC Output Current (A) @25°C	1285	1710	2140	2570	3000
Operating Grid Voltage (VAC)	630V ±10%				
Operating Grid Frequency (Hz)	50Hz/60Hz				
Current Harmonic Distortion (THDI)	< 3% per IEEE519				
Power Factor (cosine phi) <sup>PI</sup>	0.0 leading ... 0.0 lagging / Reactive Power injection at night				
Power Curtailment	0...100% / 0.1% Steps				
<b>INPUT</b>					
MPPPT @full power (VDC)	@50°C 891V-1310V / @40°C 891V-1285V / @25°C 891V-1250V				
Maximum DC voltage	1500V				
Max. DC continuous current (A)	1600	2140	2675	3210	3745
Max. DC short circuit current (A)	2320	3100	3880	4650	5450
<b>EFFICIENCY &amp; AUXILIARY SUPPLY</b>					
Efficiency (Max) (η) Preliminary	98.6%				
Euroeta (η) Preliminary	98.6%				
Max. Standby Consumption (Pnight)	< approx. 50W/per module				
Control Power Supply	400V / 230VAC-6kVA power supply available for external equipment (optional)				
<b>CABINET</b>					
Dimensions [WxDxH] [mm]	3038x945x2198	3751x945x2198	4464x945x2198	5177x945x2198	5890x945x2198
Weight (kg)	2635	3290	3945	4600	5255
Air Flow	Bottom intake. Exhaust top rear vent.				
Type of ventilation	Forced air cooling				
<b>ENVIRONMENT</b>					
Degree of protection	IP54				
Permissible Ambient Temperature	-35°C <sup>PI</sup> to +60°C / Power derating >40°C				
Relative Humidity	0% to 100% non condensing				
Max. Altitude (above sea level)	2000m / >2000m power derating (Max. 4000m)				
Noise level <sup>PI</sup>	< 79 dBA				
<b>CONTROL INTERFACE</b>					
Interface	Graphic Display (inside cabinet) / Optional Freesun App				
Communication protocol	Modbus TCP				
Power Plant Controller	Optional				
Keyed ON/OFF switch	Standard				
Digital I/O	User configurable				
Analog I/O	User configurable				
<b>PROTECTIONS</b>					
Ground Fault Protection	Floating PV array: Isolation Monitoring per MPP Grounded PV Array: GFDI protection Optional PV Array transfer kit: GFDI and Isolation monitoring device				
Humidity control	Active Heating				
General AC Protection & Disconn.	Circuit Breaker				
General DC Protection & Disconn.	External Disconnecting Unit Cabinet				
Module AC Protection & Disconn.	AC contactor & fuses				
Module DC Protection	DC fuses				
Overvoltage Protection	AC and DC protection (type 2)				
<b>CERTIFICATIONS</b>					
Safety	IEC62109-1, IEC62109-2				

## 2. CÁLCULO DE MÓDULOS EN SERIE Y NÚMERO DE RAMAS

Para elegir el número de módulos fotovoltaicos en serie debe tenerse en cuenta que la tensión no supere en ningún caso el rango de tensión de entrada del inversor. Además, el número de ramas que entran al inversor debe elegirse de modo que la corriente máxima de entrada no se supere excesivamente, pues de lo contrario el inversor puede detener su funcionamiento.

Teniendo en cuenta el coeficiente de temperatura para la tensión de circuito abierto ( $\alpha$ ) y el coeficiente de temperatura para corriente de cortocircuito ( $\beta$ ) de los módulos fotovoltaicos (ver Tabla 1) y las características técnicas del inversor, se calcula a continuación la configuración de ramas en serie y en paralelo para que se verifiquen las siguientes condiciones [1]:

- Los dos valores extremos del voltaje MP (máxima potencia) se deben de ajustar al rango de tensión MP del inversor.
- El máximo voltaje MP de los módulos fotovoltaicos se dará cuando estos alcancen la mínima temperatura que para la ubicación de la instalación se tomara a  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  [ $V_{MP}(-10^{\circ}\text{C}) = 43,95$ ]. Este valor debe de estar por debajo del límite superior de tensión MP del inversor:  $V_{\max MP} = 1.310 V_{DC}$ .

$$V_{MP} \text{ módulos } (-10\text{ }^{\circ}\text{C}) = 28 \times 43,95 = 1.230,60 V_{DC} < 1.310 V_{DC}$$

**La condición de límite superior se cumple.**

- El mínimo voltaje MP se registra a aproximadamente  $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ , en verano con los módulos calientes, tomando esta temperatura como la máxima que alcanzarán los módulos [ $V_{MP}(70^{\circ}\text{C}) = 34,69$ ]. Este mínimo voltaje MP de los módulos a  $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$  debe de estar por encima del límite inferior de tensión MP del inversor:  $V_{\min MP} = 913 V_{DC}$ .

$$V_{MP} \text{ módulos } (70\text{ }^{\circ}\text{C}) = 28 \times 34,69 = 971,32 V_{DC} > 913 V_{DC}$$

**La condición de límite inferior también se cumple.**

- La tensión de circuito abierto  $V_{OC}$  en condiciones extremas de temperatura [ $V_{OC}$  a  $-10\text{ }^{\circ}\text{C} = 53,42\text{ V}$ ] debe de estar por debajo de la máxima tensión admisible del inversor:  $V_{\max} = 1.500 V_{DC}$ .

$$V_{OC} \text{ módulos } (-10\text{ }^{\circ}\text{C}) = 28 \times 53,42 = 1.495,76 V_{DC} < 1.500 V_{DC}$$

**La condición de tensión de circuito abierto también se cumple.**

- e) La corriente máxima de cortocircuito que entregan los módulos se dará cuando la temperatura sea la máxima en la instalación, la cual se toma en +70 °C, esta deberá ser inferior a la corriente máxima de entrada del inversor:  $I_{\max DC} = 3.745 \text{ A}$ .

$$I_{sc}(70 \text{ }^\circ\text{C}) = I_{sc}(\text{STC}) \times [1 + \Delta T(\alpha / 100)]$$

donde:

- $T_c$ = Temperatura célula
- $\Delta T = T_c - 25 = 70 - 25 = 45 \text{ }^\circ\text{C}$
- $I_{sc}(T_c)$ = Intensidad de cortocircuito a la temperatura de la célula.
- $I_{sc}(\text{CEM})$ = Intensidad de cortocircuito en condiciones estándar.
- $\alpha$ = coeficiente de temperatura para  $I_{sc}$

$$I_{sc}(T_m) = I_{sc}(\text{STC}) \times [1 + \Delta T(\alpha / 100)] = 9,61 \times [1 + 45(0,048/100)] = 9,817 \text{ A}$$

Al inversor le llegan 9.744 módulos (28 módulos en serie x 348 en paralelo). Por lo tanto:

$$I_{sc}(70 \text{ }^\circ\text{C}) = 9,817 \times 348 = 3.416,32 < 3.745 \text{ A}$$

**La condición de corriente de cortocircuito se cumple.**

Con los resultados anteriores, la distribución de módulos en serie y número de ramas por inversor queda como se describe en la Tabla 6.

Tabla 6: Distribución de módulos fotovoltaicos

	Bloque CSP		PFV EL BARCIAL
	Tipo A	Tipo B	
Módulos 370 Wp	672	336	9.744
Configuración (serie x paralelo)	28 x 24	28 x 12	14 x (28 x 24) + 1 x (28 x 12)
Pot. pico (kWp)	248,64	124,32	3.605,28

La distribución de módulos en serie y paralelo de los dos tipos de bloques CSP puede verse en el Documento planos.

### 3. CÁLCULO DE BAJA TENSIÓN EN CORRIENTE CONTINUA

El circuito de corriente continua comprende el cableado entre los módulos fotovoltaicos hasta la entrada del inversor. Debido a que el inversor solo admite cierto número de entradas (24 en el inversor seleccionado), se formarán agrupaciones de ramas mediante unas cajas de conexión llamadas cajas de seccionamiento y protección (CSP).

Para la formación de las ramas o series, se unen los módulos con su propio cable de serie. Los mismos módulos fotovoltaicos les protegerán de los rayos directos del sol. Posteriormente se lleva cada rama mediante dos conductores aislados tipo solar hacia las CSP. Existen dos configuraciones de bloques que se conectan a las CSP:

- Bloque CSP Tipo A: 672 módulos agrupados en 24 ramas de 28 módulos cada una.
- Bloque CSP Tipo B: 336 módulos agrupados en 12 ramas de 28 módulos cada una.

El tramo entre cada CSP y el bloque inversor estará formado por conductores aislados de aluminio. Se realizarán zanjas por donde irán enterradas las tuberías que llevarán los conductores que unan las CSP con el centro de transformación – edificio destinado al inversor y transformador, ver Documento planos.

El tendido de los conductores se hará con sumo cuidado, evitando la formación de cocas y torceduras, así como los roces perjudiciales y las tracciones exageradas, no dándose a los conductores curvaturas superiores a las admisibles para cada tipo. Se sellarán todos los tubos con espuma de poliuretano o similar, una vez introducidos los cables, para evitar la entrada de pequeños animales.

#### 3.1. TRAMO RAMAS – CSP

##### 3.1.1. CÁLCULO DE LOS CONDUCTORES

###### 3.1.1.1. Cálculo de la intensidad máxima admisible

Es posible que en caso de fallo se presente una retro-alimentación desde los circuitos conectados en paralelo, por ello los cables deberán estar dimensionados para soportar una intensidad superior al 125 % de la máxima intensidad del generador según indica la ITC-BT-40.

$$I_{sc}(T_c^{max}) = I_{sc}(+70^{\circ}\text{C}) = 9,8176 \text{ A}$$

$$I_{cable-string} = 1,25 \cdot I_{sc}(T_c^{max}) = 12,27 \text{ A}$$

Teniendo en cuenta el criterio de intensidad máxima admisible se propone utilizar un cable de 6 mm<sup>2</sup> XLPE Cu de sección que soporta 57 A (Fila E - cable multiconductor XLPE2 al aire libre en Tabla 7), valor superior a la intensidad que circulará.

Tabla 7: Intensidades admisibles en amperios al aire (40°C). Fuente: Prysmian "El libro blanco de la instalación. Manual técnico y práctico de cables y accesorios para baja tensión". Basado en UNE HD 60364-5-42.

TABLA C.52.1 bis  
Intensidades admisibles en amperios al aire (40 °C)

MÉTODO DE INSTALACIÓN TIPO SEGÚN TABLA 52-B2	TIPO DE AISLAMIENTO TÉRMICO (XLPE o PVC) + NÚMERO DE CONDUCTORES CARGADOS (2 o 3) (TEMPERATURA MÁXIMA DE LOS CONDUCTORES EN RÉGIMEN PERMANENTE → 70°C TIPO PVC Y 90°C TIPO XLPE)																		
	PVC3 (70 °C)	PVC2 (70 °C)	PVC3 (70 °C)	PVC2 (70 °C)	XLPE3 (90 °C)	XLPE2 (90 °C)													
A1																			
A2	PVC3 (70 °C)	PVC2 (70 °C)			XLPE3 (90 °C)	XLPE2 (90 °C)													
B1				PVC3 (70 °C)	PVC2 (70 °C)					XLPE3 (90 °C)			XLPE2 (90 °C)						
B2			PVC3 (70 °C)	PVC2 (70 °C)				XLPE3 (90 °C)	XLPE2 (90 °C)										
C						PVC3 (70 °C)			PVC2 (70 °C)			XLPE3 (90 °C)		PVC2 (90 °C)					
D1/D2*	VER SIGUIENTE TABLA																		
E								PVC3 (70 °C)				PVC2 (70 °C)		XLPE3 (90 °C)					
F									PVC3 (70 °C)			PVC2 (70 °C)	XLPE3 (90 °C)	XLPE2 (90 °C)					
Cobre	mm <sup>2</sup>	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	8a	8b	9a	9b	10a	10b	11	12	13
	1,5	11	11,5	12,5	13,5	14	14,5	15,5	16	16,5	17	17,5	19	20	20	20	21	23	25
	2,5	15	15,5	17	18	19	20	20	21	22	23	24	26	27	26	28	30	32	34
	4	20	20	22	24	25	26	28	29	30	31	32	34	36	36	38	40	44	46
	6	25	26	29	31	32	34	36	37	39	40	41	44	46	46	49	52	57	59
	10	33	36	40	43	45	46	49	52	54	54	57	60	63	65	68	72	78	82
	16	45	48	53	59	61	63	66	69	72	73	77	81	85	87	91	97	104	110
	25	59	63	69	77	80	82	86	87	91	95	100	103	108	110	115	122	135	146
	35	72	77	86	95	100	101	106	109	114	119	124	127	133	137	143	153	168	182
	50	86	94	103	116	121	122	128	133	139	145	151	155	162	167	174	188	204	220
	70	109	118	130	148	155	155	162	170	178	185	193	199	208	214	223	243	262	282
	95	131	143	156	180	188	187	196	207	216	224	234	241	252	259	271	298	320	343
	120	150	164	179	207	217	216	226	240	251	260	272	280	293	301	314	350	373	397
	150	171	188	196	224	236	247	259	276	289	299	313	322	337	343	359	401	430	458
	185	194	213	222	256	268	281	294	314	329	341	356	368	385	391	409	460	493	523
	240	227	249	258	299	315	330	345	368	385	401	419	435	455	468	489	545	583	617
	300	259	285	295	343	360	398	396	432	414	461	468	516	524	547	549	630	674	713
Aluminio	2,5	11,5	12	13	14	15	16	16,5	17	17,5	18	19	20	20	21	23	25		
	4	15	16	17	19	20	21	22	22	23	24	25	26	28	27	29	31	34	
	6	20	20	22	24	25	27	29	28	30	31	32	33	35	36	38	40	44	
	10	26	27	31	33	35	38	40	40	41	42	44	46	49	50	52	56	60	
	16	35	37	41	46	48	50	52	53	55	57	60	63	66	66	70	76	82	82
	25	46	49	54	60	63	63	66	67	70	72	75	78	81	84	88	91	98	110
	35				74	78	78	81	83	87	89	93	97	101	104	109	114	122	136
	50				90	94	95	100	101	106	108	113	118	123	127	132	140	149	167
	70				115	121	121	127	130	136	139	145	151	158	162	170	180	192	215
	95				140	146	147	154	159	166	169	177	183	192	197	206	219	233	262
	120				161	169	171	179	184	192	196	205	213	222	228	239	254	273	306
150					187	196	205	213	222	227	237	246	257	264	276	294	314	353	
185					212	222	232	243	254	259	271	281	293	301	315	337	361	406	
240					248	261	273	287	300	306	320	332	347	355	372	399	427	482	
300					285		313		331		366		400		429	462	494	558	

NOTA S: con fondo naranja figuran los valores que no se aplican en ningún caso. Los cables de aluminio no son termoplásticos (PVC2 o PVC3), ni suelen tener secciones inferiores a 16 (estos valores no son necesarios). Los valores con fondo azul no figuran en la tabla original y no es posible calcularlos con la UNE-HD 60364-5-52. Los valores con fondo amarillo no figuran en la tabla original y no es posible calcularlos con la UNE-HD 60364-5-52, por lo que se ha recurrido al método de cálculo de la última versión internacional de la norma IEC 60364-5-52, que curiosamente no ha eliminado el método de cálculo como se ha hecho en la versión UNE-HD.

### 3.1.1.2. Cálculos por criterio de máxima caída de tensión

La caída de tensión en el punto más alejado no debe sobrepasar el 1,5% según la Norma ITC-BT-40. Se calcula según las siguientes ecuaciones:

$$\Delta U(V) = \frac{2IL}{\gamma S}$$

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

Donde:

- $I$ : Intensidad máxima (A)
- $L$ : Longitud de la línea (m)
- $\gamma$ : Conductividad del cable ( $m/\Omega \cdot mm^2$ )
- $S$ : Sección del conductor ( $mm^2$ )
- $V_{rama} = N_{módulos\ serie} \cdot V_{MP}^{mod}$ : Voltaje de una rama de  $N$  módulos en serie (V)
- $\Delta U/\Delta V$ : Caída de tensión admisible (V) / (%)

La intensidad máxima de funcionamiento para cada rama es la del punto de máxima potencia de un módulo a 70 °C, al estar estos conectados en serie.

$$I_{rama} = I_{MP}(T_c^{max}) = I_{MP}(+70^\circ C) = I_{MP}(STC) \cdot \left(1 + \Delta T \cdot \frac{\alpha}{100}\right) = 9,48 A$$

Donde  $I_{MP}(STC) = 9,28 A$  (Tabla 1), y el resto de parámetros del apartado anterior ( $\Delta T = 45$ ,  $\alpha = 0,048$ ).

A continuación se multiplica esta intensidad por el número de ramas en paralelo existentes (configuración tipo A: 24 y configuración tipo B: 12) que confluyen en las CSP y que van hasta el inversor:

$$I_{CSP\_Tipo\ A} = 9,48 \cdot 24 = 227,52 A$$

$$I_{CSP\_Tipo\ B} = 9,48 \cdot 12 = 113,76 A$$

Las características de cada uno de los bloques CSP tipo utilizados se pueden observar en la Tabla 8.

Tabla 8: Características bloques tipo CSP

Características bloques CSP	Tipo A	Tipo B
Módulos fotovoltaicos 370 Wp	672	336
Módulos en serie	28	
Módulos en paralelo	24	12
Seguidor solar 1 eje para 84 módulos (2 x 42)	8	4
Cable String – C.S.P.	2 x 1 x 6 mm <sup>2</sup> ZZ-F Cu 0,9/1,8 kV	
Fusible protección ramas	16 A, 1.500 V	
C.S.P	1	
Cable C.S.P. - Inversor	2 x (2 x 240 mm <sup>2</sup> ) XZ1 Al 0,9/1,8 kV	
Potencia pico (kWp)	248,64	124,32

En la Tabla 9 se muestra la caída de tensión en el cableado de corriente continua para cada uno de los tramos desde cada rama (string) hasta la configuración de bloque de CSP más desfavorable, en la que hay 24 ramas en paralelo (configuración tipo A). Este esquema se repite para la otra CSP (tipo B), teniendo en cuenta que ésta tiene la mitad de ramas.

Hay que tener en cuenta que la caída de tensión de cada uno de los bloques CSP puede variar mínimamente debido a la orografía del terreno, por lo que en el proyecto constructivo debería ser calculada con mayor detalle.

Tabla 9: Caída de tensión desde ramas a CSP

TRAMO		Distancia (m)	Intensidad permanente (A)	Sección de conductor (mm <sup>2</sup> )	Caída de voltaje (V)	Caída de voltaje (%)
Desde	Hasta					
String 1	CSP	54,50	9,48	6	3,20	0,29
String 2	CSP	39,95	9,48	6	2,35	0,21
String 3	CSP	42,11	9,48	6	2,47	0,22
String 4	CSP	27,95	9,48	6	1,64	0,15
String 5	CSP	30,53	9,48	6	1,79	0,16
String 6	CSP	15,95	9,48	6	0,94	0,08
String 7	CSP	18,50	9,48	6	1,09	0,10
String 8	CSP	4,80	9,48	6	0,28	0,03
String 9	CSP	32,06	9,48	6	1,88	0,17
String 10	CSP	35,50	9,48	6	2,09	0,19
String 11	CSP	45,50	9,48	6	2,67	0,24
String 12	CSP	31,05	9,48	6	1,82	0,16
String 13	CSP	36,50	9,48	6	2,15	0,19
String 14	CSP	22,15	9,48	6	1,30	0,12
String 15	CSP	12,01	9,48	6	0,71	0,06
String 16	CSP	26,50	9,48	6	1,56	0,14
String 17	CSP	4,05	9,48	6	0,24	0,02
String 18	CSP	16,50	9,48	6	0,97	0,09
String 19	CSP	12,20	9,48	6	0,72	0,06
String 20	CSP	26,55	9,48	6	1,56	0,14
String 21	CSP	22,64	9,48	6	1,33	0,12
String 22	CSP	36,50	9,48	6	2,15	0,19
String 23	CSP	46,53	9,48	6	2,73	0,24
String 24	CSP	56,01	9,48	6	3,29	0,29
<b>Máxima Caída de Voltaje</b>					<b>3,29</b>	<b>0,29</b>

La caída de tensión máxima es del **0,29 %**, valor inferior al 1,5 % establecido.

### 3.1.2. CÁLCULOS DE LAS PROTECCIONES

La norma UNE-HD 60364-7-712:2017 indica que la corriente máxima del fusible de las ramas ( $I_n$ ) debe estar comprendida entre:

$$1,5 \cdot I_{sc}(STC) \leq I_n \leq 2,4 \cdot I_{sc}(STC)$$

Escogiendo un ratio de 1,5 y siendo  $I_{sc}(STC) = 9,61 A$  (ver Tabla 1), el fusible debe soportar por lo menos:

$$I_{fusible\_rama} = 1,5 \cdot 9,61 = 14,42 A$$

Con los dos datos anteriores, se propone utilizar fusibles de protección para las ramas de tipo gPV de un calibre de 16 A (1500 V), superior a los 14,42 A resultantes del cálculo anterior, lo que garantiza el corte del circuito antes de que el conductor supere la intensidad máxima admisible por el cable.

### 3.1.3. CONDUCTORES Y PROTECCIONES SELECCIONADOS

Como se puede observar, el cable propuesto por el criterio de intensidad máxima admisible también cumple con el criterio de máxima caída de tensión. Los cables y protecciones seleccionados serán los mostrados en la Tabla 10.

Tabla 10: Características del conductor de corriente continua rama – CSP

ELEMENTO	TRAMO	I <sub>max</sub>
6 mm <sup>2</sup> ZZ-F 0,9/1,8 kV Cu	Ramas – CSP	57 A
Fusible gPV 1500 V <sub>DC</sub>	Rama	16 A

## 3.2. TRAMO CSP – INVERSOR

El inversor, alojado en el centro de transformación, se encuentra ubicado aproximadamente en el centro del bloque de 3 MW, para evitar caídas de tensión elevadas. Las zanjas que albergan el cableado que une las CSP con el inversor pueden ser compartidas en algunos tramos por la conexión de varias CSP.

A continuación se dimensiona el cable y las protecciones para el caso de 24 ramas en paralelo y 10 cables por zanja, por ser el caso más restrictivo.

### 3.2.1. CÁLCULO DE LOS CONDUCTORES

#### 3.2.1.1. Cálculos de la intensidad máxima admisible

La intensidad máxima será la de cortocircuito ( $I_{sc}$ ) cuando la temperatura del módulo es máxima, que se considera a 70 °C.

$$I_{CSP}^{\max}(T_c^{\max}) = N_{ramas} \cdot I_{sc}(+70^{\circ}\text{C}) = 24 \cdot 9,818 = 235,63 \text{ A}$$

La ITC-BT-40 indica que los cables de conexión deberán estar dimensionados para una intensidad no inferior al 125 % de la máxima intensidad del generador:

$$I_{cables \text{ CSP}} \geq 1,25 \cdot 235,63 = 294,54 \text{ A}$$

Además de este valor, se tienen que tener en cuenta las características de la instalación:

- Factor de corrección para agrupaciones de más de 10 cables en contacto entre sí: 0,48 (Tabla 11)
- Temperatura del terreno: 25 °C
- Temperatura de funcionamiento de los paneles en régimen permanente: 70 °C
- Resistividad del terreno: 1,5 K·m/W

Tabla 11: Tabla A.9.2. UNE 211435:2007

Tabla A.9.2 – Factores de corrección para agrupamiento de cables de 0,6/1 kV soterrados

Circuitos de cables unipolares en triángulo en contacto (los circuitos están separados entre sí)					
Grupos dispuestos en un plano horizontal					
Circuitos agrupados	Cables directamente soterrados				
	Contacto	Distancias entre grupos en mm			
		200	400	600	800
2	0,82	0,88	0,92	0,94	0,96
3	0,71	0,79	0,84	0,88	0,91
4	0,64	0,74	0,81	0,85	0,89
5	0,59	0,70	0,78	0,83	0,87
6	0,56	0,67	0,76	0,82	0,86
7	0,53	0,65	0,74	0,80	0,85
8	0,51	0,63	0,73	0,80	–
9	0,49	0,62	0,72	0,79	–
10	0,48	0,61	0,71	–	–

Por lo que el cable deberá soportar por lo menos:

$$I_{cables \text{ CSP}} \leq 0,48 \cdot I_{\max\_admissible}$$

$$294,54 \leq 0,48 \cdot I_{\max\_admissible}$$

$$I_{\max\_admissible} \geq 613,63 \text{ A}$$

Se propone un cable de XZ1 Al (0,9/1,8 kV) 2 x (2 x 240 mm<sup>2</sup>) que soporta hasta 2 x 340 A = 680 A (ver Tabla 12) en cables directamente soterrados, para la conexión entre las CSP e inversor.

Tabla 12: Tabla A.1. UNE 211435:2007.

Tabla A.1 – Cables de distribución tipo RV o XZ1 de 0,6/1 kV

Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto			
Sección mm <sup>2</sup>	Directamente soterrados	En tubular soterrada	Al aire, protegido del sol
Aluminio			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	340	305	390
Cobre			
25	125	105	115
50	185	155	185
95	260	225	285
150	340	300	390
240	445	400	540
Temperatura del terreno en °C			25
Temperatura del aire ambiente en °C			40
Resistencia térmica del terreno en K · m/W			1,5
Profundidad de soterramiento en m			0,7

### 3.2.1.2. Cálculos por criterio de máxima caída de tensión

Los cálculos son análogos a los realizados en el tramo entre ramas y CSP. Para este PFV existe un único bloque inversor al que se conectan las 15 CSP de las que se compone dicho bloque. En la Tabla 13 se pueden observar sus características.

Tabla 13. Componentes básicos PFV EL BARCIAL

Características PFV EL BARCIAL	
Módulos fotovoltaicos 370 Wp	9.744
Módulos en serie	28
Módulos en paralelo	348
Seguidor solar 1 eje para 28 módulos (1V x 28)	348
Tipo bloque C.S.P	14 Tipo A + 1 Tipo B
Cable CSP - Inversor	XZ1 AL(0,9/1,8 kV) 2 x (2 x 240 mm <sup>2</sup> )
Fusibles protección inversor	15 x (400 A, 1.500 V)
Potencia pico (MWp)	3,6

En la Tabla 14 se muestran las caídas de tensión desde las CSP hasta el inversor.

Tabla 14: Caída tensión C.S.P. – inversor

TRAMO		Distancia (m)	Intensidad permanente (A)	Sección de Conductor (mm <sup>2</sup> )	Caída de Voltaje (V)	Caída de Voltaje (%)
Desde	Hasta					
CSP1	Inversor	255,99	227,5	2 x 240	8,18	0,73
CSP2	Inversor	183,99	227,5	2 x 240	5,88	0,53
CSP3	Inversor	165,64	227,5	2 x 240	5,29	0,47
CSP4	Inversor	196,98	227,5	2 x 240	6,29	0,56
CSP5	Inversor	124,98	227,5	2 x 240	3,99	0,36
CSP6	Inversor	112,63	227,5	2 x 240	3,60	0,32
CSP7	Inversor	113,97	227,5	2 x 240	3,64	0,33
CSP8	Inversor	17,63	227,5	2 x 240	0,56	0,05
CSP9	Inversor	83,63	227,5	2 x 240	2,67	0,24
CSP10	Inversor	132,67	227,5	2 x 240	4,24	0,38
CSP11	Inversor	26,28	227,5	2 x 240	0,84	0,08
CSP12	Inversor	110,28	227,5	2 x 240	3,52	0,32
CSP13	Inversor	84,49	227,5	2 x 240	2,70	0,24
CSP14	Inversor	169,29	227,5	2 x 240	5,41	0,48
CSP15	Inversor	138,79	113,8	2 x 240	2,22	0,20
Máxima Caída de Voltaje					<b>8,18</b>	<b>0,73</b>

La caída de tensión máxima desde las C.S.P. hasta el inversor es del **0,73 %**. La suma de caída de tensión en corriente continua desde las ramas hasta el inversor, en el caso más desfavorable, es  $0,73 + 0,29 = 1,02 \%$ , valor inferior al límite establecido del 1,5 %.

### 3.2.2. CÁLCULO DE LAS PROTECCIONES

La norma UNE-HD 60364-7-712:2017 indica que la corriente máxima del fusible de las C.S.P. debe estar comprendida entre:

$$1,5 \cdot I_{sc\_CSP}(STC) \leq I_n \leq 2,4 \cdot I_{sc\_CSP}(STC)$$

Se escoge un ratio de 1,5, por lo que el fusible debe soportar por lo menos:

$$I_{fusible\_CSP} = 1,5 \cdot 235,63 = 353,45 A$$

Con los dos datos anteriores, se propone utilizar fusibles de protección para las CSP de tipo gPV de un calibre de 400 A (1500 V), superior a los 353,45 A resultantes del cálculo anterior, lo que garantiza el corte del circuito antes de que el conductor supere la intensidad máxima admisible por el cable.

### 3.2.3. CONDUCTORES Y PROTECCIONES SELECCIONADOS

Como se puede observar, el cable propuesto por el criterio de intensidad máxima admisible también cumple con el criterio de máxima caída de tensión. Los cables y protecciones seleccionados se muestran en la Tabla 15.

Tabla 15: Características del conductor de corriente continua CSP – inversor

ELEMENTO	TRAMO	I <sub>max</sub>
XZ1 AL(0,9/1,8 kV) 2 x (2 x 240 mm <sup>2</sup> )	CSP - inversor	594 A
Fusible gPV 1500 V DC	CSP	400 A

## 4. CÁLCULOS DE MEDIA TENSIÓN

### 4.1. LÍNEA SUBTERRÁNEA 15 kV PFV EL BARCIAL – CENTRO DE SECCIONAMIENTO

Desde el Centro de Transformación del PFV EL BARCIAL, se evacúa la energía mediante una línea subterránea de media tensión de 15 kV de tensión nominal a una frecuencia de 50 Hz de 370 m hasta el CENTRO DE SECCIONAMIENTO LAMT 15 kV Bombeo-Gas de SET PUILATOS. Los conductores a utilizar serán AI RH5Z1 12 / 20 kV, de tipo aislado y subterráneo enterrado en tubería.

La salida a 15 kV del centro de transformación se lleva hasta el centro de seccionamiento de línea mediante un circuito trifásico subterráneo. Ver detalle en Ilustración 2 y en el Documento planos.

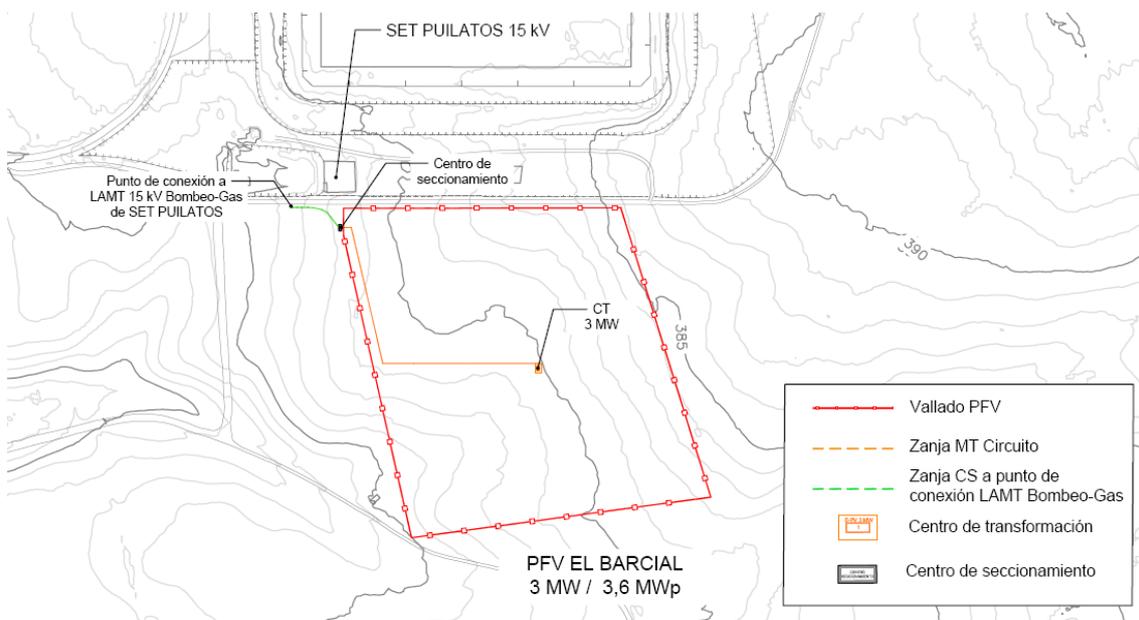


Ilustración 2: Circuitos y líneas subterráneas de MT del PFV EL BARCIAL

#### 4.1.1. CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN

Características del cable: RHZ1-2OL 12/20 kV 3x1x150 mm<sup>2</sup> AI

- Conductor..... AI
- Sección ..... 150 mm<sup>2</sup>
- Tensión aislamiento ..... 12/20 kV
- Aislamiento..... Polietileno Reticulado

- Resistencia óhmica a 90°C y 50 Hz..... 0,264 Ω/km
- Reactancia inductiva ..... 0,117 Ω/km
- Intensidad admisible en régimen permanente\* ..... 260 A
- Longitud de cable ..... 370 m

\*: El valor de intensidad máxima indicado se da en instalaciones directamente enterradas, con el cable a una profundidad de 1 m, terreno a temperatura de 25 °C, temperatura del ambiente de 40 °C, y resistividad térmica del terreno de 1,5 K·m/W.

La sección del cable ha sido dimensionada de tal manera que supera ampliamente las necesidades de la red, de la cual forma parte el tendido en proyecto, en lo que se refiere a pérdidas de potencia, caídas de tensión, capacidad de transporte, sobrecargas admisibles y corrientes de cortocircuito.

De acuerdo con las características eléctricas del cable, se adjuntan los cálculos eléctricos correspondientes a los tramos subterráneos en proyecto.

#### 4.1.2. CAPACIDAD DE TRANSPORTE

Según se indica en la tabla 6 de la ITC-LAT-06 del Reglamento de líneas de alta tensión, la intensidad máxima admisible por un cable unipolar aislado de hasta 18/30 kV, directamente enterrado, de sección 150 mm<sup>2</sup> en aluminio, con aislamiento de polietileno reticulado XLPE, es de 260 A. Se suponen cables no armados, con las pantallas puestas directamente a tierra en ambos extremos del cable.

Esta intensidad indicada supone el cable a una profundidad de 1 m, terreno a temperatura de 25 °C, temperatura del ambiente de 40 °C, y resistividad térmica del terreno de 1,5 K·m/W.

Para la instalación en proyecto, los cables se instalarán a una profundidad de 1,2 m en zonas de cultivo. Según la tabla 11 de la citada ITC-LAT-06 del Reglamento de líneas de alta tensión, reproducida a continuación, la intensidad admisible del cable deberá reducirse por un factor de 0,98:

Tabla 11. Factores de corrección para profundidades de la instalación distintas de 1m

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

Combinando todos los factores que modifican la intensidad admisible del cable, resulta:

$$I_{adm} = I \cdot C_{T\ terreno} \cdot C_{T\ ambiente} \cdot C_{Profundidad} \cdot C_{Simultaneidad} \cdot C_{resistividad}$$

$$= 260 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,98 \cdot 1 \cdot 1 = 254,8 A$$

Para esta intensidad máxima admisible, la potencia máxima a transportar, considerando una tensión nominal de 15 kV y un factor de potencia de 0,98 es de:

$$P = \sqrt{3} \cdot I_{adm} \cdot U \cdot \cos\varphi = \sqrt{3} \cdot 254,8 \cdot 15000 \cdot 0,98 = 6,48 MW$$

Valor suficiente para la potencia prevista a transportar, de 3 MW.

### 4.1.3. CÁLCULO DE CONDUCTORES

#### 4.1.3.1. Cálculos de intensidad máxima admisible

Se calcula la corriente máxima permanente a transportar mediante la siguiente ecuación. Conocidas las condiciones de la instalación, resulta el valor de intensidad acumulada que se muestra:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi} = 117,83 A$$

Donde

- $P = 3 MW$ , potencia evacuada generada por el PFV
- $U = 15 kV$ , tensión de línea de evacuación
- $\cos\varphi = 0,98$ , factor de potencia

La sección del cable se determina mediante la Tabla 16, no obstante deben de tenerse en cuenta unos factores de corrección para los cables de distribución de energía en media tensión, que quedan descritos en la ITC-LAT 06.

Tabla 16: Intensidades máximas admisibles (A) en servicio permanente y con corriente alterna. Cables unipolares aislados de hasta 18/30 kV directamente enterrados. Fuente: Tabla 6 RD 223/2008 ITC-LAT 06

Sección (mm <sup>2</sup> )	EPR		XLPE		HEPR	
	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al
25	125	96	130	100	135	105
35	145	115	155	120	160	125
50	175	135	180	140	190	145
70	215	165	225	170	235	180
95	255	200	265	205	280	215
120	290	225	300	235	320	245
150	325	255	340	260	360	275
185	370	285	380	295	405	315
240	425	335	440	345	470	365
300	480	375	490	390	530	410
400	540	430	560	445	600	470

Esta tabla permite elegir la sección de los conductores en función de la corriente máxima admisible para una instalación enterrada, en base a las siguientes consideraciones:

- Temperatura del terreno, 25 °C
- Terna de cables unipolares agrupados en contacto mutuo, o un cable tripolar.
- Terreno de resistividad térmica normal (1,5 K m/W)
- Profundidad de la instalación: Hasta 18/30 kV, 100 cm

La temperatura máxima de trabajo de los cables está prevista en 90 °C y la temperatura ambiente que rodea al cable ha sido supuesta en 25 °C para la instalación enterrada.

En el caso de que la temperatura del aire ambiente o del terreno sea distinta de los valores supuestos, las intensidades admisibles por los cables deben corregirse mediante los coeficientes que se indican en la Tabla 17.

Tabla 17: Factor de corrección F, para temperatura del terreno distinta de 25 °C. Fuente: Tabla 7 RD 223/2008 ITC-LAT 06

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

En el caso de que se deba instalar más de un cable tripolar o más de una terna de cables unipolares, a lo largo del recorrido, es preciso tener en cuenta el calentamiento mutuo y

reducir la intensidad admisible de los cables mediante la aplicación de los coeficientes de reducción que figuran en Tabla 18.

Tabla 18: Factor de corrección por distancia entre ternos o cables tripolares. Fuente: Tabla 10 RD 223/2008 ITC-LAT 06

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	0,65	0,58	0,53	0,50	0,47	0,45	0,43	0,42
	d = 0,2 m		0,82	0,73	0,68	0,64	0,61	0,59	0,57	0,56	0,55
	d = 0,4 m		0,86	0,78	0,75	0,72	0,70	0,68	0,67	0,66	0,65
	d = 0,6 m		0,88	0,82	0,79	0,77	0,76	0,74	0,74	0,73	-
	d = 0,8 m		0,90	0,85	0,83	0,81	0,80	0,79	-	-	-
Cables bajo tubo	En contacto (d=0 cm)		0,80	0,70	0,64	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,49
	d = 0,2 m		0,83	0,75	0,70	0,67	0,64	0,62	0,60	0,59	0,58
	d = 0,4 m		0,87	0,80	0,77	0,74	0,72	0,71	0,70	0,69	0,68
	d = 0,6 m		0,89	0,83	0,81	0,79	0,78	0,77	0,76	0,75	-
	d = 0,8 m		0,90	0,86	0,84	0,82	0,81	-	-	-	-

En el caso que la resistividad térmica del terreno sea distinta de 1,5 k m/W, se emplean los coeficientes de corrección de la Tabla 19.

Tabla 19: Factor de corrección para resistividad térmica del terreno distinta de 1,5 K m/W. Fuente: Tabla 8 RD 223/2008 ITC-LAT 06

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
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	

En el caso que la profundidad de la instalación difiera de 1 m, se aplican los coeficientes de corrección de la Tabla 20.

Tabla 20: Factores de corrección para profundidades de instalación distintas de 1m. Fuente: RD 223/2008 ITC-LAT 06

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

La intensidad máxima admisible para los cables AL RH5Z1 en aluminio, teniendo en cuenta todos los factores de corrección antes mencionados, viene dada por la expresión:

$$I_{max} = N \cdot I_{cond} \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot C_4$$

Siendo:

- $N$ : número de conductores en paralelo.
- $I_{cond}$ : Intensidad máxima admisible del cable (Tabla 16).
- $C_1$ : Coeficiente de corrección según la temperatura del terreno (Tabla 17)
- $C_2$ : Coeficiente de corrección según la resistividad térmica del terreno (Tabla 19)
- $C_3$ : Coeficiente de corrección para profundidad de instalación (Tabla 20)
- $C_4$ : Coeficiente de corrección para agrupamiento de cables (Tabla 18)

En este caso, el cable consiste en una sola terna, los cables están directamente enterrados a una profundidad de 1 m y separados entre sí una distancia inferior a 0,2 m. La temperatura del terreno ha sido supuesta en 25 °C y la resistividad térmica normal (1,5 K m/W). Así, todos los coeficientes tienen valor de la unidad, por lo que la intensidad para la cual se deben dimensionar los cables es la calculada al principio: 117,83 A.

Se preselecciona un cable que cumpla con este criterio: cable Al RH5Z1 3x1x150 mm<sup>2</sup>, de intensidad máxima 260 A > 117,83 A.

#### 4.1.3.2. Cálculos por máxima caída de tensión

Para estos tramos en corriente alterna los conductores se calculan mediante el criterio de caída de tensión, evitando sobrepasar el 2 % de caída de tensión sobre la nominal, tomando en cuenta la agrupación de conductores en las zanjas.

La caída de tensión se calcula mediante la siguiente ecuación, aplicada a la casuística del parque fotovoltaico en la Tabla 21.

$$\Delta U(V) = \sqrt{3} \cdot I \cdot (R \cdot \cos\Phi + X \cdot \sin\Phi) \cdot L \qquad \Delta V(\%) = \frac{\Delta U(V)}{V_{\text{línea}}} \cdot 100$$

donde:

- $\Delta U$ : Caída de la tensión compuesta (V)
- $I$ : Intensidad de la línea (A)
- $X$ : Reactancia por fase y por kilómetro ( $\Omega/\text{km}$ )
- $R$ : Resistencia por fase y por kilómetro ( $\Omega/\text{km}$ )
- $\Phi$ : Angulo de desfase ( $^\circ$ )
- $L$ : Longitud de la línea (km)
- $V_{\text{línea}}$ : Tensión de la línea de evacuación (V)

Tabla 21: Caídas de tensión en circuito de media tensión de CT a punto de conexión

Tramo	Tensión línea (kV)	Potencia (kW)	Intensidad (A)	Long (m)	Nº Ternas	Sección (mm <sup>2</sup> )	Imax (A)	R ( $\Omega/\text{km}$ )	X ( $\Omega/\text{km}$ )	Caída tensión (%)
CT - SCTO	15	3.000	117,83	370	1	150	260	0,26	0,14	<b>0,14</b>

Se puede ver que la máxima caída de tensión es de **0,14 %**, este valor se encuentra por debajo del límite establecido del 2 %. El cable seleccionado cumple con el criterio de máxima caída de tensión.

#### 4.1.3.3. Cálculos de la intensidad de cortocircuito

Para el cálculo de la corriente de cortocircuito, se toman como referencia los límites de intensidad establecidos en la Norma [3], facilitada por ENDESA – empresa propietaria de las líneas de evacuación de dicha zona - y que se cita a continuación:

“A efectos del diseño, especificación y construcción de las instalaciones, sin perjuicio del cumplimiento de los valores establecidos para la aparamenta, las lcc a considerar serán, en MT, 16 kA (I corta duración); 40 kA (I cresta).

No obstante lo anterior, para redes rurales aéreas en lugares de potencia de cortocircuito pequeña, podrá considerarse 8 kA (I corta duración, 1 s); 20 kA (I cresta). Por su parte, en puntos de muy elevada potencia de cortocircuito, deberá considerarse 20 kA (I corta duración); 50 kA (I cresta)”.

Por lo tanto, se selecciona 20 kA debido a la alta potencia que se gestiona en el nodo.

De acuerdo a lo establecido en el ITC-LAT 06, “las intensidades máximas de cortocircuito admisible en los conductores se calcularán en base a la Norma UNE 21192, siendo válido el cálculo aproximado de las densidades de corriente de acuerdo con las temperaturas especificadas en la Tabla 22”. Para verificar si la sección escogida es suficiente para soportar la corriente de cortocircuito, debe cumplirse la siguiente condición:

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

donde:

- $I_{cc}$  (A): intensidad de cortocircuito
- $t_{cc}$  (s): duración de cortocircuito.  $t_{cc} = 1$  s
- $K$  (A/mm<sup>2</sup>): densidad de corriente. Este coeficiente depende de la naturaleza del conductor y de sus temperaturas al inicio y al final del cortocircuito.  $K = 94$  A/mm<sup>2</sup>
- $S$  (mm<sup>2</sup>): sección del conductor.  $S = 150$  mm<sup>2</sup>

Según el RD 223/2008, “Los valores típicos para la duración de un cortocircuito, a tener en cuenta para el diseño son de 0,5 s para conductores de fase y cables de tierra, y de 1,0 s para herrajes y accesorios de línea”. No obstante, estos valores son orientativos, siendo necesario “tener en cuenta la duración real, la cual depende del tiempo de respuesta del sistema de protección de la línea”. Se toma el valor de 1 s por ser el valor típico empleado en las Normas de ENDESA.

Se tendrá en cuenta que el conductor es de Aluminio con aislamiento XLPE, para el cual se tienen las siguientes temperaturas en cortocircuitos de duración inferior a 3 s:

- $T_s$  (90 °C): temperatura final de cortocircuito en régimen permanente
- $T_{cc}$  (250 °C): temperatura máxima de cortocircuito admisible

En cuanto al valor de K, coincide con valor de densidad de corriente de cortocircuito para aislamiento XLPE,  $\Delta T(^{\circ}C) = T_{cc} - T_s = 160$ , y un valor de  $t_{cc} = 1$  s, tal y como se puede ver en la Tabla 22. Así, se tiene  $K = 94$  A/mm<sup>2</sup>.

Tabla 22: Densidad máxima admisible de corriente de cortocircuito, en A/mm<sup>2</sup>, para conductores de Al.  
Fuente: RD 223/2008

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

“Por otro lado, si interesa conocer la densidad de corriente de cortocircuito correspondiente a una temperatura inicial  $T_i$ ; diferente a la máxima asignada al conductor para servicio permanente es  $T_s$ , basta multiplicar el correspondiente valor de la tabla por el factor de corrección” mostrado a continuación:

$$\sqrt{\frac{\ln\left(\frac{T_{cc} + \beta}{T_i + \beta}\right)}{\ln\left(\frac{T_{cc} + \beta}{T_s + \beta}\right)}}$$

donde  $\beta = 228$  para el aluminio

$$T_i = T_{amb} + (T_s - T_{amb}) \cdot \left(\frac{I}{I_{max}}\right)^2$$

donde:

- $T_i$  (°C): temperatura inicial de cortocircuito del conductor en régimen permanente
- $T_{amb}$  (°C): temperatura ambiente de la instalación (se toma como 25 °C)
- $T_s, T_{cc}$  (°C): descritas en párrafo anterior (90 y 250 °C, respectivamente)
- $I$  (A): intensidad acumulada que recorre el conductor en las condiciones de la instalación (117,83 A)
- $I_{max}$  (A): intensidad máxima que puede recorrer el conductor, característica del cable (260 A para una sección de 150 mm<sup>2</sup>)

Una vez se tienen todos los parámetros descritos, se procede a calcular la máxima intensidad de cortocircuito soportada por el cable seleccionado:

$$I_{cc} = \frac{KS}{\sqrt{t_{cc}}} \cdot \sqrt{\frac{\ln\left(\frac{T_{cc} + \beta}{T_i + \beta}\right)}{\ln\left(\frac{T_{cc} + \beta}{T_s + \beta}\right)}}$$

Obteniéndose un valor de 30,84 kA, superior a los 20 kA que puede soportar la red, por tanto se puede decir que el cable seleccionado es apto para la instalación, ya que también cumple con la condición de intensidad de cortocircuito.

#### 4.1.3.4. Conductores seleccionados

Teniendo en cuenta los tres criterios anteriores (criterio por la caída de tensión, por intensidad máxima admisible por calentamiento y por intensidad de cortocircuito), se selecciona el siguiente conductor, de tipo aislado y subterráneo directamente enterrado, salvo en los cruces que irá entubado, ver detalle en Documento planos.

#### RH5Z1 3 x 1 x 150 mm<sup>2</sup> AI 12/20 kV

Las principales características de los cables de la línea de media tensión son:

- Tensión nominal simple 12 kV
- Tensión nominal entre fases 20 kV
- Tensión máxima entre fases 24 kV
- Tensión soportada a impulsos tipo rayo 125 kV
- Temp. máxima admisible en el conductor en servicio permanente 90 °C
- Temp. máxima admisible en el conductor en cortocircuito 250 °C

Se utilizarán únicamente cables de aislamiento de dieléctrico seco, de las características siguientes (Tabla 23,

Tabla 24 e Ilustración 3):

Características dimensionales				
	Nominal aislamiento (mm)	Espesor aislamiento (mm)	Nominal exterior (mm)	Espesor cubierta (mm)
1 x 95	25,7	6,4	33,6	2
<b>1 x 150</b>	<b>28,5</b>	<b>6,4</b>	<b>36,4</b>	<b>2</b>
1 x 240	32,6	6,4	40,5	2
1 x 400	38	6,4	46	2

Tabla 23: Características eléctricas cables MT. Fuente Prysmian: Cable Al Voltalene H Compact (Normalizado por Endesa, nuevo diseño) Al RH5Z1

Características eléctricas					
	I <sub>max</sub> máxima bajo tubo enterrado (A)	I <sub>max</sub> admisible directamente enterrado (A)	I <sub>max</sub> admisible al aire (A)	I <sub>max</sub> de cortocircuito en el conductor durante 1 s (A)	I <sub>max</sub> de cortocircuito en la pantalla durante 1 s (A)
1 x 95	190	205	255	8.930	2.690
<b>1 x 150</b>	<b>245</b>	<b>260</b>	<b>335</b>	<b>14.100</b>	<b>2.990</b>
1 x 240	320	345	455	22.560	3.440
1 x 400	415	445	610	37.600	3.890

Tabla 24: Características dimensionales cables MT. Fuente Prysmian: Cable Al Voltalene H Compact (Normalizado por Endesa, nuevo diseño) Al RH5Z1

Características dimensionales				
	Nominal aislamiento (mm)	Espesor aislamiento (mm)	Nominal exterior (mm)	Espesor cubierta (mm)
1 x 95	25,7	6,4	33,6	2
<b>1 x 150</b>	<b>28,5</b>	<b>6,4</b>	<b>36,4</b>	<b>2</b>
1 x 240	32,6	6,4	40,5	2
1 x 400	38	6,4	46	2

Tipo: AL RH5Z1  
Tensión: 12/20 kV, 18/30 kV  
Norma de diseño: IEC 60502-2, G3 DND003 (en lo aplicable)

Composición:

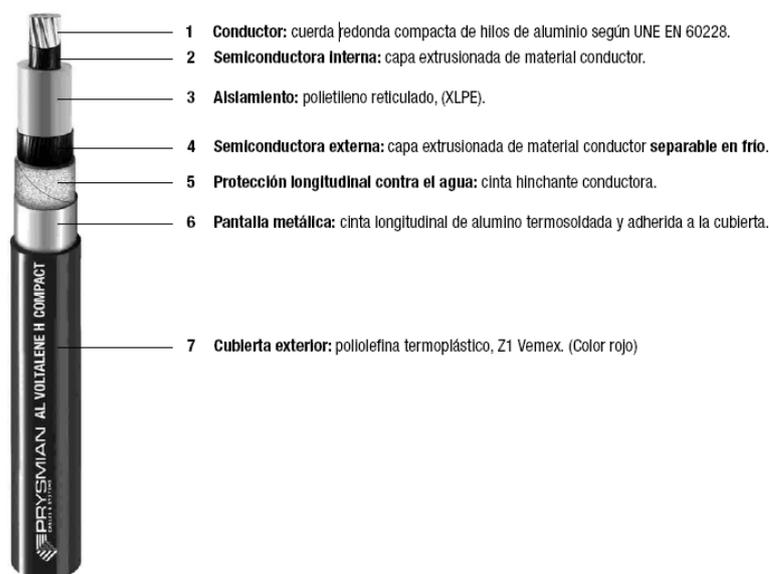


Ilustración 3: Cable red MT. Fuente: Prysmian Cable Al Voltalene H Compact (Normalizado por Endesa, nuevo diseño) Al RH5Z1

## 4.2. LÍNEA SUBTERRÁNEA 15 kV CENTRO DE SECCIONAMIENTO – PUNTO DE CONEXIÓN

El punto de conexión del PFV EL BARCIAL se ubica en el polígono 10 parcela 149 del término municipal de Zuera, en la LAMT Bombeo-Gas de SET PUILATOS, la cual se secciona para evacuar la energía generada en el PFV EL BARCIAL.

Desde el Centro de Seccionamiento del PFV se evacúa la energía mediante una Línea Subterránea de Media Tensión de 15 kV hasta un futuro apoyo de conversión aéreo-subterráneo a instalar en la LAMT Bombeo-Gas de SET PUILATOS, propiedad de E-Distribución, cuya instalación es objeto de otro proyecto. El citado apoyo constituye el punto de conexión concedido por E-Distribución.

La LSMT estará constituida por dos circuitos (entrada y salida) que irán desde el Centro de Seccionamiento hasta el nuevo apoyo de conversión con una longitud aproximada de 61 metros. Los cables utilizados serán cables subterráneos unipolares de aluminio, con aislamiento seco termoestable (polietileno reticulado XLPE), con pantalla semiconductor sobre conductor y sobre aislamiento y con pantalla metálica de aluminio. El conductor será de Al (3 x 1 x 240 mm<sup>2</sup>) de tipo RH5Z1 12/20 kV, con aislamiento XLPE y cubierta de poliolefina.

Se ajustarán a lo indicado en las normas UNE-HD 620-10E, UNE 211620 y en la ITC-LAT 06 del RLAT.

### 4.2.1. CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN

Características del cable: RHZ1-2OL 12/20 kV 3x1x240 mm<sup>2</sup> Al

- Conductor..... Al
- Sección ..... 240 mm<sup>2</sup>
- Tensión aislamiento ..... 12/20 kV
- Aislamiento..... Polietileno Reticulado
- Resistencia óhmica a 90°C y 50 Hz..... 0,161 Ω/km
- Reactancia inductiva ..... 0,106 Ω/km
- Intensidad admisible en régimen permanente\* ..... 345 A
- Longitud de cable .....61 m

\*: El valor de intensidad máxima indicado se da en instalaciones directamente enterradas, con el cable a una profundidad de 1 m, terreno a temperatura de 25 °C, temperatura del ambiente de 40 °C, y resistividad térmica del terreno de 1,5 K·m/W.

La sección del cable ha sido dimensionada de tal manera que supera ampliamente las necesidades de la red, de la cual forma parte el tendido en proyecto, en lo que se refiere a pérdidas de potencia, caídas de tensión, capacidad de transporte, sobrecargas admisibles y corrientes de cortocircuito.

De acuerdo con las características eléctricas del cable, se adjuntan los cálculos eléctricos correspondientes a los tramos subterráneos en proyecto.

#### 4.2.2. CAPACIDAD DE TRANSPORTE

Según se indica en la tabla 6 de la ITC-LAT-06 del Reglamento de líneas de alta tensión, la intensidad máxima admisible por un cable unipolar aislado de hasta 18/30 kV, directamente enterrado, de sección 240 mm<sup>2</sup> en aluminio, con aislamiento de polietileno reticulado XLPE, es de 345 A. Se suponen cables no armados, con las pantallas puestas directamente a tierra en ambos extremos del cable.

Esta intensidad indicada supone el cable a una profundidad de 1 m, terreno a temperatura de 25 °C, temperatura del ambiente de 40 °C, y resistividad térmica del terreno de 1,5 K·m/W.

Para la instalación en proyecto, los cables se instalarán a una profundidad de 1,2 m en zonas de cultivo. Según la tabla 11 de la citada ITC-LAT-06 del Reglamento de líneas de alta tensión, reproducida a continuación, la intensidad admisible del cable deberá reducirse por un factor de 0,98:

**Tabla 11. Factores de corrección para profundidades de la instalación distintas de 1m**

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

Combinando todos los factores que modifican la intensidad admisible del cable, resulta:

$$\begin{aligned} I_{adm} &= I \cdot C_{T \text{ terreno}} \cdot C_{T \text{ ambiente}} \cdot C_{Profundidad} \cdot C_{Simultaneidad} \cdot C_{resistividad} \\ &= 345 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,98 \cdot 1 \cdot 1 = 338,1 A \end{aligned}$$

Para esta intensidad máxima admisible, la potencia máxima a transportar, considerando una tensión nominal de 15 kV y un factor de potencia de 0,98 es de:

$$P = \sqrt{3} \cdot I_{adm} \cdot U \cdot \cos\varphi = \sqrt{3} \cdot 338,1 \cdot 15000 \cdot 0,98 = 8,61 \text{ MW}$$

Valor suficiente para la potencia prevista a transportar, de 3 MW.

## Bibliografía

- [1] Á. A. Bayod Rújula, “Capítulo 4. Instalaciones Fotovoltaicas Conectadas a Red,” in *Sistemas Fotovoltaicos*, 1ª Edición., Zaragoza, España: Pressas Universitarias de Zaragoza, 2009.
- [2] V. Sheldon, “Optimizing Array-to-Inverter Power Ratio | SolarPro Magazine.” [Online]. Available: <http://solarprofessional.com/articles/design-installation/optimizing-array-to-inverter-power-ratio#.Wye5RFUzaUk>. [Accessed: 18-Jun-2018].
- [3] ENDESA, “CAPÍTULO IV Centros de Transformación , Seccionamiento y Entrega,” 2005.

## Normativa

- ITC-BT-40. Instalaciones generadoras de baja tensión
- UNE HD 60364-5-52:2014. Instalaciones eléctricas de baja tensión. Parte 5-52: Selección e instalación de equipos eléctricos. Canalizaciones.
- UNE 211435:2007. Guía para la elección de cables eléctricos de tensión asignada superior o igual a 0,6/1 kV para circuitos de distribución de energía eléctrica.
- UNE-HD 60364-7-712:2017 Instalaciones eléctricas de baja tensión. Parte 7-712: Requisitos para instalaciones o emplazamientos especiales. Sistemas de alimentación solar fotovoltaica (FV)
- ITC-LAT 06. Líneas subterráneas con cables aislados



# ANEJO 5

## Cálculo de sombras

## 1. CÁLCULO DE SOMBRAS

Todos los módulos se encuentran fijados horizontalmente en filas orientadas  $0^\circ$  respecto al SUR, por lo que para evaluar la distancia entre filas se debe tener en cuenta la proyección este-oeste, de acuerdo con el movimiento del seguidor solar de la estructura. Por tanto, las distancias de separación entre filas (dirección norte-sur) se han calculado bajo el criterio de minimizar el sombreado de los módulos.

Para evitar el sombreado entre paneles, se determina la distancia mínima entre las filas a partir del cálculo propuesto en el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Energía Solar Fotovoltaica conectados a la Red [6].

Esta distancia  $d$  será superior al valor obtenido por la expresión:

$$d = \frac{h}{\tan(61^\circ - \text{latitud})}$$

A esta distancia, hay que sumarle la proyección de los paneles ( $L$  = longitud del módulo) en la situación de mayor sombra, es decir a  $\alpha = 60^\circ$  de inclinación.

$$e = L \cdot \cos(\alpha)$$

Por lo tanto, el pitch será:

$$\text{Pitch} = d + e$$

Se toma como  $h$  la altura de la estructura dependiendo de su inclinación:

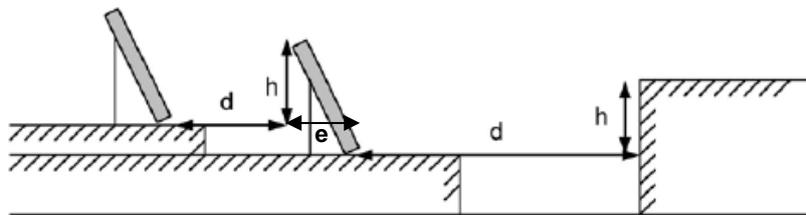


Ilustración 1. Ejemplos de toma de datos relativos a  $h$  y  $d$ .

Las dimensiones del panel son de 1.956 x 992 mm ( $L \times A$ ) y en la estructura hay una fila de 28 paneles en vertical, por lo que las dimensiones de la estructura son de aproximadamente 27,78 x 1,96 m. La altura de la estructura en el caso más desfavorable, con una inclinación de  $60^\circ$ , es de:

$$h = 1,96 \cdot \sin 60^\circ = 1,69 \text{ m}$$

Por lo que la distancia mínima entre paneles para evitar sombreados es de:

$$d = \frac{1,59}{\tan(61^\circ - 41,95^\circ)} = 4,92 \text{ m}$$

$$e = L \cdot \cos(60) = 1,96 \cdot \cos 60 = 0,98 \text{ m}$$

$$\text{Pitch} = d + e = 4,92 + 0,98 = 5,89 \text{ m}$$

Teniendo en cuenta que el pitch mínimo es de 5,89 m para minimizar el efecto de sombreado, se determina una separación entre estructuras óptima de 6 metros. Este valor será considerado para la configuración y distribución de los seguidores en el parque fotovoltaico.

## Bibliografía

- [6] Idae, “Energía Solar Fotovoltaica: Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red,” *Idae*, p. 46, 2011.



## **ANEJO 6**

# **Desmantelamiento del PFV y restitución de las condiciones iniciales**

## ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	2
2.	DESCONEXIÓN ELÉCTRICA.....	2
3.	DESMONTAJE Y RETIRADA DE LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.....	3
4.	DESMONTAJE Y RETIRADA DE LOS SEGUIDORES.....	3
5.	DESMONTAJE DE LOS CIRCUITOS ELÉCTRICOS.....	3
6.	DESMONTAJE DE INVERSORES Y CENTROS DE TRANSFORMACIÓN.....	4
7.	DESINSTALACIÓN DE LOS SISTEMAS DE SEGURIDAD Y VIGILANCIA.....	4
8.	RETIRADA DEL VALLADO PERIMETRAL.....	5
9.	RESTAURACIÓN FINAL, VEGETAL Y PAISAJÍSTICA.....	5
10.	PLANIFICACIÓN.....	6
11.	ESTIMACIÓN DE COSTES.....	6

## 1. INTRODUCCIÓN

Una vez finalizada la vida útil del parque fotovoltaico, que se estima en 25 – 30 años, se procederá al desmantelamiento de todas las instalaciones e infraestructuras creadas, realizando un proyecto de desmantelamiento y restauración de las zonas afectadas, con el objetivo de devolver al terreno las condiciones anteriores a la ejecución de las obras de instalación del parque fotovoltaico. El tratamiento de los materiales excedentarios se realizará conforme a la legislación vigente en materia de residuos.

Para ejecutar el desmantelamiento de la instalación conectada a red, se han de realizar las siguientes obras:

1. Desconexión eléctrica
2. Desmontaje y retirada de los módulos fotovoltaicos
3. Desmontaje y retirada de los seguidores
4. Retirada de circuitos eléctricos
5. Desmontaje de inversores y centros de transformación
6. Desinstalación de los sistemas de seguridad, comunicaciones, vigilancia y alumbrado
7. Retirada del vallado perimetral
8. Restauración final, vegetal y paisajística.

## 2. DESCONEXIÓN ELÉCTRICA

Finalizada la vida útil del parque fotovoltaico y antes del desmantelamiento de las instalaciones, se procederá a la desconexión de la planta de la red eléctrica.

La desconexión se realizará en tres fases:

1. Desconexión de la red eléctrica nacional: se realizará a nivel del centro de seccionamiento / subestación del parque, mediante interruptores en la apartamenta de media tensión.
2. Desconexión de la red interna de media tensión: se desconectará el anillo de conexión entre los centros de transformación y el centro de entrega.
3. Desconexión de la red de baja tensión:
  - Desconexión de los inversores mediante interruptores.
  - Desconexión de los strings mediante seccionadores en las switch box.
  - Desconexión del cableado de los módulos en serie.

Una vez desconectado el parque fotovoltaico de la red eléctrica, se inicia el proceso de desmontaje.

### 3. DESMONTAJE Y RETIRADA DE LOS MÓDULOS FOTVOLTAICOS

El proceso comienza desmontando los paneles fotovoltaicos de las estructuras soporte a las que están sujetos. Éstos están unidos mediante tornillos y por pinzas de sujeción al marco de aluminio, por lo que, una vez desatornillados o cortados los tornillos, se abrirán las sujeciones y se extraerá el panel.

Una vez desmontados, existen dos posibles alternativas:

1. Revenderlos a instalaciones donde los requerimientos de potencia y pérdidas sean menores que en plantas de generación a gran escala.
2. Transportarlos a la planta de reciclaje autorizada más próxima. Existen empresas que reciclan los paneles solares que ya han terminado su ciclo de vida, permitiendo recuperar el 88 % de sus materiales. El reciclaje de paneles fotovoltaicos es obligatorio en España desde la entrada en vigor del Real Decreto 110/2015.

### 4. DESMONTAJE Y RETIRADA DE LOS SEGUIDORES

Los seguidores fotovoltaicos están montados a base de tornillería y cordones de soldadura, por lo que el proceso de retirada es muy simple.

En primer lugar se desmontará la parrilla de aluminio galvanizado que soporta a los paneles para su posterior desarmado. Tras esto, se extraerá el pivote de acero galvanizado mediante medios mecánicos.

Estos elementos se acopiarán y se cargarán en un camión con la ayuda de una carretilla elevadora o un camión grúa para ser trasladados a la empresa gestora de residuos metálicos más próxima.

### 5. DESMONTAJE DE LOS CIRCUITOS ELÉCTRICOS

En la instalación eléctrica de un parque fotovoltaico, existen cinco tramos eléctricos:

1. Entre los módulos con cables fijos al seguidor fotovoltaico.
2. Desde los seguidores fotovoltaicos hasta los inversores.
3. Desde los inversores hasta las switch box.
4. Desde las switch box hasta los centros de transformación.
5. Conexión entre los centros de transformación.

6. Desde el último centro de transformación hasta el centro de entrega.

Tras la desconexión eléctrica, se extraerán los cables del seguidor y se almacenarán en zona segura para su traslado.

A continuación, se excavarán las zanjas y se extraerán los cables y los tubos de PVC y se almacenarán al igual que los anteriores. Paralelamente, se recuperarán las cajas de conexiones.

Estos elementos se entregarán a un gestor autorizado de residuos eléctricos y electrónicos o se transportarán en camiones a vertederos autorizados o a otro emplazamiento para su posterior reciclado o reutilización.

Por último, se restituirán las zonas afectadas del terreno, huecos de arquetas y zanjas de canalizaciones, mediante relleno con tierra natural.

## 6. DESMONTAJE DE INVERSORES Y CENTROS DE TRANSFORMACIÓN

En primer lugar, los inversores se desconectarán de las cajas de conexiones. Después se aislarán eléctricamente los transformadores eléctricos y, junto a los inversores, serán trasladados para su posterior utilización o traslado al vertedero autorizado.

Debido a que son equipos de grandes dimensiones y tonelaje, que se encuentran ubicados en contenedores optimizados para el transporte, se deberá realizar el traslado mediante camiones, que serán cargados mediante grúa.

## 7. DESINSTALACIÓN DE LOS SISTEMAS DE SEGURIDAD Y VIGILANCIA

Se desmantelará la caseta en la que se encuentra el centro de control y mantenimiento. En él se encuentran los equipos centrales de vigilancia, seguridad y comunicaciones. Las cámaras, cables de fibra óptica y de luz, así como el sistema de alumbrado serán extraídos, se almacenarán, transportarán y reciclarán, siendo materias primas para la elaboración de nuevos componentes.

Los escombros generados serán trasladados por gestor autorizado por el Gobierno de Aragón.

## 8. RETIRADA DEL VALLADO PERIMETRAL

Se retirarán los postes y vallas metálicas de acero del vallado perimetral. Para los cubos de hormigón utilizados para la cimentación de los postes, se demolerán mediante un martillo neumático.

Los residuos generados serán de dos tipos: férreos y escombros de las cimentaciones. El tratamiento de estos residuos será el mismo que para el resto de materiales metálicos y escombros del desmantelamiento de la instalación, es decir mediante gestor autorizado por el Gobierno de Aragón.

## 9. RESTAURACIÓN FINAL, VEGETAL Y PAISAJÍSTICA

La principal actuación de restauración del terreno será el relleno y compactado de los posibles huecos existentes en la superficie ocupada por el parque fotovoltaico.

Para ello, se utilizarán tierras procedentes de los movimientos de tierra realizados en la extracción de los diversos elementos que forman el parque:

- Cimentaciones de los pivotes del vallado perimetral y de las puertas de acceso
- Zanjas de alumbrado, vigilancia y comunicaciones
- Zanjas de corriente continua.
- Zanjas de corriente alterna
- Cimentación de los centros de transformación.

Finalmente, se recubrirá la superficie afectada mediante un aporte de tierra vegetal de 30 cm.

## 10. PLANIFICACIÓN

Se estima el plan de desmantelamiento en 12 meses. Se muestra el cronograma a continuación.

Descripción	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
Desconexión eléctrica	■					
Desmontaje y retirada de los módulos fotovoltaicos	■	■	■	■		
Desmontaje y retirada de los seguidores		■	■	■		
Retirada de circuitos eléctricos		■	■	■	■	
Desmontaje de inversores y centros de transformación				■		
Desmantelamiento de la línea eléctrica aérea		■	■	■	■	
Desinstalación de los sist. de seguridad, comunicaciones, vigilancia y alumbrado.				■	■	
Retirada del vallado perimetral.						■
Restauración final, vegetal y paisajística.						■

## 11. ESTIMACIÓN DE COSTES

Es muy importante remarcar que este presupuesto es meramente estimativo. Realizar estimaciones de costes a 25-30 años vista es realmente complicado debido a que no se puede saber cómo van a evolucionar la tecnología, las leyes y la industria del reciclaje.

### Desmontaje y retirada de los módulos fotovoltaicos

Tipo	Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Precio
Ud	9.744	Desmontaje de los módulos fotovoltaicos, fijaciones, uniones. Incluye carga y descarga en zona de acopio	0,85 €	8.282 €
h	976	Carga y descarga de camiones para su utilización en planta de reciclaje (4h por camión)	6,00 €	5.856 €
km	4.880	Transporte a planta de reciclaje autorizado mediante camiones de hasta 20t	0,75 €	915 €

**TOTAL DESMONTAJE Y RETIRADA MÓDULOS FOTOVOLTAICOS 15.053 €**

**PFV EL BARCIAL 3 MW / 3,6 MWp  
Y SUS INFRAESTRUCTURAS DE EVACUACIÓN  
ANEJO 6**



**Desmontaje y retirada de los seguidores**

Tipo	Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Precio
Ud	348	Desmontaje de los seguidores fotovoltaicos. Incluye carga y descarga en zona de acopio	0,70 €	244 €
Ud	1.740	Extracción de los postes de hincado	12,50 €	21.750 €
h	58	Carga y descarga de camiones para su utilización en planta de reciclaje (4h por camión)	6,00 €	348 €
km	174	Transporte a planta de reciclaje autorizado mediante camiones de hasta 20t	0,75 €	131 €

**TOTAL DESMONTAJE Y RETIRADA DE LOS SEGUIDORES 22.472 €**

**Retirada de circuitos eléctricos**

Tipo	Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Precio
m	20.896	<u>Circuito ramas - CSP</u> Desinstalación de los cables que circulan por el seguidor fotovoltaico, recuperación de elementos, tubos, cajas, etc. Retirada y almacenamiento para su posterior transporte a planta de tratamiento o valorización de residuos. Retirada del terreno natural para su posterior uso en el relleno de la zanja.	0,40 €	8.358 €
m	1.917	<u>Circuito CSP - POWER STATION</u> Desmontaje de red de instalación eléctrica enterrada desde las CSP hasta las Power Stations, con recuperación de elementos, tubos, cajas, mecanismos, etc. Retirada de residuos y acopio para posterior transporte a gestor de residuos autorizado según su naturaleza. Retirada del terreno natural para su posterior uso en el relleno de la zanja.	0,40 €	767 €
m	370	<u>Circuito CT Power Station - Centro Seccionamiento</u> Desmontaje de red de instalación eléctrica enterrada entre el centro de transformación (Power Station) y el Centro de Seccionamiento, con recuperación de elementos, tubos, cajas, mecanismos, etc. Retirada de residuos y acopio para posterior transporte a gestor de residuos autorizado según su naturaleza. Retirada del terreno natural para su posterior uso en el relleno de la zanja.	0,45 €	167 €

**TOTAL RETIRADA DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS 9.292 €**

**Desmontaje de inversores, CSPs y centros de transformación**

Tipo	Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Precio
Ud	1	<u>Desmantelación Power Station</u> Desmantelado de los inversores, transformadores y aparamenta.	2.500,00 €	2.500 €
m3	5,95	<u>Demolición cimentaciones Power Station</u> Eliminación de las losas de hormigón armado de 200 mm mediante martillo neumático hasta que queden reducidas a escombros. Se incluye la retirada de dichos escombros y la carga, incluyendo transporte a planta de tratamiento de escombros y restos de obras.	50,00 €	298 €
km	20,00	Transporte de centros de transformación a planta de reciclaje	0,75 €	15 €
km	6,26	Transporte de escombros a vertedero mediante camiones de hasta 20t	15 €	94 €

**TOTAL DESMONTAJE DE INVERSORES Y CENTROS DE TRANSFORMACIÓN 2.906 €**

**Desinstalación de los sistemas de seguridad y comunicaciones**

Tipo	Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Precio
m	1.310	<u>Desinstalación de sistemas de comunicaciones y seguridad</u> Desmontado del sistema de seguridad, vigilancia y comunicaciones de la planta solar. Retirada, carga y traslado a un gestor autorizado de residuos eléctricos y electrónicos para su reciclado.	1,95 €	2.555 €
Ud	1	<u>Desmantelamiento casetas auxiliares</u> Desmantelado del interior del centro de control, vestuario, sala de reuniones y casetas de aseos. Retirada de todos los equipos con recuperación de material desmontado.	75,00 €	75 €

**TOTAL DESINSTALACIÓN DE LOS SISTEMAS DE SEGURIDAD, COMUNICACIONES Y ALUMBRADO 2.630 €**

#### Retirada del vallado perimetral

Tipo	Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Precio
m	1.310	<u>Desmontado de valla metálica</u> Desmontado por medios manuales de vallado perimetral de la parcela compuesto de malla metálica y montantes retirada de elementos acopiando para su traslado. Retirada del mismo, incluyendo transporte a planta de reciclado de chatarras férreas.	2,00 €	2.620 €
m3	110	<u>Demolición cimentaciones vallado</u> Eliminación de los pivotes de hormigón del vallado mediante martillo neumático hasta que queden reducidas a escombros. Se incluye la retirada de dichos escombros y la carga, incluyendo transporte a planta de tratamiento de escombros y restos de obras.	9,50 €	1.045 €

**TOTAL RETIRADA DEL VALLADO PERIMETRAL 3.665 €**

#### Desmontaje de la Línea de Evacuación

Tipo	Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Precio
m	61,00	<u>Circuito MT</u> Desmontaje de red de instalación eléctrica enterrada, con recuperación de elementos, tubos, cajas, mecanismos, etc. Retirada de residuos y acopio para posterior transporte a gestor de residuos autorizado según su naturaleza. Retirada del terreno natural para su posterior uso en el relleno de la zanja.	0,45 €	27 €

**TOTAL DESMANTELAMIENTO DE LA LÍNEA DE EVACUACIÓN 27 €**

#### Restauración final, vegetal y paisajística

Tipo	Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Precio
m	2.989	Restitución de terreno mediante roturado de caminos, subsolado a profundidad no inferior a 30 cm, aporte de capa vegetal de 30 cm, extendida en las zonas de caminos.	4,50 €	13.450 €

**TOTAL RESTAURACIÓN FINAL, VEGETAL Y PAISAJÍSTICA 13.450 €**

**PFV EL BARCIAL 3 MW / 3,6 MWp  
Y SUS INFRAESTRUCTURAS DE EVACUACIÓN  
ANEJO 6**



<b>Desmantelamiento y restitución de las condiciones iniciales del PFV</b>	
<b>CONCEPTO</b>	<b>PRECIO</b>
Desmontaje y retirada de los módulos fotovoltaicos	15.053 €
Desmontaje y retirada de los seguidores	22.472 €
Retirada de circuitos eléctricos	9.292 €
Desmontaje de inversores, CSPs y centros de transformación	2.906 €
Desinstalación de los sistemas de seguridad y comunicaciones	2.630 €
Retirada del vallado perimetral	3.665 €
Desmantelamiento de la Línea de Evacuación	27 €
Restauración final, vegetal y paisajística	13.450 €
Reciclado de materiales	10.849 €
<b>Total presupuesto</b>	<b>58.647 €</b>

El presupuesto estimado del Proyecto de desmantelamiento y restitución de las condiciones iniciales de parque fotovoltaico asciende a **CINCUENTA Y OCHO MIL SEISCIENTOS CUARENTA Y SIETE (58.647 €)**.



# ANEJO 7

## Gestión de residuos

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. IDENTIFICACIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (SEGÚN ORDEN MAM/304/2002).....	3
3. ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE CADA TIPO DE RESIDUO .....	6
4. MEDIDAS DE MINIMIZACIÓN Y PREVENCIÓN DE RESIDUOS.....	6
5. MEDIDAS DE SEPARACIÓN DE RESIDUOS.....	7
6. GESTIÓN DE RESIDUOS.....	8
6.1. REUTILIZACIÓN .....	8
6.2. VALORIZACIÓN.....	8
6.3. ELIMINACIÓN .....	9
7. VALORACIÓN DEL COSTE PREVISTO DE LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS .....	9

## 1. INTRODUCCIÓN

En el presente anejo, se establecen unas directrices y se elaboran una serie de recomendaciones y obligaciones, que se deberán tener en cuenta y cumplir durante el transcurso de la obra en cuanto al tratamiento de los residuos que se produzcan en la misma propios de las diferentes actuaciones que existan, y en cumplimiento del Real Decreto 105/2008 de 1 de Febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición, fomentando 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.

De acuerdo con el mencionado R.D. se realizará una separación de los distintos residuos que se vayan a generar en obra y se trasladaran los mismos a un lugar conveniente para su tratamiento. Consiguiendo principalmente, con la aplicación de este Real Decreto, que todos aquellos residuos que se generan de las obras de construcción, sean tratados de manera que se aprovechen al máximo desde el punto de vista de reciclado y reutilización de los materiales obtenidos en dichas demoliciones y evitar de esta manera el depósito directo de todos estos materiales en un vertedero público cualquiera sin ningún tipo de tratamiento previo.

La elaboración del presente anejo de gestión de residuos se realiza en base a la siguiente normativa:

- Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y escombros.
- Decreto 262/2006, de 27 de diciembre, del Gobierno de Aragón, por el que se aprueba el reglamento de la producción, posesión y gestión de los residuos de la construcción y la demolición, y del régimen jurídico del servicio público de eliminación y valorización de escombros que no procedan de obras menores de construcción y reparación domiciliaria en la Comunidad Autónoma de Aragón, modificado por el Decreto 117/2009, de 23 de junio.
- Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la cual se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos.
- Decreto Legislativo 1/2009, de 21 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley reguladora de los residuos.
- Plan Nacional de residuos de la construcción y demolición (PNRCD) 2008-2015.

## 2. IDENTIFICACIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (SEGÚN ORDEN MAM/304/2002)

	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
	<b>17</b>	<b>Residuos de la construcción y demolición.</b>
	<b>17 01</b>	<b>Hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos</b>
X	17 01 01	Hormigón
	17 01 02	Ladrillos
	17 01 03	Tejas y materiales cerámicos
	17 01 06*	Mezclas, o fracciones separadas, de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos, que contienen sustancias peligrosas
	17 01 07	Mezclas de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos distintas de las especificadas en el código 17 01 06
	<b>17 02</b>	<b>Madera, vidrio y plástico</b>
X	17 02 01	Madera
	17 02 02	Vidrio
X	17 02 03	Plástico
	17 02 04*	Vidrio, plástico y madera que contienen sustancias peligrosas o están contaminados por ellas
	<b>17 03</b>	<b>Mezclas bituminosas, alquitrán de hulla y otros productos alquitranados</b>
	17 03 01*	Mezclas bituminosas que contienen alquitrán de hulla
	17 03 02	Mezclas bituminosas distintas de las especificadas en el código 17 03 01
	17 03 03*	Alquitrán de hulla y productos alquitranados
	<b>17 04</b>	<b>Metales (incluidas sus aleaciones)</b>
	17 04 01	Cobre, bronce, latón
	17 04 02	Aluminio
	17 04 03	Plomo
	17 04 04	Zinc
X	17 04 05	Hierro y acero
	17 04 06	Estaño
	17 04 07	Metales mezclados
	17 04 09*	Residuos metálicos contaminados con sustancias peligrosas
	17 04 10*	Cables que contienen hidrocarburos, alquitrán de hulla y otras sustancias peligrosas
X	17 04 11	Cables distintos de los especificados en el código 17 04 10
	<b>17 05</b>	<b>Tierra (incluida la excavada de zonas contaminadas), piedras y lodos de drenaje</b>
X	17 05 03*	Tierra y piedras que contienen sustancias peligrosas
X	17 05 04	Tierra y piedras distintas de las especificadas en el código 17 05 03
	17 05 05*	Lodos de drenaje que contienen sustancias peligrosas
	17 05 06	Lodos de drenaje distintos de los especificados en el código 17 05 05
	17 05 07*	Balasto de vías férreas que contienen sustancias peligrosas
	<b>17 06</b>	<b>Materiales de aislamiento y materiales de construcción que contienen amianto</b>

PFV EL BARCIAL 3 MW / 3,6 MWp  
Y SUS INFRAESTRUCTURAS DE EVACUACIÓN  
ANEJO 7



CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
17 06 01*	Materiales de aislamiento que contienen amianto
17 06 03*	Otros materiales de aislamiento que consisten en, o contienen, sustancias peligrosas
17 06 04	Materiales de aislamiento distintos de los especificados en los códigos 17 06 01 y 17 06 03
17 06 05*	Materiales de construcción que contienen amianto (6)
<b>17 08</b>	<b>Materiales de construcción a partir de yeso</b>
17 08 01*	Materiales de construcción a partir de yeso contaminados con sustancias peligrosas
17 08 02	Materiales de construcción a partir de yeso distintos de los especificados en el código 17 08 01
<b>17 09</b>	<b>Otros residuos de construcción y demolición</b>
17 09 01*	Residuos de construcción y demolición que contienen mercurio
17 09 02*	Residuos de construcción y demolición que contienen PCB (por ejemplo, sellantes que contienen PCB, revestimientos de suelo a partir de resinas que contienen PCB, acristalamientos dobles que contienen PCB, condensadores que contienen PCB)
17 09 03*	Otros residuos de construcción y demolición (incluidos los residuos mezclados) que contienen sustancias peligrosas
17 09 04	Residuos mezclados de construcción y demolición distintos de los especificados en los códigos 17 09 01, 17 09 02 y 17 09 03
<b>15</b>	<b>Residuos de envases ; absorbentes, trapos de limpieza, materiales de filtración y ropas de protección no especificados en otra categoría</b>
<b>15 01</b>	<b>Envases (incluidos los residuos de envases de la recogida selectiva municipal)</b>
15 01 01	Envases de papel y cartón
15 01 02	Envases de plástico
15 01 03	Envases de madera
15 01 04	Envases metálicos
15 01 05	Envases compuestos
15 01 06	Envases mezclados
15 01 07	Envases de vidrio
15 01 09	Envases textiles
15 01 10*	Envases que contienen restos de sustancias peligrosas o están contaminados por ellas
15 01 11*	Envases metálicos, incluidos los recipientes a presión vacíos, que contienen una matriz porosa sólida peligrosa (por ejemplo, amianto)
<b>15 02</b>	<b>Absorbentes, materiales de filtración, trapos de limpieza y ropas protectoras</b>
X 15 02 02*	Absorbentes, materiales de filtración (incluidos los filtros de aceite no especificados en otra categoría), trapos de limpieza y ropas protectoras contaminados por sustancias peligrosas
15 02 03	Absorbentes, materiales de filtración, trapos de limpieza y ropas protectoras distintos de los especificados en el código 15 02 02
<b>13</b>	<b>Residuos de aceites y de combustibles líquidos (excepto los aceites comestibles y los de los capítulos 05, 12 y 19)</b>
<b>13 01</b>	<b>Residuos de aceites hidráulicos</b>
13 01 09*	Aceites hidráulicos minerales clorados
13 01 10*	Aceites hidráulicos minerales no clorados
13 01 11*	Aceites hidráulicos sintéticos

PFV EL BARCIAL 3 MW / 3,6 MWp  
Y SUS INFRAESTRUCTURAS DE EVACUACIÓN  
ANEJO 7



	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
	13 01 12*	Aceites hidráulicos fácilmente biodegradables
	<b>13 02</b>	<b>Residuos de aceites de motor, de transmisión mecánica y lubricantes</b>
	13 02 04*	Aceites minerales clorados de motor, de transmisión mecánica y lubricantes
X	13 02 05*	Aceites minerales no clorados de motor, de transmisión mecánica y lubricantes
	13 02 06*	Aceites sintéticos de motor, de transmisión mecánica y lubricantes
	13 02 07*	Aceites fácilmente biodegradables de motor, de transmisión mecánica y lubricantes
	13 02 08*	Otros aceites de motor, de transmisión mecánica y lubricantes
	<b>13 07</b>	<b>Residuos de combustibles líquidos</b>
X	13 07 01*	Fuel oil y gasóleo
	13 07 02*	Gasolina
	13 07 03*	Otros combustibles (incluidas mezclas)
	<b>20</b>	<b><i>Residuos municipales (residuos domésticos y residuos asimilables procedentes de los comercios, industrias e instituciones), incluidas las fracciones recogidas selectivamente</i></b>
	<b>20 01</b>	<b>Fracciones recogidas selectivamente (excepto las especificadas en el subcapítulo 15 01)</b>
X	20 01 01	Papel y cartón
	20 01 02	Vidrio
	20 01 08	Residuos biodegradables
	20 01 13*	Disolventes
	20 01 39	Plásticos
	20 01 40	Metales
	<b>20 03</b>	<b>Otros residuos municipales</b>
X	20 03 01	Mezclas de residuos municipales

Los residuos que aparecen en la lista señalados con un asterisco (\*) se consideran residuos peligrosos de conformidad con la Directiva 91/689/CEE sobre residuos peligrosos a cuyas disposiciones están sujetos a menos que se aplique el apartado 5 del artículo 1 de esa Directiva.

### 3. ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE CADA TIPO DE RESIDUO

Dadas las características de la obra, se ha realizado una estimación, tanto en peso como en volumen, en función de la tipología del residuo generado, y que se especifica en la siguiente tabla:

	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	TONELADAS	METROS CÚBICOS
X	17 01 01	Hormigón	0,342	0,228
X	17 02 01	Madera	0,019	0,039
X	17 02 03	Plástico	0,097	0,037
X	17 04 05	Hierro y acero	0,026	0,003
X	17 04 11	Cables distintos de los especificados en el código 17 04 10	0,002	11,600
X	17 05 03*	Tierra y piedras que contienen sustancias peligrosas	0,001	0,001
X	17 05 04	Tierra y piedras distintas de las especificadas en el código 17 05 03	15,104	9,440
X	15 02 02*	Absorbentes, materiales de filtración (incluidos los filtros de aceite no especificados en otra categoría), trapos de limpieza y ropas protectoras contaminados por sustancias peligrosas	0,001	0,001
X	13 02 05*	Aceites minerales no clorados de motor, de transmisión mecánica y lubricantes	0,019	0,020
X	13 07 01*	Fuel oil y gasóleo	0,000	0,000
X	20 01 01	Papel y cartón	0,049	0,054
X	20 03 01	Mezclas de residuos municipales	0,088	0,028

El total, en peso, de los residuos generados será el siguiente:

- Residuos inertes: 15,10 T.
- Resto de residuos: 0,64 T.

### 4. MEDIDAS DE MINIMIZACIÓN Y PREVENCIÓN DE RESIDUOS

Para prevenir la generación de residuos de la construcción y demolición durante la fase de obra o de reducir la generación de los mismos se han tenido en cuenta las siguientes acciones:

NO	SI	MEDIDA PREVENCIÓN / REDUCCIÓN
	X	Separación de residuos en origen ( en obra)
	X	Inventario de residuos peligrosos (si los hay)
	X	Separación de residuos biodegradables (basura orgánica)
	X	Nombramiento de responsable de prevención / reducción de residuos.

NO	SI	MEDIDA PREVENCIÓN / REDUCCIÓN
	X	Utilización de materiales prefabricados (elementos de hormigón, bloques prefabricados...)
	X	Utilización de materiales con mayor vida útil o que favorezcan su reutilización, reciclado, etc.
	X	Evitar derrames, fugas, roturas de material o inservible mediante un control de calidad.
X		Posibilidad de utilizar el material sobrante o No válido en otra obra o uso distinto.
	X	Control y medición de unidades de obra durante la recepción del material.
	X	Utilización de envases y embalajes reciclables de materiales para la construcción.
	X	Implantación de medidas de vigilancia y control de vertidos incontrolados.
	X	Otras a incluir por el poseedor de residuos (constructor)

## 5. MEDIDAS DE SEPARACIÓN DE RESIDUOS

De acuerdo al artículo 5 del R.D.105/2008 el poseedor de residuos deberá proceder a su separación en fracciones, cuando se prevea que los residuos superen las siguientes cantidades:

RESIDUO RCD	PREVISTO (T)	LÍMITE (T)
HORMIGÓN	0,45 T	80,00 T
METAL	0,051 T	2,00 T
MADERA	0,04 T	1,00 T
VIDRIO	0,00 T	1,00 T
PLÁSTICO	0,2 T	0,50 T
PAPEL Y CARTÓN	0,1 T	0,50 T

Según la estimación de volumen de residuos realizada, se deberán tomar medidas de separación para cada fracción identificada en la tabla, que deberán ser confirmadas o modificadas por el poseedor de residuos. La cantidad de residuos de hormigón, metales, madera, plástico y papel y cartón son inferiores a las cantidades establecidas en el Real Decreto, por lo que se dispondrá en la obra un único contenedor en el que se depositen dichos residuos hasta su posterior recogida por la empresa gestora de residuos autorizada por el Gobierno de Aragón.

Además, será necesario contar con una zona en la que ubicar distintos bidones para almacenar los distintos residuos peligrosos generados en la obra, hasta su posterior recogida por la empresa gestora de residuos autorizada por el Gobierno de Aragón.

NO	SI	MEDIDA SEPARACIÓN
X		Eliminación previa de materiales desmontables (solo en caso de demolición)
X		Utilización de contenedores de gran volumen para RCD's (solo en caso de demolición)
X		Recogida de RCD's en obra (todo mezclado)
	X	Separación de residuos peligrosos RRPP's (si los hay)
	X	Acondicionamiento de zonas en obra para efectuar la separación de RCD's
	X	Nombramiento de responsable en obra de controlar y supervisar la separación de RCD's
	X	Utilización de contenedores públicos para residuos biodegradables (si los hay)
	X	Utilización de envases / sacos de 1 m <sup>3</sup> para separación de RCD's
	X	Identificación de residuos mediante etiquetas o símbolos

## 6. GESTIÓN DE RESIDUOS

Los RCD's generados durante la ejecución de la obra se gestionarán mediante alguna de las operaciones siguientes (reutilización, valorización o eliminación). Estas medidas deberán ser confirmadas o modificadas por el poseedor de residuos.

### 6.1. REUTILIZACIÓN

Se ha estimado que una parte de las tierras procedentes de la excavación será reutilizada en la propia obra, para relleno y explanación. El excedente será transportado a vertedero o será utilizado para llevar a cabo una mejora de finca.

NO	SI	OPERACIÓN PREVISTA
	X	Se prevé alguna operación de reutilización
X		Previsión de reutilización en la misma obra o en otro emplazamiento externo
X		Reutilización de mezclas bituminosas en otras obras
	X	Reutilización de arena y grava en áridos reciclados o urbanización
X		Reutilización de ladrillos triturados o deteriorados en otras obras
X		Reutilización de material cerámico en otras obras
X		Reutilización de materiales NO pétreos: madera, yeso, vidrio en otras obras
X		Reutilización de materiales metálicos en otras obras

### 6.2. VALORIZACIÓN

La valorización de los residuos evita la necesidad de enviarlos a un vertedero controlado. Una gestión responsable de los residuos persigue la máxima valorización para reducir tanto como sea posible el impacto medioambiental.

NO	SI	OPERACIÓN PREVISTA
X		Valorización en la misma obra
	X	Entrega a gestor de RCD's autorizado
X		Utilización principal como combustible o como otro medio de generar energía
X		Recuperación o regeneración de disolventes
	X	Reciclado o recuperación de sustancias orgánicas (basuras)
	X	Reciclado o recuperación de compuestos metálicos en fundiciones o similar
	X	Reciclado o recuperación de hormigones, gravas y arenas para hormigón nuevo, material de base en carreteras, sellado de vertederos...
	X	Reciclado o recuperación de mezclas bituminosas en plantas de asfalto
X		Regeneración de ácidos o bases
X		Tratamiento de suelos en beneficio de la agricultura

### 6.3. ELIMINACIÓN

Para el resto de residuos que no se contempla reutilización o valorización, serán almacenados en los contenedores y recogidos por una empresa gestora de residuos autorizada por el Gobierno de Aragón.

NO	SI	OPERACIÓN PREVISTA
	X	Se prevé alguna operación de eliminación
	X	Depósito de RCD's en vertedero autorizado de residuos inertes
	X	Depósito en vertedero de residuos peligrosos
X		Eliminación de RCD's en incinerador

## 7. VALORACIÓN DEL COSTE PREVISTO DE LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS

La valoración del coste previsto de la gestión de residuos de construcción y demolición, y que formará parte del presupuesto del proyecto en capítulo aparte, será el siguiente:

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	TONELADAS	VOLUMEN ESTIMADO RESIDUOS (m <sup>3</sup> )	TOTAL ESTIMADO (€)
17 01 01	Hormigón	0,342	0,228	200
17 02 01	Madera	0,019	0,039	
17 04 05	Hierro y acero	0,026	0,003	
17 04 11	Cables distintos de los especificados en el código 17 04 10	0,002	11,600	
17 02 03	Plástico	0,097	0,037	
20 01 01	Papel y cartón	0,049	0,054	

**PFV EL BARCIAL 3 MW / 3,6 MWp  
Y SUS INFRAESTRUCTURAS DE EVACUACIÓN  
ANEJO 7**



CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	TONELADAS	VOLUMEN ESTIMADO RESIDUOS (m <sup>3</sup> )	TOTAL ESTIMADO (€)
17 05 03*	Tierra y piedras que contienen sustancias peligrosas	0,001	0,001	60
17 05 04	Tierra y piedras distintas de las especificadas en el código 17 05 03	15,104	9,440	2,36
15 02 02*	Absorbentes, materiales de filtración (incluidos los filtros de aceite no especificados en otra categoría), trapos de limpieza y ropas protectoras contaminados por sustancias peligrosas	0,001	0,001	60
13 02 05*	Aceites minerales no clorados de motor, de transmisión mecánica y lubricantes	0,019	0,020	60
13 07 01*	Fuel oil y gasóleo	0,000	0,000	60
20 03 01	Mezclas de residuos municipales	0,088	0,028	60
<b>TOTAL COSTE ESTIMADO</b>				<b>502,36</b>

Con lo expuesto en el presente anejo, se consideran identificados y estimados los residuos generados durante la construcción del Parque Fotovoltaico EL BARCIAL, así como la valorización del coste previsto en la gestión de dichos residuos.



# ANEJO 8

## Hojas de características

## ÍNDICE

1. MÓDULO SILICIO MONOCRISTALINO .....	2
2. SEGUIDOR .....	4
3. CENTRO DE SECCIONAMIENTO Y PROTECCIÓN .....	6
4. POWER STATION MV SKID .....	8
5. INVERSOR FS3000CH15 .....	12
6. CONTROLADOR DE LA PLANTA FOTOVOLTAICA .....	15

# 1. MÓDULO SILICIO MONOCRISTALINO

www.jinkosolar.com



**Eagle PERC 72M-V**  
**360-380 Watt**  
MONO CRYSTALLINE MODULE

Positive power tolerance of 0~+3%

ISO9001:2008-ISO14001:2004-OHSAS18001 certified factory.  
IEC61215-IEC61730 certified products.



**PERC**  
**(5BB)**



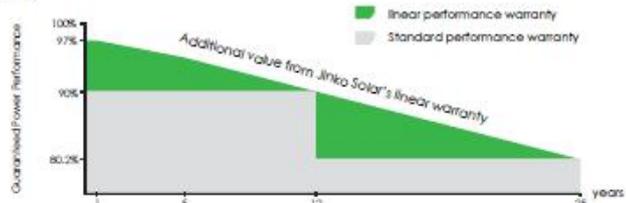


## KEY FEATURES

- 
**System Voltage:**  
The maximum voltage is promoted to 1500V and the module strings are extended by 50% which reduces the overall system BOS.
- 
**5 Busbar Solar Cell:**  
5 busbar cell design improves module efficiency and offers better aesthetic appearance for rooftop installation.
- 
**High Efficiency:**  
Higher module conversion efficiency (up to 19.58%) benefit from Passivated Emitter Rear Contact (PERC) technology.
- 
**PID RESISTANT:**  
Excellent Anti-PID performance guarantee limited power degradation for mass production.
- 
**Low-light Performance:**  
Advanced glass and cell surface texture design ensure excellent performance in low-light environment.
- 
**Severe Weather Resilience:**  
Certified to withstand: wind load (2400 Pascal) and snow load (5400 Pascal).
- 
**Durability against extreme environmental conditions:**  
High salt mist and ammonia resistance certified by TUV NORD.

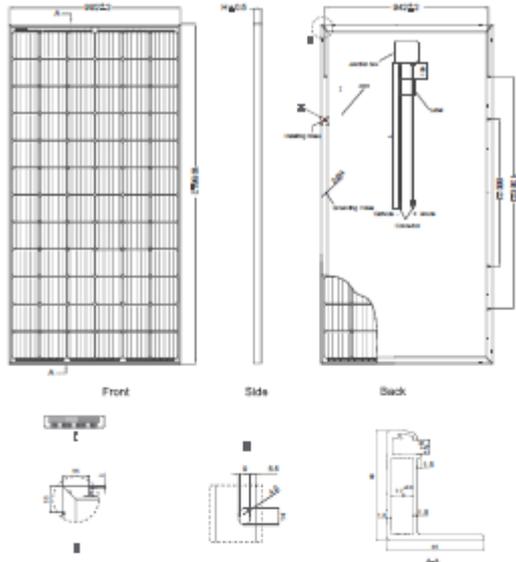
## LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

10 Year Product Warranty + 25 Year Linear Power Warranty

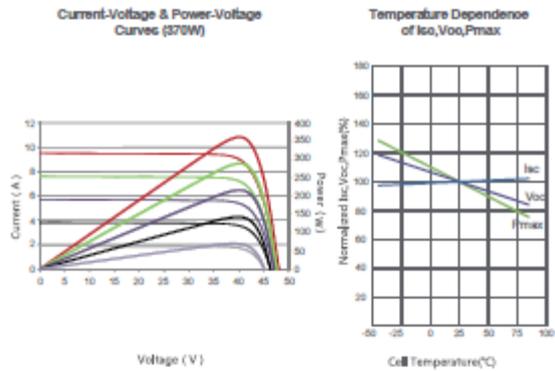


PFV EL BARCIAL 3 MW / 3,6 MWp  
Y SUS INFRAESTRUCTURAS DE EVACUACIÓN  
ANEJO 8

Engineering Drawings



Electrical Performance & Temperature Dependence



Mechanical Characteristics

Cell Type	Mono-crystalline PERC 156x156mm (6 inch)
No. of cells	72 (6x12)
Dimensions	1956x992x40mm (77.01x39.05x1.57 inch)
Weight	22.5 kg (49.6 lbs)
Front Glass	3.2mm, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP67 Rated
Output Cables	TÜV 1x4.0mm <sup>2</sup> , Length:900mm or Customized Length

Packaging Configuration

(Two pallets = One stack)  
26pcs/pallet, 52pcs/stack, 624 pcs/40'HQ Container

SPECIFICATIONS

Module Type	JKM360M-72-V		JKM365M-72-V		JKM370M-72-V		JKM375M-72-V		JKM380M-72-V	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	360Wp	270Wp	365Wp	274Wp	370Wp	278Wp	375Wp	282Wp	380Wp	286Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	39.5V	37.7V	39.7V	37.9V	39.9V	38.1V	40.2V	38.3V	40.5V	38.6V
Maximum Power Current (Imp)	9.12A	7.17A	9.20A	7.24A	9.28A	7.30A	9.33A	7.36A	9.39A	7.42A
Open-circuit Voltage (Voc)	48.0V	46.5V	48.2V	46.8V	48.5V	47.0V	48.7V	47.2V	48.9V	47.5V
Short-circuit Current (Isc)	9.51A	7.61A	9.57A	7.68A	9.61A	7.75A	9.68A	7.82A	9.75A	7.88A
Module Efficiency STC (%)	18.55%		18.81%		19.07%		19.33%		19.58%	
Operating Temperature(°C)	-40°C~+85°C									
Maximum system voltage	1500VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	20A									
Power tolerance	0~+3%									
Temperature coefficients of Pmax	-0.37%/°C									
Temperature coefficients of Voc	-0.28%/°C									
Temperature coefficients of Isc	0.048%/°C									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C									

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

\* Power measurement tolerance: ± 3%

The company reserves the final right for explanation on any of the information presented hereby. JKM360-380M-72-V-A1-EN

## 2. SEGUIDOR



### Diseño

- Accionamiento rotativo electromecánico irreversible con motor reductor de alta eficiencia de únicamente 88W de potencia.
- Autoalimentado con módulo o alimentado desde la red.
- Amplio recorrido de giro: 110° (± 55°).
- Tolerancia a las pendientes elevadas.
- Gran adaptación a terrenos irregulares.
- Disponibilidad superior al 99,9%.
- Compatible con diferentes soluciones de cimentación: hinca metálica, pre-taladros, micropilotes, zapatas.
- Compatible con todo tipo de paneles (con marco, glass-glass, thin-film, bifacial).

### Operación y Mantenimiento

- Acceso libre para limpieza de paneles.
- Mínima inversión en labores de O&M gracias al reducido número de componentes, la sencillez y robustez del sistema.
- Mantenimiento mínimo.
- Elementos de rotación libres de lubricación.

### Sistema de control

- Alta fiabilidad de operación.
- Gestión de alarma completamente configurable por el cliente.
- Algoritmo de backtracking personalizado a cada seguidor solar STI-H250™, evitando sombras y aumentando la producción.
- Fácil integración en el sistema de comunicaciones y SCADA de la planta gracias al Modbus TCP / IP standard.
- Sistema de comunicación Wireless Zigbee®.
- Monitorización remota y mantenimiento predictivo (evita paradas y aumenta la disponibilidad).
- Rápida puesta en marcha y herramientas de backtracking.

### Montaje

- Mínimo tiempo de instalación, rápido y simple.
- Altas tolerancias al error de posicionamiento de cimentación, tanto en los tres ejes (X, Y, Z) como al giro en los ejes Y y Z.
- Altura baja del panel para un fácil montaje.
- Conexiones 100% atornilladas. Sin perforación, corte o soldadura en el sitio.



T. +34 948 260 129  
Avda. Sancho el Fuerte, 26. Oficina 1  
31008 Pamplona, Navarra (España)

info@stinorland.com  
www.stinorland.com

**STInorland**

**PFV EL BARCIAL 3 MW / 3,6 MWp  
Y SUS INFRAESTRUCTURAS DE EVACUACIÓN  
ANEJO 8**



**Especificaciones técnicas**



**CARACTERÍSTICAS GENERALES**

Tipo de seguidor	Seguidor descentralizado bifila de un eje horizontal
Ratio de cobertura en el suelo (GCR)	Estándar 33%*
Área de módulos por seguidor	Aprox. 250 m <sup>2</sup>

**DIMENSIONES (con módulos de 72 cél. y 1/GCR = 3)\***

Módulos por viga de torsión	60*
Número de filas	2
Potencia pico instalada (módulo de 400Wp mono/bifacial)	48 kWp

**ACCIONAMIENTO DE GIRO**

Tipo de accionamiento	Actuador electromecánico rotativo
Alimentación	Batería LiFe P04 o alimentado desde la red
Consumo eléctrico conjunto de accionamiento	< 0.45 kWh/día
Potencia motor	88W/24VDC autoalimentado

**ESPECIFICACIONES MECÁNICAS**

Rango de giro	110° (+/-55°)
Velocidad máx. viento (en posición horizontal)	140 kmh/87 mph
Estructura	Acero galvanizado en caliente S235, S275, S355, S350GD, ZM310 o equivalente
Normativa	UL2703 / ASCE7-10 o Eurocódigo
Topografía	15% N-S / 10% E-O en el mismo seguidor Sin límites E-O en seguidores diferentes (Validar para valores más altos)

**SISTEMA DE CONTROL**

Control de seguimiento	NREL SOLPOS algoritmo astronómico con PLC (Exactitud ±0.001°)
Gestión de sombras	Algoritmo backtracking personalizado
Gestión de viento	Posición de abanderamiento configurable
Estándar de comunicaciones	Modbus RS485 / Modbus Wireless option (Zigbee®)

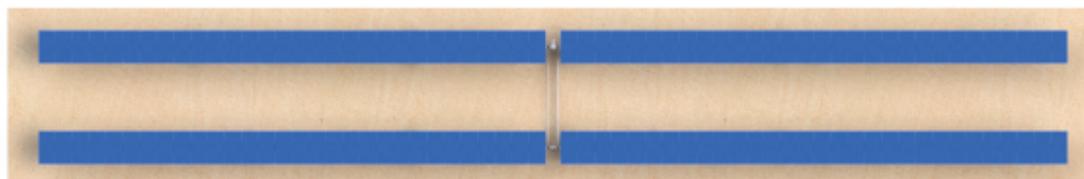
**MANTENIMIENTO**

Mantenimiento	Revisión anual
---------------	----------------

**GARANTÍA**

Estructura / Accionamiento y motor	10 años estructura / 5 años accionamiento y motor
------------------------------------	---

(\*). Configurable según proyecto. Disponibles otras opciones.



T. +34 948 260 129  
Avda. Sancho el Fuerte, 26. Oficina 1  
31008 Pamplona, Navarra (España)

info@stinorland.com  
www.stinorland.com

**STINORLAND**

### 3. CENTRO DE SECCIONAMIENTO Y PROTECCIÓN

#### SMA STRING-COMBINER



##### Robust

- Stable housing made of glass-fiber-reinforced polyester
- Indoor and outdoor installation possible thanks to IP54 degree of protection

- Can be operated at ambient temperatures of  $-25^{\circ}\text{C}$  to  $60^{\circ}\text{C}$  and at altitudes of up to 4000 m above MSL

##### Easy to Use

- Easy to install thanks to its compact structure and low weight
- Integrated DC load-break switch for ultra-high safety

##### Versatile

- For PV array voltages of 1000 V and 1500 V
- Collection and safeguarding of 16, 24 or 32 strings for flexibility during the system design phase

#### SMA STRING-COMBINER

For safe collection of all strings in the PV field

The boxes can be installed quickly, safely and easily both indoors and outdoors thanks to their compact dimensions, while their robust enclosure guarantees durability and reliable safety in the PV field. The SMA String-Combiners with 24 and 32 string inlets are fitted with two cable outlets per pole as standard and cover – just like the Combiner with 16 string inlets – a sealing range of 17 to 38.5 millimeters. Cables with cross-sections of 70 to 400 mm<sup>2</sup> can be inserted.

**PFV EL BARCIAL 3 MW / 3,6 MWp  
Y SUS INFRAESTRUCTURAS DE EVACUACIÓN  
ANEJO 8**

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ARAGÓN Y LA RIOJA

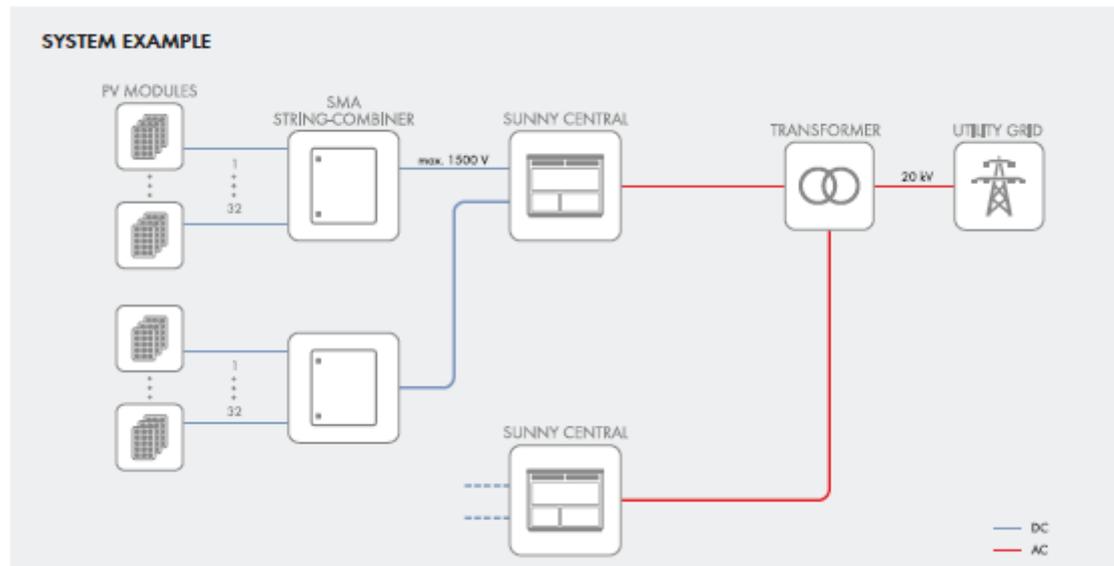
Nº Colegiado.: 2474  
MACHIN ITURRIA, PEDRO

VISADO Nº: VD03389-20A  
DE FECHA: 26/10/2020

E-VISADO

## SMA STRING-COMBINER for 1500 V<sub>DC</sub> systems

Technical Data	DC-CMB-U13-16	DC-CMB-U13-24	DC-CMB-U13-32
<b>Input (DC)</b>			
Rated voltage	1500 V	1500 V	1500 V
Altitude derating (rated voltage)	2001 m to 3000 m above MSL = reduction by 1.0% per 100 m 3001 m to 4000 m above MSL = reduction by 1.2% per 100 m		
Number of string inputs / fuse holders per pole	16	24	32
Rated current	17.2 A	13.75 A	10.31 A
Fuse type*	10.3 x 85 - 1500 VDC - gPV		
String connection	Connection to the fuse holder		
Sealing range of cable gland	5 mm to 8 mm		
<b>Output (DC)</b>			
Rated current	275 A	330 A	330 A
Temperature derating (rated current)	>50°C operating temperature = reduction by 1% per K		
DC switch (load-break switch)	400 A / 1500 V	400 A / 1500 V	400 A / 1500 V
Surge arrester	Type 2, In = 15 kA; Imax = 40 kA		
DC output	Busbar (ring terminal lug M12)		
Number of DC outputs	1	1 / 2	1 / 2
Conductor cross-section	Busbar 70 mm <sup>2</sup> to 400 mm <sup>2</sup>		
Sealing range of cable glands	17 mm to 38.5 mm	17 mm to 38.5 mm	17 mm to 38.5 mm
<b>Enclosure / Ambient Parameters</b>			
IP degree of protection according to IEC 60529	IP 54 / self-ventilated	IP 54 / self-ventilated	IP 54 / self-ventilated
Enclosure material	Glass-fiber reinforced plastic / UV-resistant		
Dimensions (W / H / D), wall mounting bracket and string cable harness included	550 / 650 / 260 mm (21.65 / 25.59 / 10.24 inch)		590 / 790 / 285 mm (23.23 / 31.10 / 11.22 inch)
Max. weight	25 kg (55 lb)	28 kg (62 lb)	40 kg (88 lb)
Protection class (according to IEC 60529)	II	II	II
Mounting type	Wall mounting		
Ambient temperature in operation / during storage	-25°C to +60°C / -40°C to +70°C		
Relative humidity	0% to 95%, non-condensing		
Max. altitude above MSL	4000 m	4000 m	4000 m
Standards	CE, IEC 61439-1, IEC 61439-2		
Compliance	CE, IEC 61439-1, IEC 61439-2		
* accessory required			



## 4. POWER STATION MV SKID



PURE ENERGY

# SOLAR SOLUTIONS

# MV SKID STATION



## MV SKID

UTILITY SCALE SOLAR STATION



TURN-KEY SOLUTION



HIGH RELIABILITY



EASY TO INSTALL



OUTDOOR DURABILITY

### SIMPLIFY YOUR COMMISSIONING WITH THE MOST COMPETITIVE SOLUTION INTEGRATED WITH ALL THE MEDIUM VOLTAGE EQUIPMENT

The MV Skid is a compact turnkey outdoor platform made from high resistance galvanized steel with all the medium voltage equipment integrated, including an outdoor power transformer, MV switchgear, oil tank, filter and built in fast power connection to any HEC and HEMK solar inverter. With between 400V-460V and 565V-690V in the low voltage range and 12kV to 36kV in the high voltage range, this compact platform achieves power outputs between 1050kVA and 3800kVA when combined with the HEC and HEMK solar inverter series. This compact solution also allows the installation of a low voltage cabinet that is fully configurable to the customer needs as well as different types of cells and even an enclosure fence among other options. The MV SKID simplifies the project design of the PV plant, reducing installation costs and the amount of resources needed. The benefits of the MV Skid and the fact that it is also easier to transport and deliver into remote sites makes it the optimal solution for EPC's (engineering, procurement and construction).

**PFV EL BARCIAL 3 MW / 3,6 MWp  
Y SUS INFRAESTRUCTURAS DE EVACUACIÓN  
ANEJO 8**

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS  
INDUSTRIALES DE ARAGÓN Y LA RIOJA

Nº Colegiado.: 2474  
MACHIN ITURRIA, PEDRO

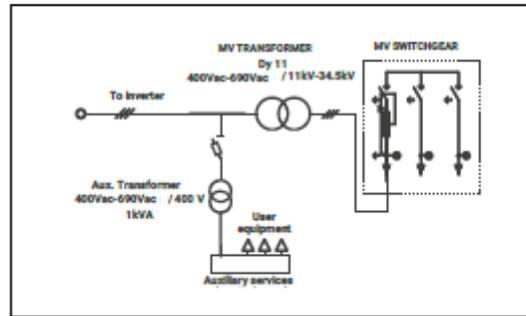
VISADO Nº: VD03389-20A  
DE FECHA: 26/10/2020

E-VISADO

POWER ELECTRONICS

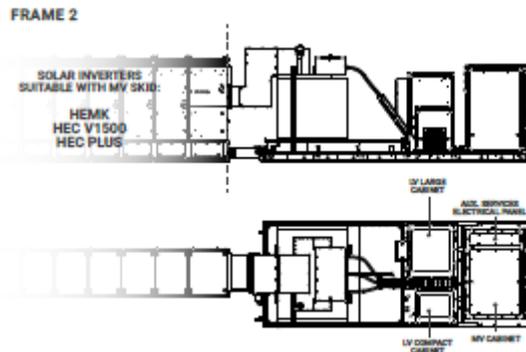
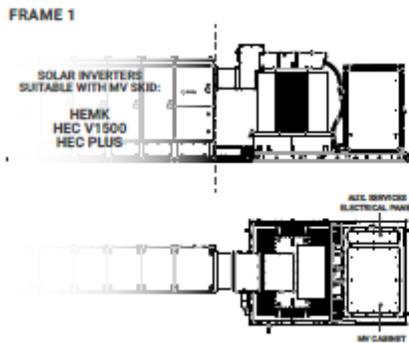
**MODEL NUMBERS AND OPERATIONAL DIAGRAM**

REFERENCE		RATED POWER (kVA)
FRAME 1 AND FRAME 2 <sup>(1)</sup>	MVS1050	1050
	MVS1100	1110
	MVS1220	1220
	MVS1335	1335
	MVS1440	1440
	MVS1550	1550
	MVS1630	1630
	MVS1710	1710
	MVS1800	1800
	MVS1900	1900
FRAME 2	MVS2000	2000
	MVS2110	2110
	MVS2225	2225
	MVS2330	2330
	MVS2440	2440
	MVS2550	2550
	MVS2660	2660
	MVS2860	2860
	MVS3000	3000
	MVS3110	3110
	MVS3345	3345
	MVS3500	3500
	MVS3630	3630
	MVS3800	3800

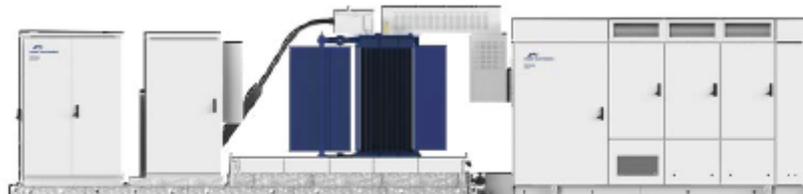


[1] Example: MVS1050S for Frame 1 / MVS10050L for Frame 2

**SECTIONS**



For customized solutions, contact Power Electronics.



**PFV EL BARCIAL 3 MW / 3,6 MWp  
Y SUS INFRAESTRUCTURAS DE EVACUACIÓN  
ANEJO 8**



**TECHNICAL CHARACTERISTICS**

**MV SKID**

MV SKID	FRAME 1		FRAME 2	
	<b>MEDIUM VOLTAGE EQUIPMENT</b>	Rated Power range	1050kVA - 2110kVA	
	MV Voltage range	11kV / 20kV / 22kV / 23kV / 33kV / 34,5kV		
	LV Voltage range	400V / 420V / 440V / 460V - HEC PLUS inverters 565V / 600V / 615V / 630V / 645V / 660V / 690V - HEC V1500 and HEMK inverters		
	Type of tank	Oil-sealed		
	Cooling	ONAN (KNAN optional)		
	Vector Group	Dy11		
	Transformer protection	DGPT-2 (PT100 optional)		
	Oil tank	Integrated with valve and filter		
	Transformer protection rate	IP54		
	Switchgear configuration	Single feeder (L) or Double feeder (2L)		
	Switchgear protection <sup>[1]</sup>	Fuses (P) / Automatic circuit breaker (V)		
<b>CONNECTIONS</b>	Inverter AC connection	Close couple solution (Plug & Play)		
	LV protection	Circuit breaker included in the inverter		
	HV AC wiring	MV Bridge between transformer and protection switchgear prewired		
<b>ENVIROMENT</b>	Ambient Temperature	-20°C...+50°C (t>50°C power derating)		
	Extended Temperature <sup>[2]</sup>	-35°C...+50°C (t>50°C power derating)		
	Max. Altitude (above sea level)	>2000m power derating		
	Relative Humidity	4% to 95% Non condensing		
<b>MECHANICAL CHARACTERISTICS</b>	Skid Dimensions (WxLxD) mm	3690x2340x2235		5640x2340x2235
	Skid weight with MV equipment <sup>[1]</sup>	< 8 Tn		
	Oil tank material	Galvanized Steel		
	Skid Body material	Galvanized Steel		
	Cabinet type	Outdoor		
	Anti-rodent protection	✓		
<b>AUXILIARY SERVICES ELECTRICAL PANEL</b>	Auxiliary supply	3x400V, 50/60Hz		
	User power supply available	1kVA or 6kVA		
	Additional auxiliary transformer <sup>[4]</sup>	10kVA / 15kVA / 25kVA		
	Cooling	Air		
	Auxiliary supply protection	✓		
	Communication <sup>[4]</sup>	Ethernet (Fiber optic or RJ45)		
	UPS system for monitoring <sup>[4]</sup>	1kVA / 3kVA, 10 minutes		
<b>AUXILIARY OUTDOOR TRANSFORMER</b>	Rated Power (Voltage)	-		30kVA / 40kVA / 50kVA (3x400V)
	Cooling	-		Air
	Protection	-		Circuit breaker
	Cabinet type	-		Outdoor
<b>LV COMPACT CABINET</b>	Additional indoor auxiliary transf. <sup>[4]</sup>	-		10kVA / 25kVA / 40kVA / 50kVA (3x400V)
	UPS system for monitoring <sup>[4]</sup>	-		1kVA / 3kVA, 10 minutes
	Cooling	-		Air forced
	Auxiliary supply protection	-		✓
	Cabinet type	-		Outdoor
<b>LV LARGE CABINET</b>	Additional indoor auxiliary transf. <sup>[4]</sup>	-		25kVA / 40kVA / 50kVA (3x400V)
	UPS for trackers <sup>[4]</sup>	-		20kVA / 40kVA, 10 minutes
	Cooling	-		Air forced
	Auxiliary supply protection	-		✓
	Cabinet type	-		Outdoor
<b>OTHER EQUIPMENT</b>	Safety mechanism	Trapped key safety interlock		
	Safety perimeter	Transformer access protection fence		
	Cabinet heating	Heating resistors		
	Interior lighting	Fluorescent lamp		
	Emergency lighting	Electronic supplier for emergency lighting (1h autonomy)		
	Air conditioner	UPS batteries cooling		
	Communication <sup>[4]</sup>	Splice box / MV Switchgear monitoring		
<b>STANDARDS</b>	Medium Voltage	IEC 62271-202, IEC 62271-200, IEC 60076, IEC 61439-1		

[1] Depending on customer configuration.

[2] Optional. For additional information or available configurations, please consult Power Electronics.

[3] Other temperature range, consult Power Electronics.

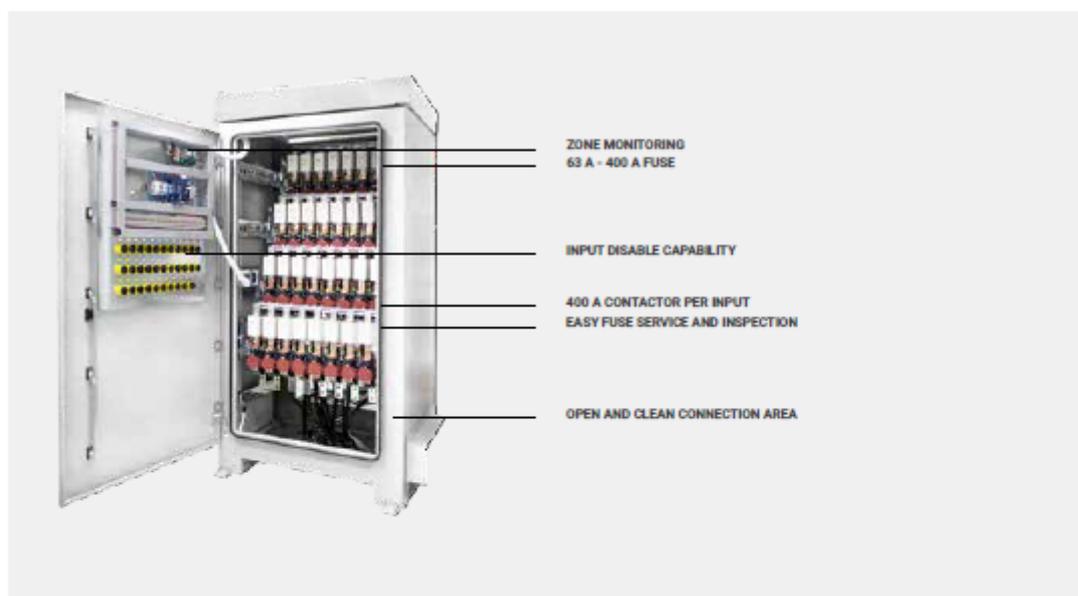
[4] By demand.

## 5. INVERSOR FS3000CH15

POWER ELECTRONICS

### DISCONNECTION AND PROTECTION

HEC V1500 is available with an external DC disconnection and protection unit (DU unit) that will be coupled together with the inverter by a mounting kit. The DC subsystems are fully customizable and can be featured with up to 32 inputs. The disconnecting unit goes one step further by improving the PV plant safety and operation for those who apply the best engineering.



### TECHNICAL INFORMATION

Voltage rating	1500 Vdc
Maximum number of inputs	Frame 1: 16 inputs Frame 2: 32 inputs
Maximum DC continuous current	3745 A
Maximum DC short circuit current	5450 A
Maximum fuse size per input	400 A
Max. positive and negative input wire size	2 x 750 kcmil - 380 mm <sup>2</sup> (Check Installation Manual for further information)
Terminals	2 holes - 1.75" hole spacing
String configuration	Floating array / Positive or negative pole grounded
Floating array protection	Insulation monitoring device
Grounded array protection	GFDI / GFDI + Insulation monitoring device (NEC 2014) optional
Operating temperature	-35°C to 60°C
Zone monitoring	Optional (Voltage and current monitoring)
DC disconnect	400 A DC contactor
Input disable capability	2 push buttons in Frame 1 4 push buttons in Frame 2 Other configurations optional
Fuse mounting	Up to 32 x Busbar bolted
Cooling	Forced air cooling, temperature controlled
Heating	Heating resistor
Type	IEC / UL

**PFV EL BARCIAL 3 MW / 3,6 MWp  
Y SUS INFRAESTRUCTURAS DE EVACUACIÓN  
ANEJO 8**

**COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ARAGÓN Y LA RIOJA**  
 N.º Colegiado.: 2474  
 MACHIN ITURRIA, PEDRO  
**VISADO Nº A VD03389-20A**  
 DE FECHA Nº: 26/10/2020  
**E-VISADO**

HEC V1500 53

**CONFIGURATION TABLE**

<b>FAMILY</b>	Freesun Disconnecting Unit FSDK					
<b>SERIES</b>	C HEC Series					
<b>TYPE</b>	U UL	H IEC				
<b>MAXIMUM VOLTAGE</b>	15 1500V					
<b>INPUTS PER POLE</b>	01 1 Input	-- --	32 32 Inputs			
<b>STRING LOCKOUT AND TAGOUT</b>	A Standard (1 input per tray)	B 3 Push buttons	C 4 Push buttons	-- --	Z 1 Pushbutton per Input	
<b>LIGHTNING AND OVERVOLTAGE PROTECTIONS</b>	O Type 2		L Type 1			
<b>ZONE MONITORING</b>	N Not Included		C Current Monitoring			
<b>INSULATION MONITORING</b>	I Insulation Monitoring (Floating Array)		GFDI + Insulation Monitoring (negative pole grounded)			
<b>PAINT AND CORROSION PROTECTION</b>	A C4		M CSM			

**INSULATION MONITORING DEVICE**

Insulation monitoring can detect cable insulation issues in the PV array. If low insulation resistance is detected between the array and ground, the device disconnects the inverter and writes a fault message in the system fault log. In grounded systems, an additional contactor connected in series with the GFDI disconnects the pole from the ground every morning, prior to the startup sequence of the inverter, in order to allow the monitoring device to check the insulation between both poles and ground.

**VOLTAGE AND CURRENT MONITORING**

The FSDK Voltage and Current monitoring option provides data for zone current values, as well as the open circuit voltage for every DC input. DC Voltage and current monitoring allows an operator to safely check the PV array operation without opening the DC cabinet. With the Voltage and Current monitoring option, a remote SCADA operator will be able to receive fault messages like "unbalanced currents", "unbalanced voltages" or "blown fuse" and take appropriate action based on the status of the PV field.

**LOW STRING INSULATION DETECTOR**

Using the individual DC contactors and the Insulation Monitoring option, the FSDK unit can automatically identify which input has low insulation and isolate it from the rest of the PV field. After the faulted line is disconnected, the inverter will log the error and send a warning to the O&M team to provide information about the faulty input. Detailed troubleshooting information will reduce service time and quickly get a system back on-line.

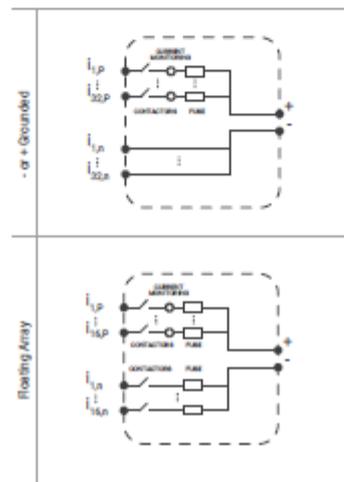
PARSHED

**DIMENSIONS & DIAGRAMS**

FRAME 2



FRAME 1



**PFV EL BARCIAL 3 MW / 3,6 MWp  
Y SUS INFRAESTRUCTURAS DE EVACUACIÓN  
ANEJO 8**



POWER ELECTRONICS

**TECHNICAL CHARACTERISTICS**

**HEC V1500 - 690V**

	FRAME 1	FRAME 2	FRAME 3	FRAME 4	FRAME 5
<b>NUMBER OF MODULES</b>	3	4	5	6	7
<b>REFERENCE</b>	<b>FS1275CH15</b>	<b>FS1700CH15</b>	<b>FS2125CH15</b>	<b>FS2550CH15</b>	<b>FS3000CH15</b>
<b>OUTPUT</b>	AC Output Power (kVA/kW) @50°C <sup>[1]</sup> AC Output Power (kVA/kW) @25°C <sup>[1]</sup> Max. AC Output Current (A) @25°C Operating Grid Voltage (VAC) Operating Grid Frequency (Hz) Current Harmonic Distortion (THDi) Power Factor (cosine phi) <sup>[2]</sup> Power Curtailment MPPT @full power (VDC) <sup>[1]</sup> Maximum DC voltage Max. DC continuous current (A) Max. DC short circuit current (A)				
<b>INPUT</b>	1275 1530 1285 690V ±10% 50Hz/60Hz < 3% per IEEE519 0.0 leading ... 0.0 lagging / Reactive Power injection at night 0...100% / 0.1% Steps 976V - 1310V 1500V 1600 2140 2320 2125 2550 2140 2570 3000 3500 3000				
<b>EFFICIENCY &amp; AUXILIARY SUPPLY</b>	Efficiency (Max) (η) Euroeta (η) Max. Standby Consumption (Prnight) Control Power Supply				
<b>CABINET</b>	Dimensions [WxDxH] [mm] Weight (kg) Air Flow Type of ventilation				
<b>ENVIRONMENT</b>	Degree of protection Permissible Ambient Temperature Relative Humidity Max. Altitude (above sea level) Noise level <sup>[4]</sup>				
<b>CONTROL INTERFACE</b>	Interface Communication protocol Power Plant Controller Keyed ON/OFF switch Digital I/O Analog I/O				
<b>PROTECTIONS</b>	Ground Fault Protection Humidity control General AC Protection & Disconn. General DC Protection & Disconn. Module AC Protection & Disconn. Module DC Protection Overvoltage Protection				
<b>CERTIFICATIONS</b>	Safety				

[1] Values at 1.00\*Vac nom and cos Φ= 1.  
Consult Power Electronics for derating curves.  
[2] Consult P-Q charts available: Q(kVAR)=√(S(kVA)<sup>2</sup>-P(kW)<sup>2</sup>).

[3] Heating resistors kit option below -20°C.  
[4] Readings taken 1 meter from the back of the unit.

## 6. CONTROLADOR DE LA PLANTA FOTOVOLTAICA

POWER ELECTRONICS

### PPC

UTILITY SCALE POWER PLANT CONTROLLER

Power Electronics experience in integrating its products into different global electrical networks enables us to offer a set of solutions that can be customized to your requirements to control different sources of energy into the same grid. The integration of an alternative power source creates an unprecedented opportunity to reduce operational costs to off-grid industrial and commercial facilities.



### TECHNICAL CHARACTERISTICS

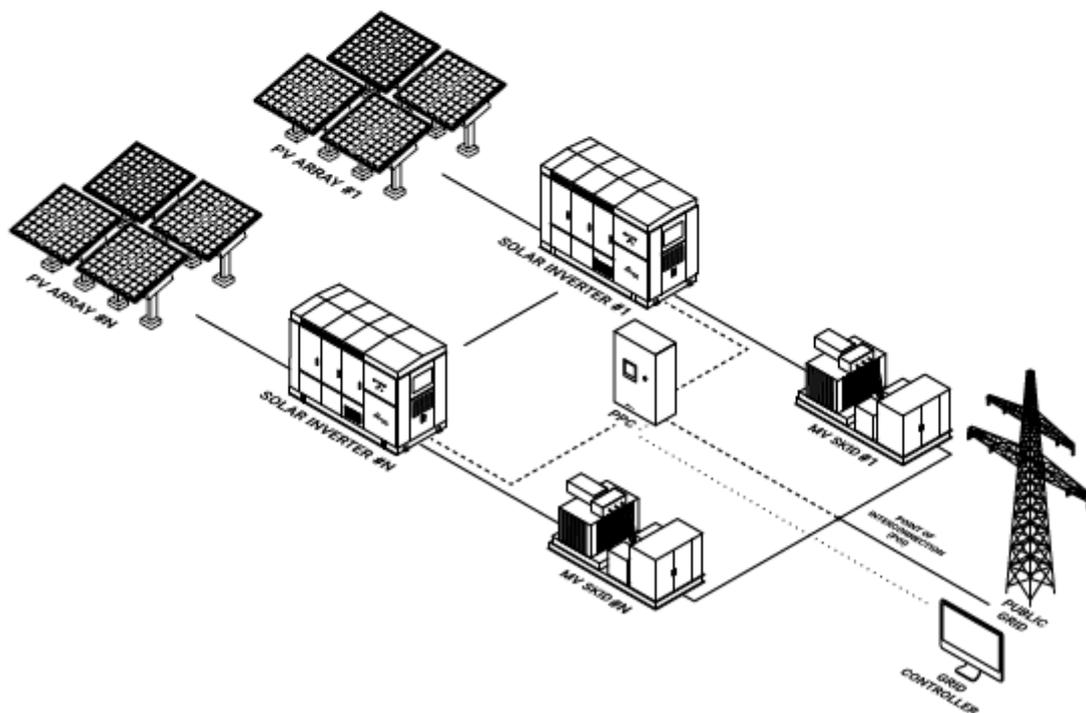
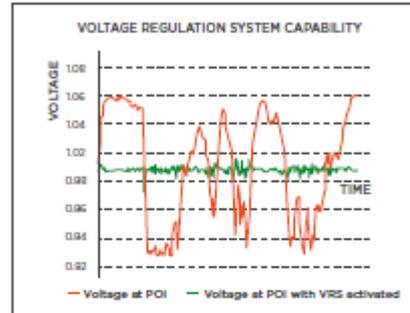
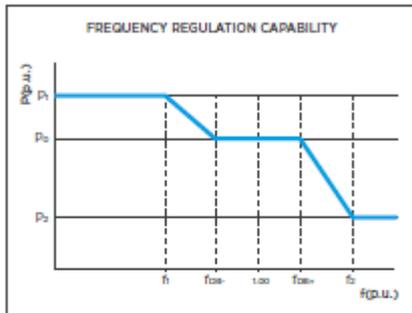
<b>GENERAL DATA</b>	Dimensions (WxDxH) mm	415 x 230 x 515
	Weight (kg)	10
	Mounting system	Wall mounted
	Compatible Inverters	HE, HEC, HEM, HEMK and Freemaq PCS
	Power Supply	250W
<b>I/O and COMMUNICATIONS<sup>[1]</sup></b>	4 x Digital Inputs	Programmable inputs and active high (24Vdc). Optically isolated.
	1 x RS485 Port	3 wires (GND,A,B), Modbus RTU
	1 x USB Port	PC connectable using a master Modbus configurator (ModScan or similar). Reserved for TS.
	1 x CAN Port	3 wires (LQ, GND, HI), Modbus RTU
	1 x Ethernet Port (RJ45)	Modbus TCP/IP
<b>ENVIRONMENTAL CONDITIONS</b>	Operation Temperature	0~50°C (32~122°F)
	Storage temperature	-20~80°C (-4~176°F)
	Humidity	5-95% non-condensing
	Degree of protection	IP42
<b>CERTIFICATIONS</b>	CE	
<b>OTHERS</b>	Web interface for local and remote monitoring	
	Customized solution	

[1] Communication ports can be customised depending on PV plant design without prior notice.

## DYNAMIC GRID SUPPORT

The Power Electronics Power Plant Controller is a device used to manage PV plants in order to comply with all the utility and customer requirements, thanks to its fast and flexible control algorithms. The PPC helps the grid controller to manage the performance of the PV plant, guaranteeing grid quality requirements.

The PPC includes the latest utility interactive specifications to support the grid, by controlling the reactive and active power at the POI with a fast response time. This flexible plant control device allows the user to customize the unit, in order to comply with any grid code standards and regulations.



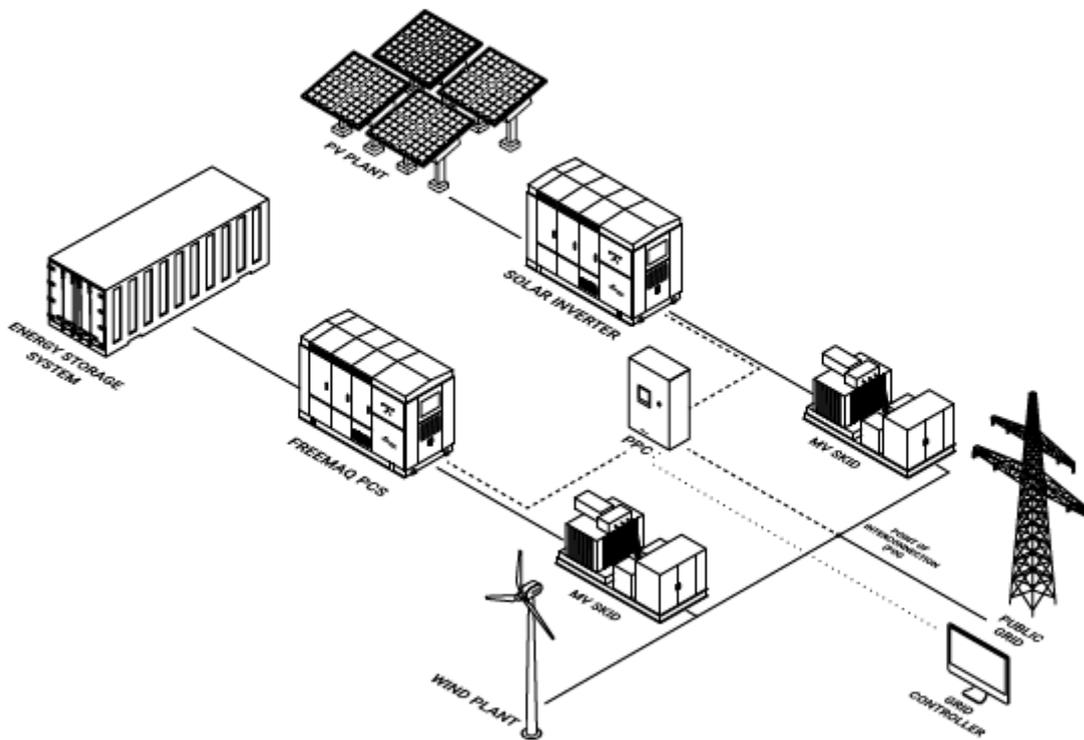
POWER ELECTRONICS

## POWER PLANT CONTROLLER

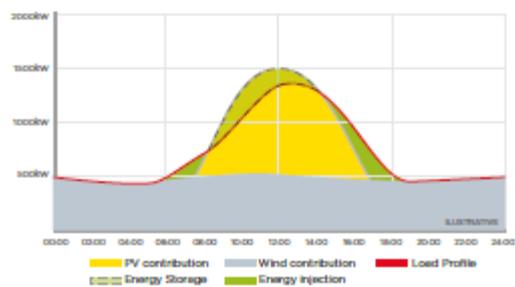
The Power Plant Controller (PPC) can be the main governor of the most complex Multi PCS systems by monitoring the point of interconnection (POI) and at the same time controlling the power generation and storage equipment.

The PPC is equipped with the latest PLC based microprocessor that interacts through the programmable digital/

analogue signals and communication ports (Modbus TCP). The PPC together with the Freesun solar inverter or the Free-maq series can be customized for those countries (Puerto Rico, Hawaii...) that require full compliance to stringent dynamic grid support response at POI.



- PPC main governor and interface of the system.
- Multiple renewable power sources: solar, wind, etc.
- Centralized dynamic grid support at POI.
- Power smoothing – Enable ramp rate control.
- Storage equipment control.





---

**PROYECTO ADMINISTRATIVO  
PFV EL BARCIAL 3 MW / 3,6 MWp  
Y SUS INFRAESTRUCTURAS DE EVACUACIÓN**

**DOCUMENTO 3: PLANOS**

Término Municipal Zuera (Zaragoza)

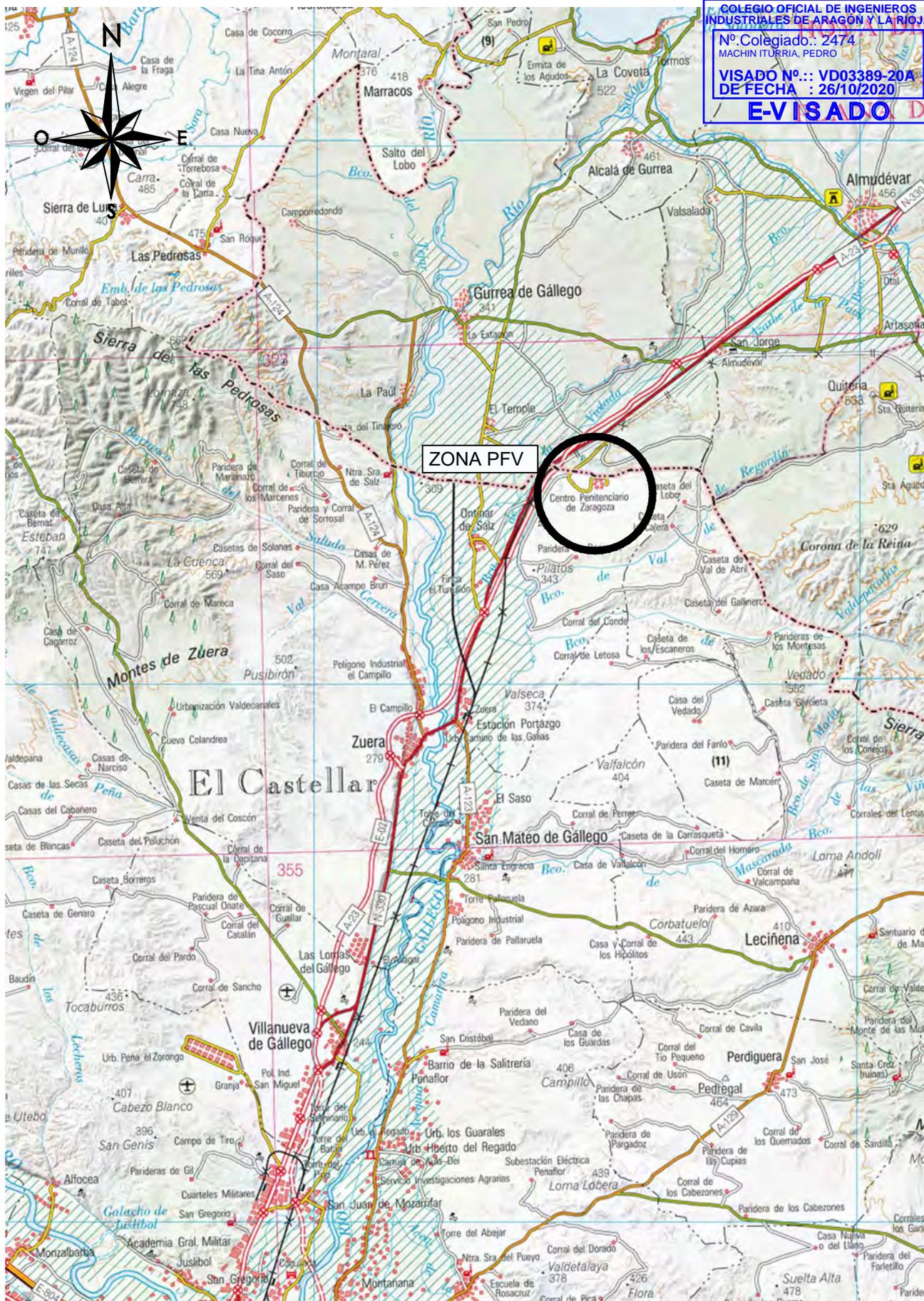
---



*En Zaragoza, octubre de 2020*

## ÍNDICE

1. Situación
2. Emplazamiento
3. Planta general
4. Ortofoto
5. Ruta de acceso
6. Trazado caminos
7. Parcelario
8. Afecciones
9. Circuitos eléctricos y trazado de zanjas
10. Zanjas tipo
11. Unifilares
12. Centro de transformación
13. Puesta a tierra
14. Vallado
15. Centro de Seccionamiento
16. Sección tipo viales



COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ARAGÓN Y LA RIOJA  
 Nº Colegiado.: 2474  
 MACHIN ITURRIA, PEDRO  
 VISADO Nº.: VD03389-20A  
 DE FECHA.: 26/10/2020  
**E-VISADO D**

ZONA PFV

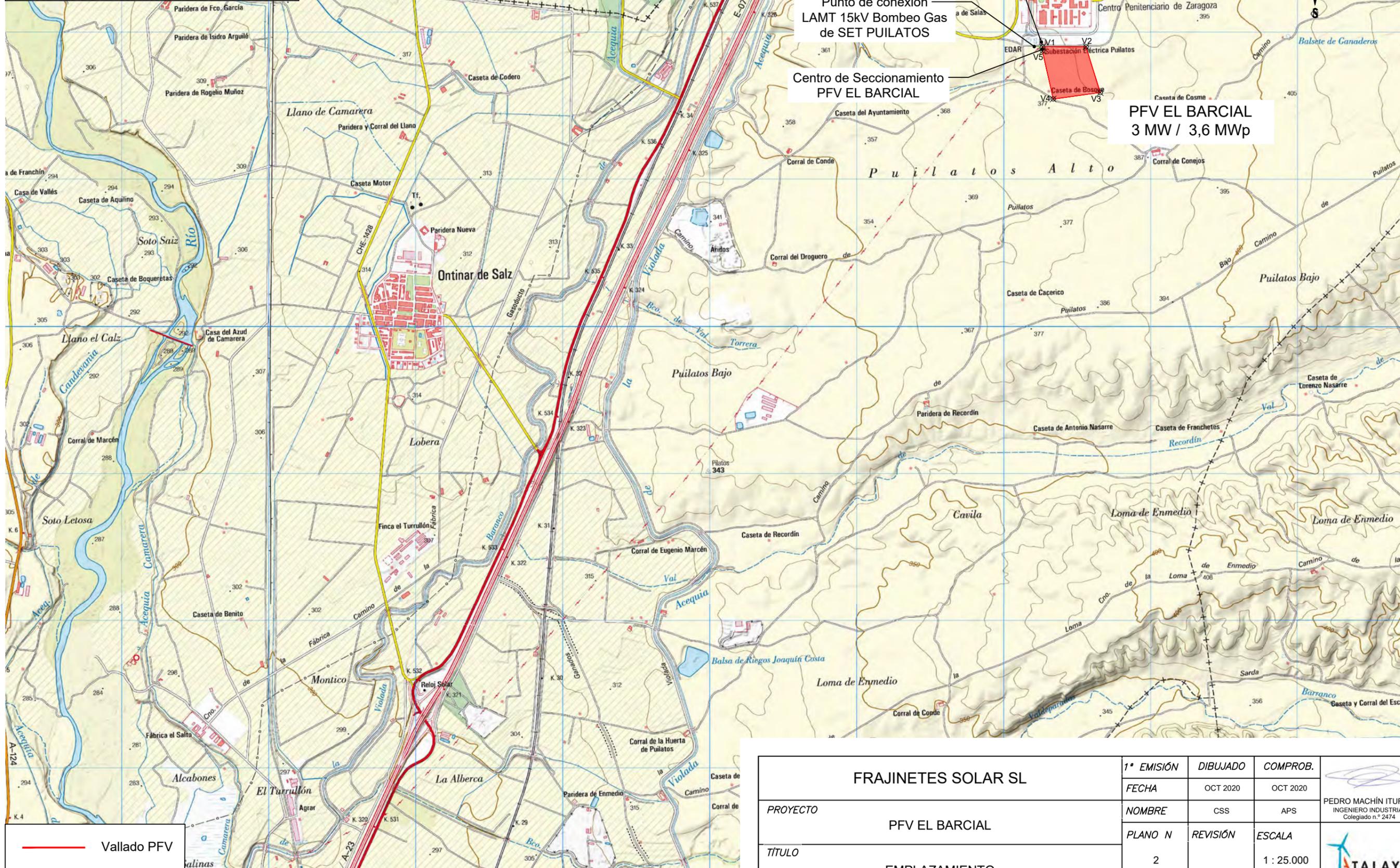


Documento original depositado en los archivos del Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Aragón y La Rioja con Reg. Entrada nº RG04034-20y VISADO electrónico VD03389-20A de 26/10/2020. CSV = T4HDBGXCTRA7OUKL verificable en http://coilar.e-visado.net

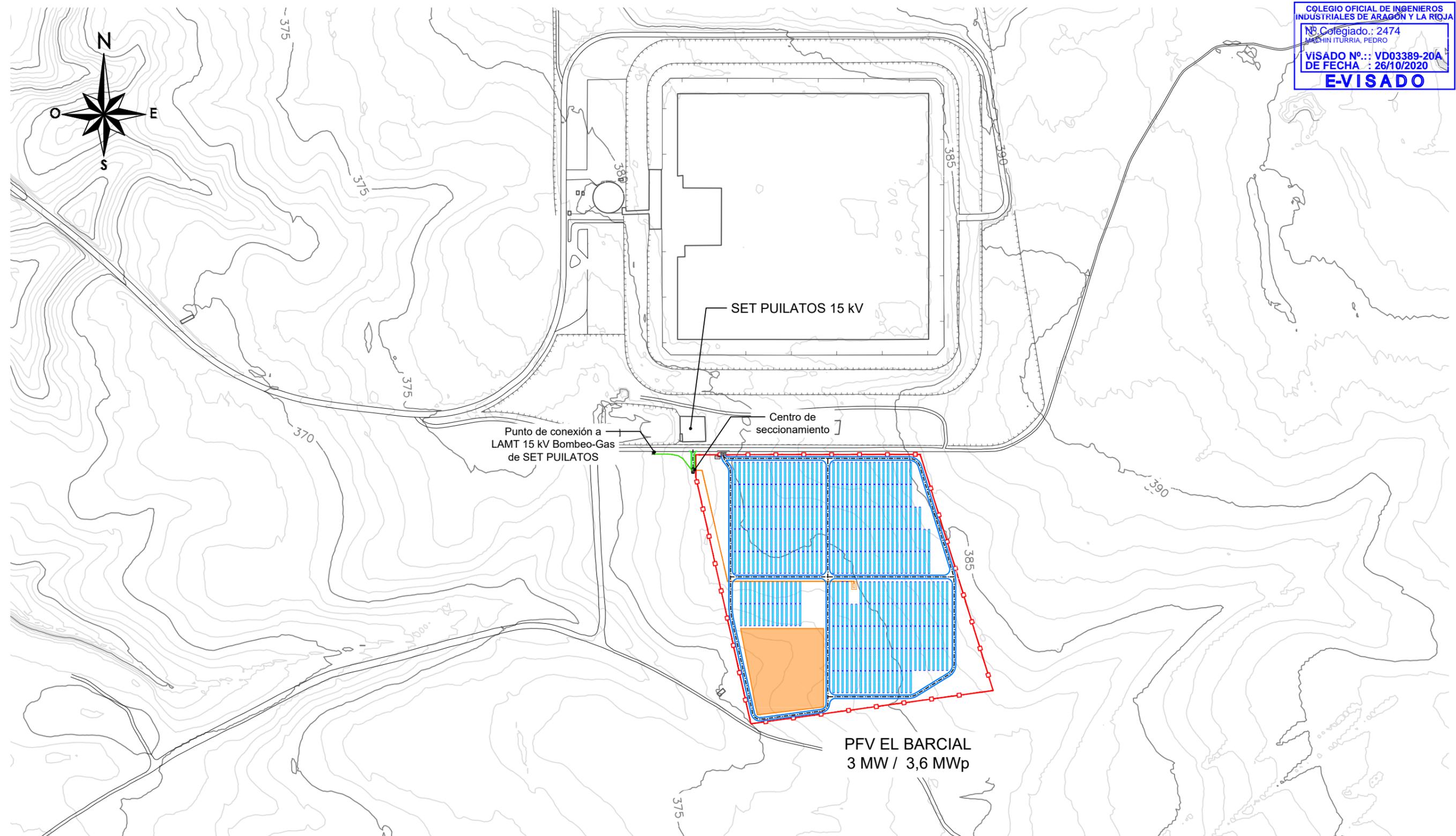
<b>FRAJINETES SOLAR SL</b>  PROYECTO <b>PFV EL BARCIAL</b>		1ª EMISIÓN	DIBUJADO	COMPROB.	 PEDRO MACHIN ITURRIA INGENIERO INDUSTRIAL Colegiado n.º 2474
		FECHA	OCT 2020	OCT 2020	
TÍTULO <b>SITUACIÓN</b>		NOMBRE	CSS	APS	
		PLANO N	REVISIÓN	ESCALA	
		1			



VALLADO PFV EL BARCIAL		
VERTICE	COORDENADA X	COORDENADAS Y
V1	690.563	4.646.901
V2	690.266	4.646.901
V3	690.266	4.646.872
V4	690.339	4.646.546
V5	690.659	4.646.590
COORDENADAS UTM ETRS89 HUSO 30		

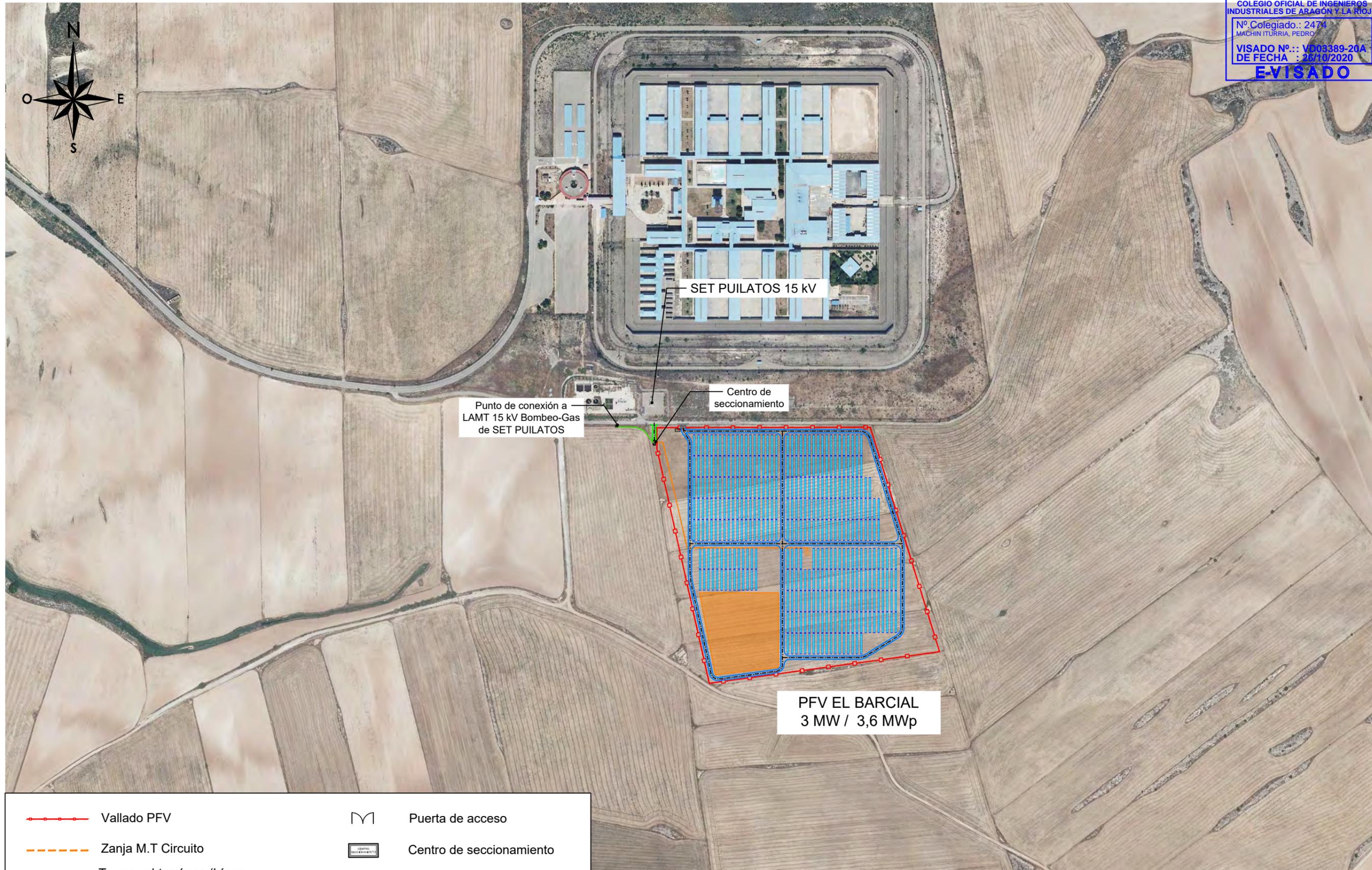


FRAJINETES SOLAR SL	1ª EMISIÓN	DIBUJADO	COMPROB.	 PEDRO MACHÍN ITURRIA INGENIERO INDUSTRIAL Colegiado n.º 2474	
	FECHA	OCT 2020	OCT 2020		
PROYECTO	PFV EL BARCIAL	NOMBRE	CSS	APS	
TÍTULO	EMPLAZAMIENTO	PLANO N	REVISIÓN	ESCALA	
		2		1 : 25.000	



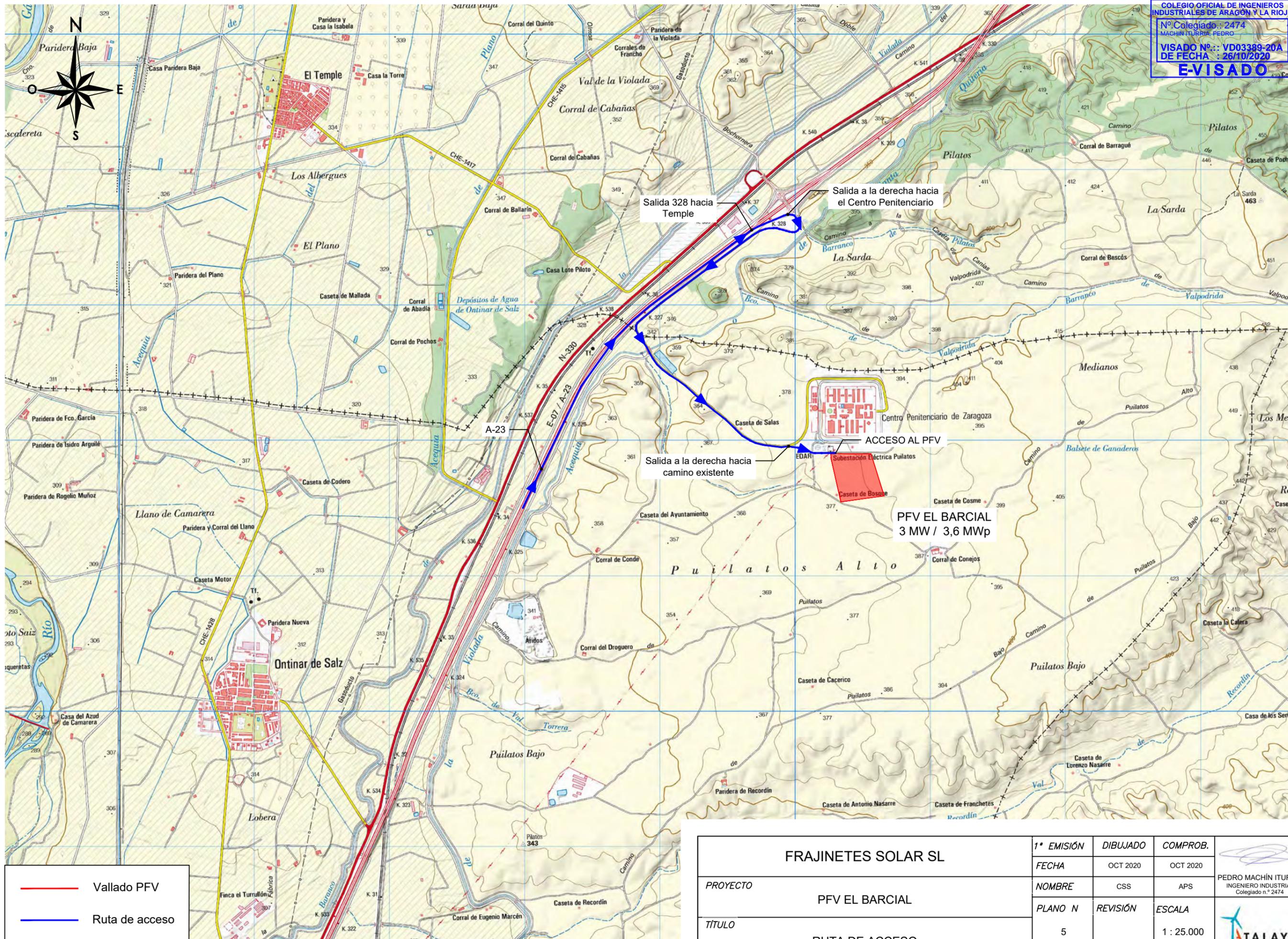
	Vallado PFV		Puerta de acceso
	Zanja M.T Circuito		Centro de seccionamiento
	Tramo subterráneo (Línea aéreo-subterránea 15 kV)		Centro de Control
	Seguidor con módulos fotovoltaicos		Viales interiores
	Zona de acopio		Adecuación camino existente
	Centro de transformación		Viales de acceso CS

<b>FRAJINETES SOLAR 4 SL</b>		1ª EMISIÓN	DIBUJADO	COMPROB.	
		FECHA	OCT 2020	OCT 2020	
PROYECTO	PFV EL BARCIAL	NOMBRE	CSS	APS	PEDRO MACHÍN ITURRIA INGENIERO INDUSTRIAL Colegiado n.º 2474
TÍTULO		PLANTA GENERAL	PLANO N	REVISIÓN	ESCALA
		3		1 : 5.000	



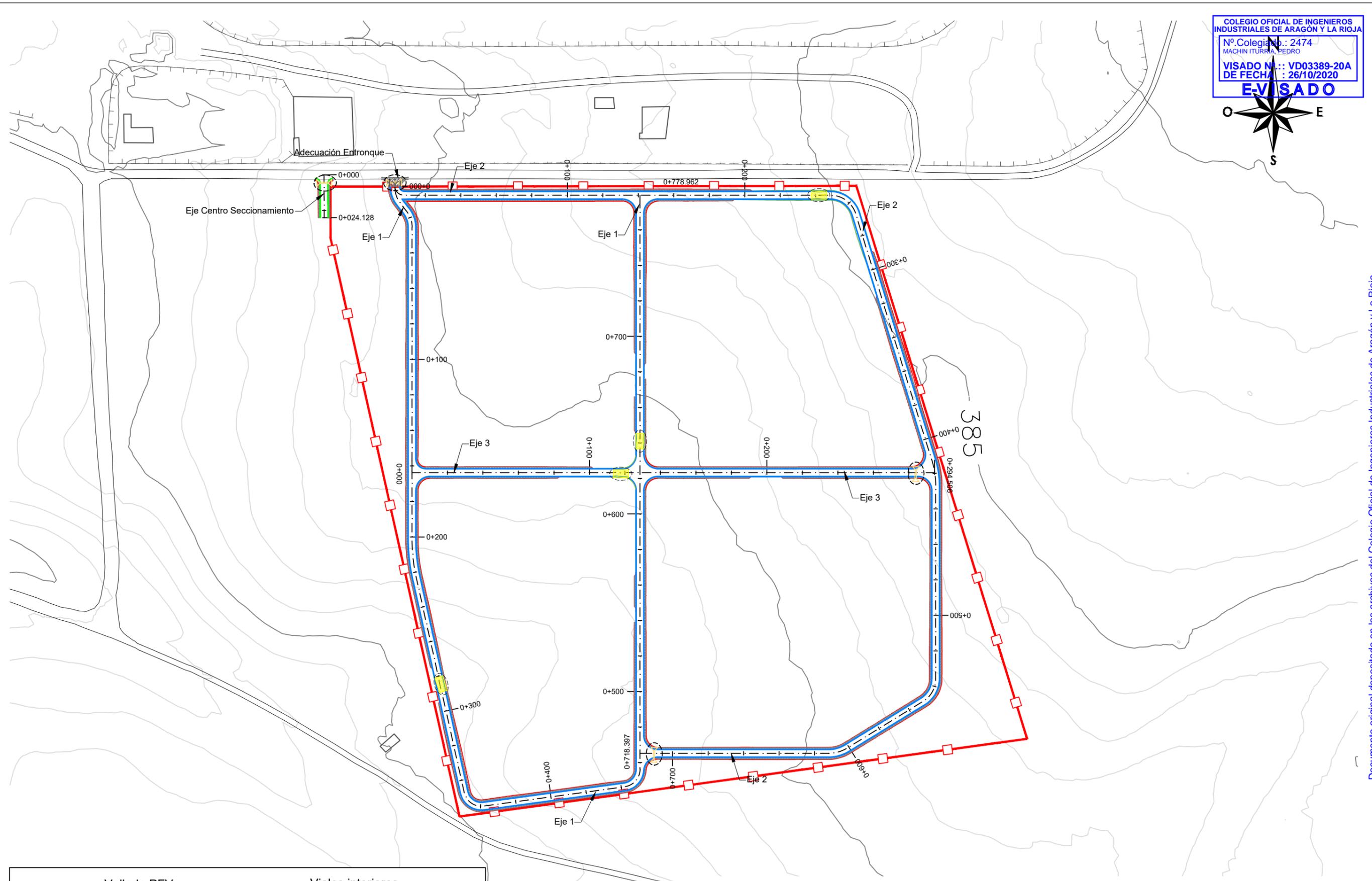
	Vallado PFV		Puerta de acceso
	Zanja M.T Circuito		Centro de seccionamiento
	Tramo subterráneo (Línea aéreo-subterránea 15 kV)		Centro de Control
	Seguidor con módulos fotovoltaicos		Viales interiores
	Zona de acopio		Adecuación camino existente
	Centro de transformación		Viales de acceso CS

<b>FRAJINETES SOLAR 4 SL</b>		1ª EMISIÓN	DIBUJADO	COMPROB.	
		FECHA	OCT 2020	OCT 2020	
PROYECTO	PFV EL BARCIAL	NOMBRE	CSS	APS	INGENIERO INDUSTRIAL Colegiado n.º 2474
TÍTULO		ORTOFOTO	PLANO N	REVISIÓN	ESCALA
		4		1 : 5.000	



— Vallado PFV  
— Ruta de acceso

<b>FRAJINETES SOLAR SL</b>		1ª EMISIÓN	DIBUJADO	COMPROB.	 PEDRO MACHÍN ITURRIA INGENIERO INDUSTRIAL Colegiado n.º 2474
		FECHA	OCT 2020	OCT 2020	
PROYECTO	PFV EL BARCIAL RUTA DE ACCESO	NOMBRE	CSS	APS	 <b>TALAYA</b> GENERACIÓN
TÍTULO		PLANO N	REVISIÓN	ESCALA	
		5		1 : 25.000	

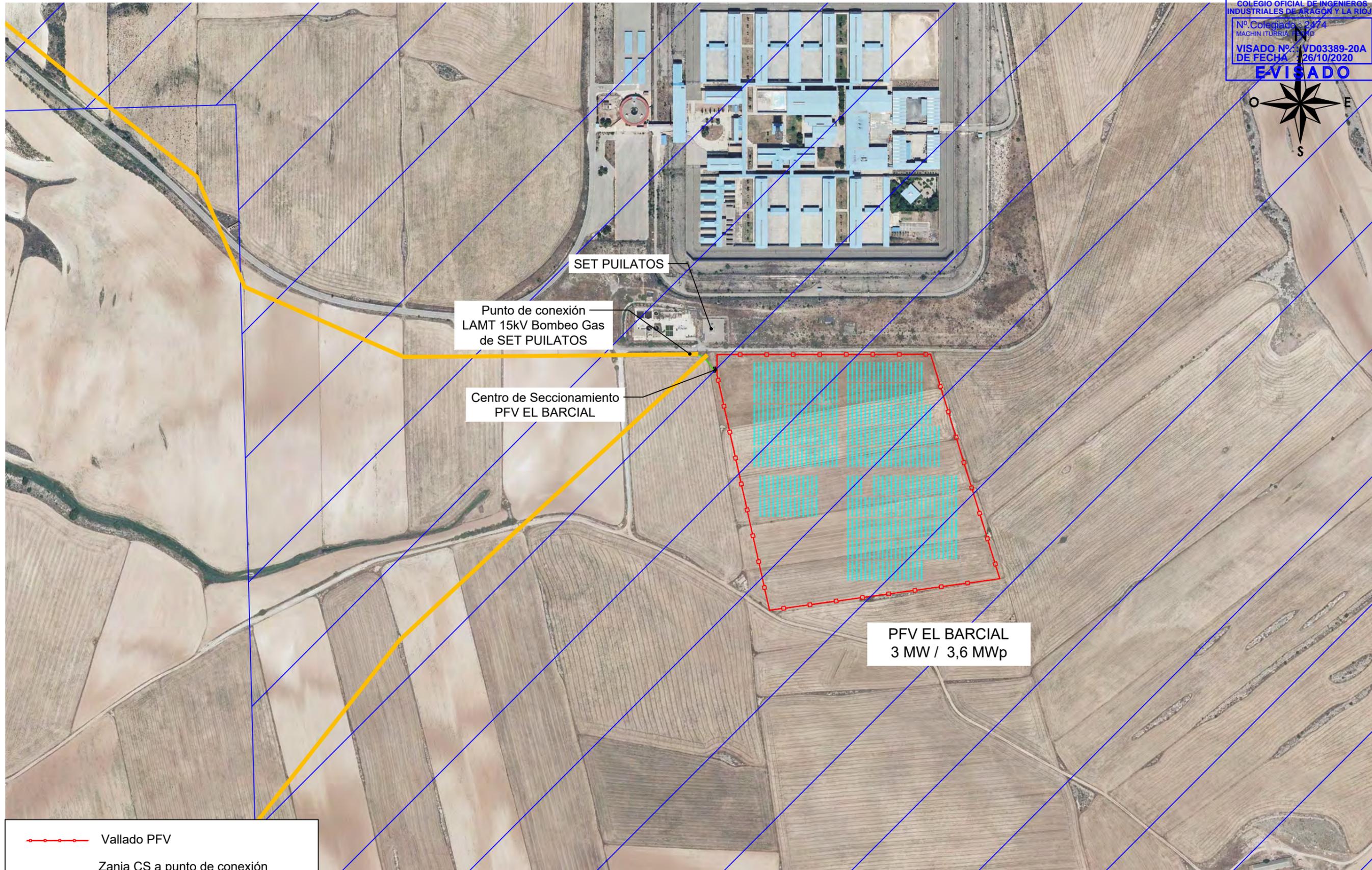


	Vallado PFV		Viales interiores
	Puerta de acceso		Adecuación de vial
	Obra de drenaje		Viales de acceso CS
	Vado hormigonado		

<b>FRAJINETES SOLAR SL</b>		1ª EMISIÓN	DIBUJADO	COMPROB.		
		FECHA	OCT 2020	OCT 2020		
PROYECTO	PFV EL BARCIAL		NOMBRE	CSS	APS	INGENIERO INDUSTRIAL Colegiado n.º 2474
TÍTULO	TRAZADO DE CAMINOS		PLANO N	REVISIÓN	ESCALA	

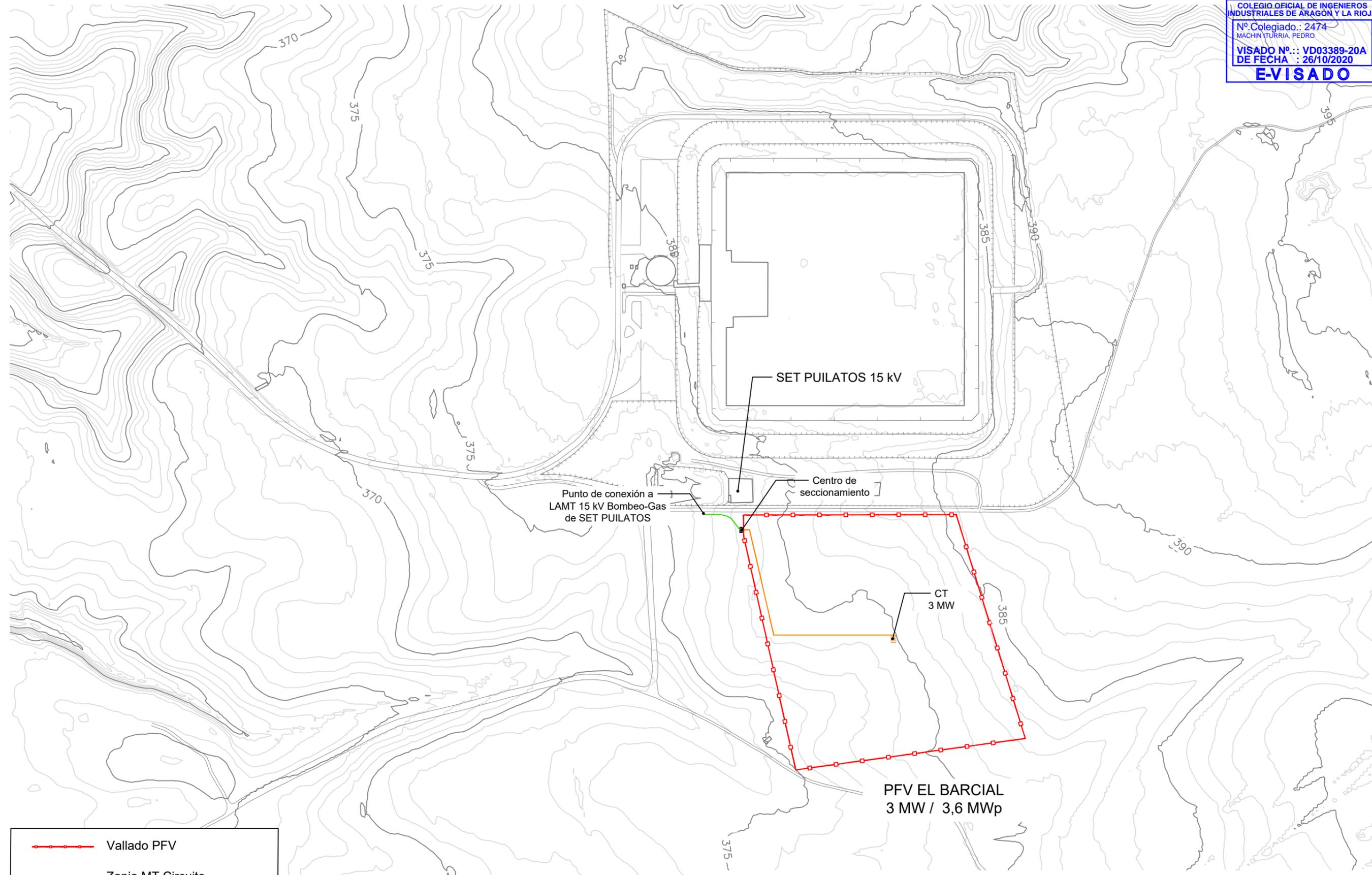






- Vallado PFV
- Zanja CS a punto de conexión LAMT 15 kV Bombeo-Gas
- Seguidor con módulos fotovoltaicos
- Líneas E-Distribución
- Concesión minera de explotación en trámite

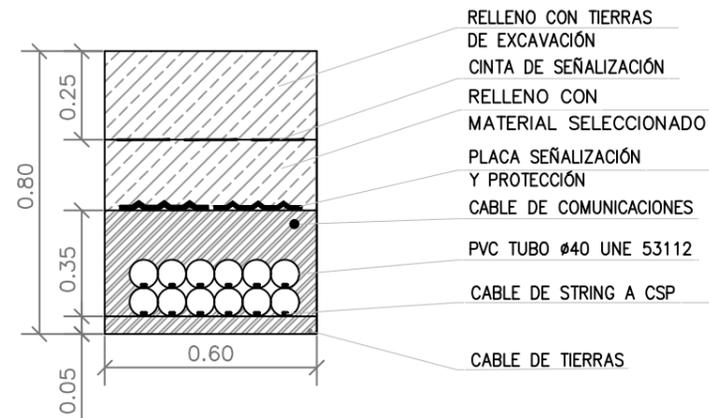
<b>FRAJINETES SOLAR SL</b>		1ª EMISIÓN	DIBUJADO	COMPROB.	
		FECHA	MAY 2020	MAY 2020	
PROYECTO	PFV EL BARCIAL	NOMBRE	CSS	APS	PEDRO MACHÍN ITURRIA INGENIERO INDUSTRIAL Colegiado n.º 2474
TÍTULO		PLANO N	REVISIÓN	ESCALA	
	AFECCIONES	8		1 : 5.000	



Vallado PFV  
 Zanja MT Circuito  
 Zanja CS a punto de conexión LAMT Bombeo-Gas  
 Centro de transformación  
 Centro de seccionamiento

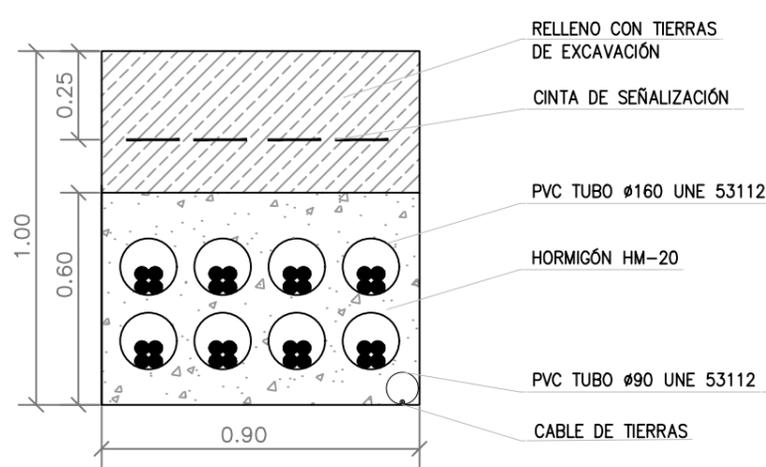
<b>FRAJINETES SOLAR SL</b>		1ª EMISIÓN	DIBUJADO	COMPROB.	 PEDRO MACHÍN ITURRIÁ INGENIERO INDUSTRIAL Colegiado n.º 2474
		FECHA	OCT 2020	OCT 2020	
PROYECTO	PFV EL BARCIAL		NOMBRE	CSS	APS
TÍTULO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS Y ZANJAS MT		PLANO N	REVISIÓN	ESCALA
			9		

ZANJA DC "TIPO A"  
 STRING A CSP



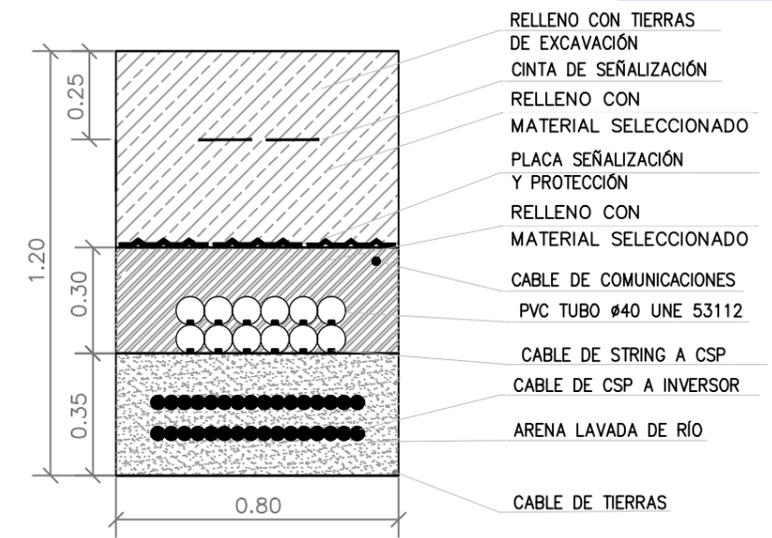
NOTA:  
 Las dimensiones de las zanjas se adecuarán según la configuración del PFV.

ZANJA DC "TIPO B"  
 CSP A INVERSOR (HORMIGÓN)

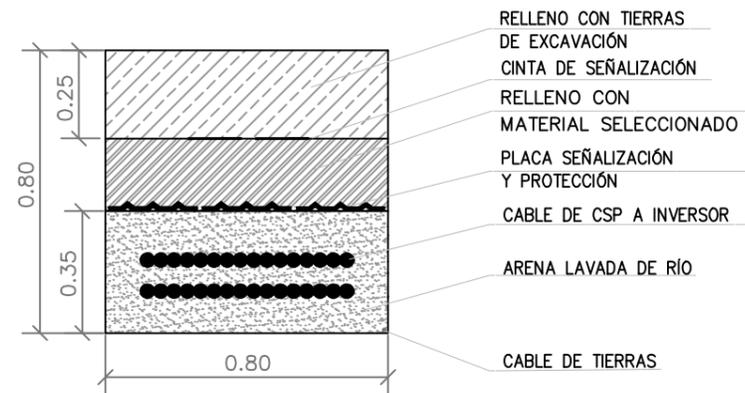


NOTA:  
 Las dimensiones de las zanjas se adecuarán según la configuración del PFV.

ZANJA DC "TIPO C"  
 CRUZAMIENTO: ZANJA DC "TIPO A" CON ZANJA DC "TIPO B"

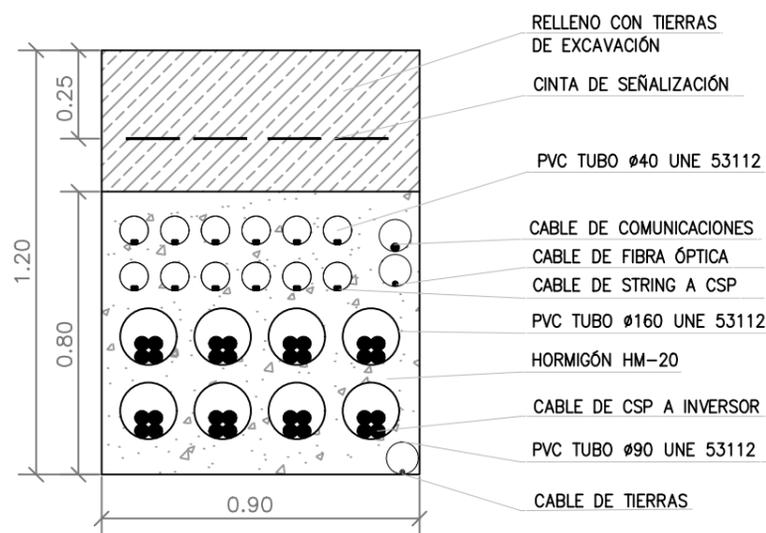


ZANJA DC "TIPO B"  
 CSP A INVERSOR

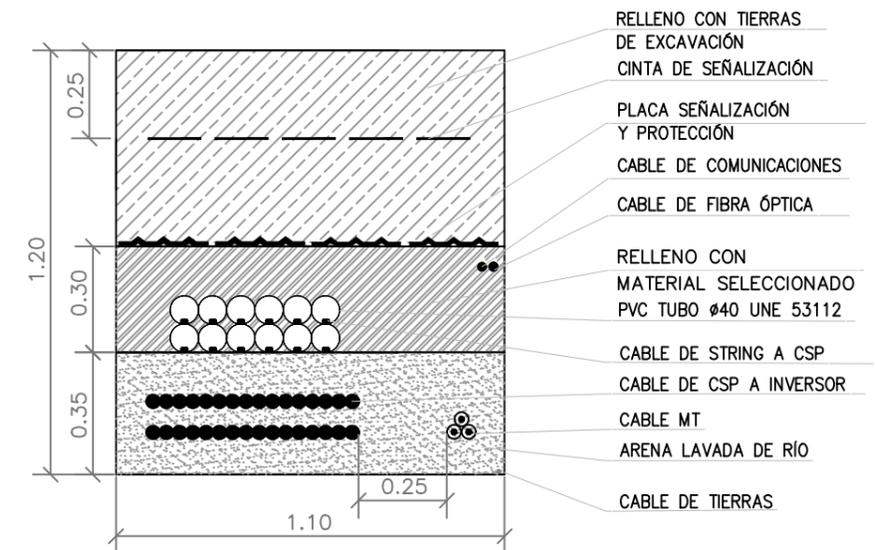


NOTA:  
 Las dimensiones de las zanjas se adecuarán según la configuración del PFV.

ZANJA DC "TIPO B"  
 CSP A INVERSOR (HORMIGÓN)

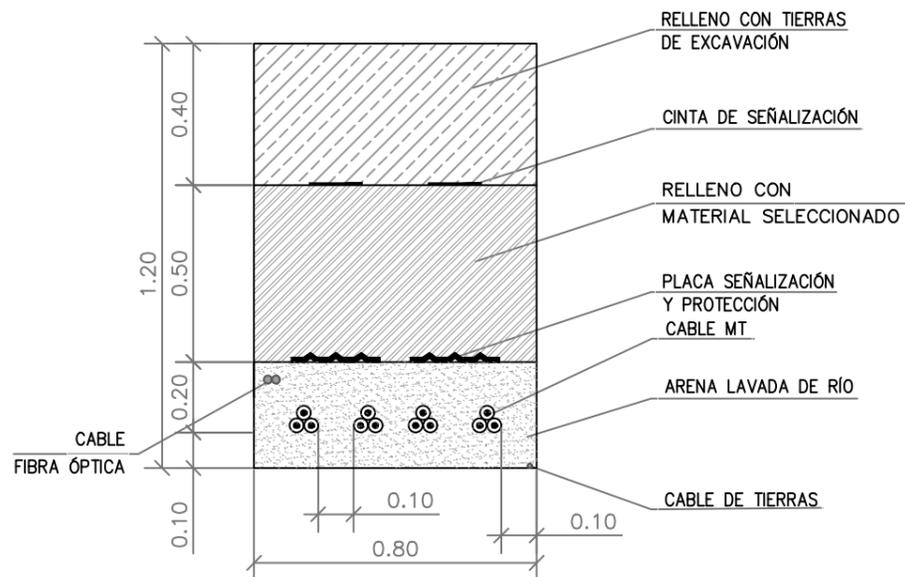


ZANJA COMPARTIDA "TIPO D"  
 CRUZAMIENTO CSP A INVERSOR

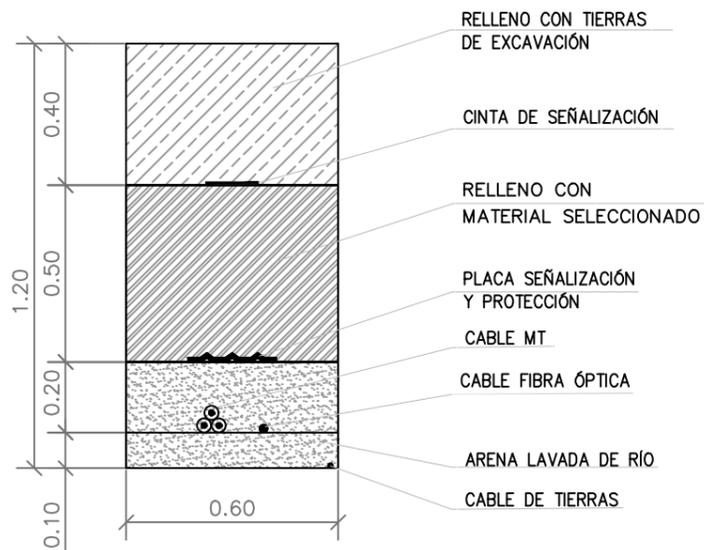


FRAJINETES SOLAR SL	1ª EMISIÓN	DIBUJADO	COMPROB.	
	FECHA	OCT 2020	OCT 2020	
ANTEPROYECTO	NOMBRE	CSS	APS	PEDRO MACHÍN ITURRIA INGENIERO INDUSTRIAL Colegiado n.º 2474
TÍTULO	PLANO N	HOJA	ESCALA	
ZANJAS TIPO - BAJA TENSIÓN	10	1 DE 3	1 : 20	

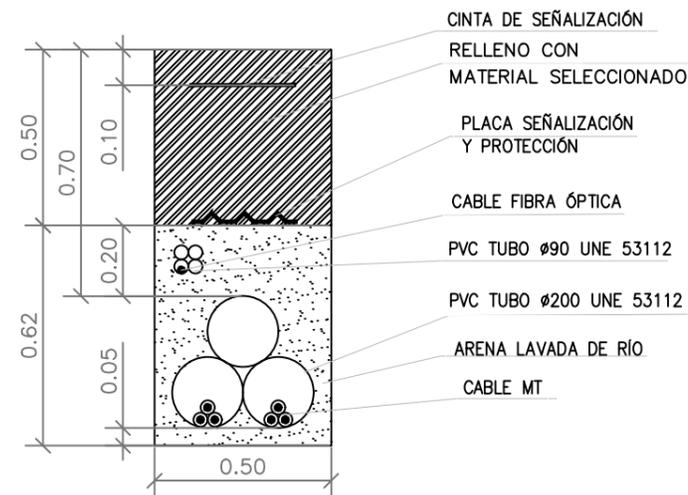
ZANJA  
4 CIRCUITOS MT



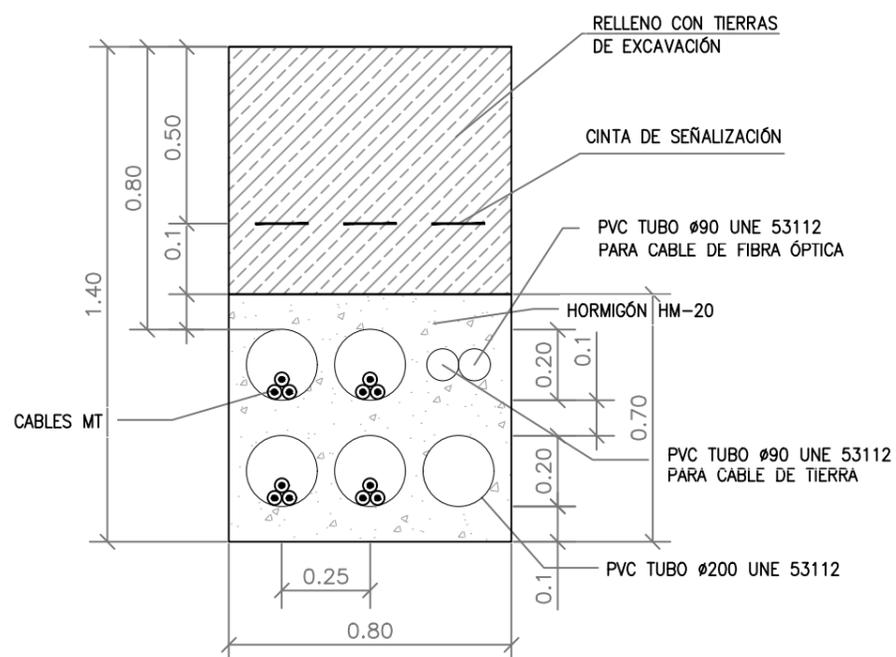
ZANJA  
1 CIRCUITO MT



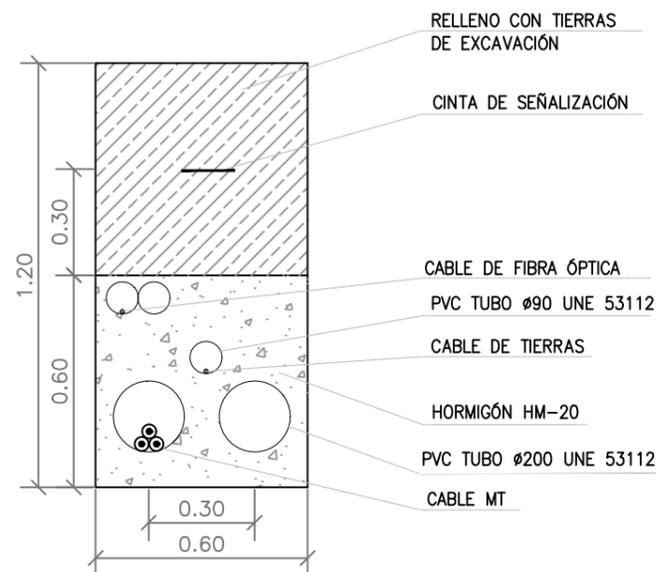
ZANJA PARA CANALIZACIONES DE E-DISTRIBUCIÓN  
ENTRADA Y SALIDA A CENTRO DE SECCIONAMIENTO



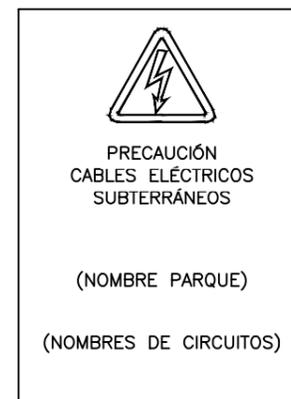
ZANJA CRUCE  
4 CIRCUITOS MT



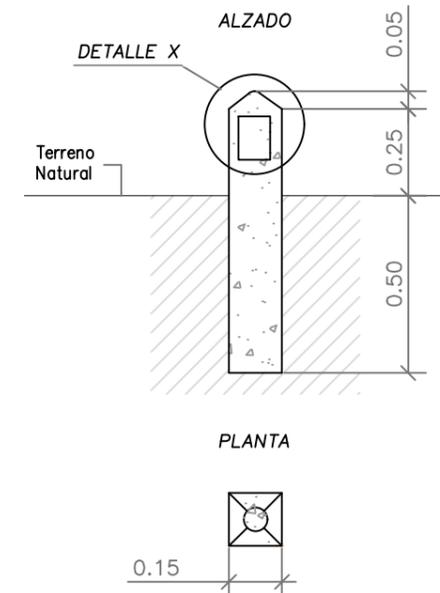
ZANJA CRUCE  
1 CIRCUITO MT



DETALLE X  
PLACA SEÑALIZACIÓN DE PELIGRO



HITOS DE SEÑALIZACIÓN

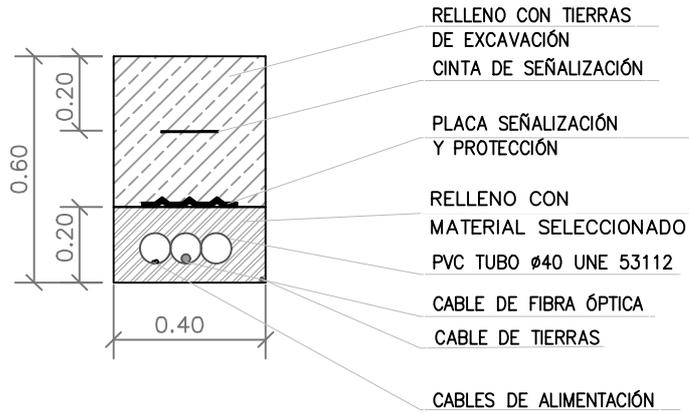


NOTAS:

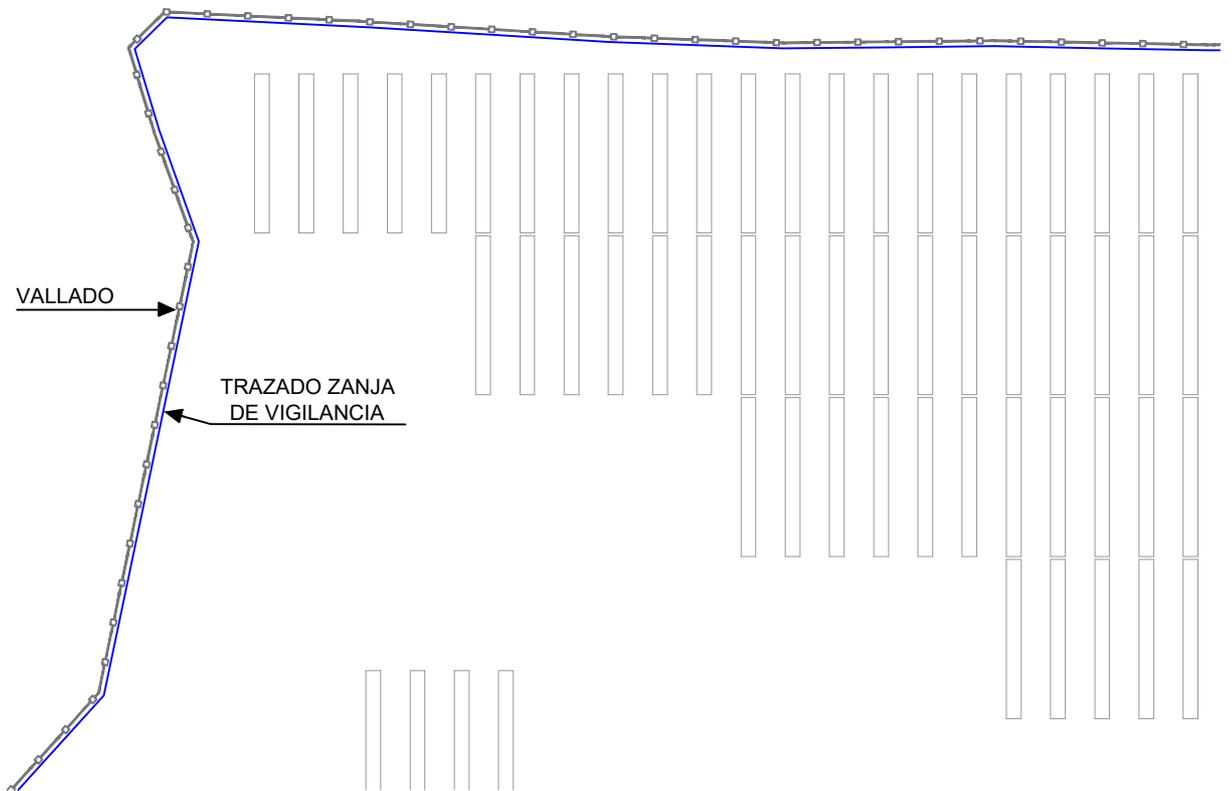
1. LA PROTECCIÓN MECÁNICA DE LOS CABLES CUBRIRÁ LA PROYECCIÓN EN PLANTA DE LOS MISMOS.
2. LOS HITOS DE SEÑALIZACIÓN SE COLOCARÁN A UN MÁXIMO DE 50 M ENTRE ELLOS, EN TRAMOS RECTOS, EN TODOS LOS LUGARES DONDE SE UBIQUE UN EMPALME Y EN LOS CAMBIOS DE DIRECCIÓN DE LA ZANJA, EN EL CASO DE HITOS QUE SEÑALICEN EMPALMES SE INDICARÁ UNA MARCA DE COLOR ROJO.
3. UNIDAD DE MEDIDA DE LAS COTAS, MM.

FRAJINETES SOLAR SL	1ª EMISIÓN	DIBUJADO	COMPROB.	 PEDRO MACHÍN ITURRIA INGENIERO INDUSTRIAL Colegiado n.º 2474
	FECHA	OCT 2020	OCT 2020	
ANTEPROYECTO	NOMBRE	CSS	APS	 TALAYA GENERACIÓN
TÍTULO	PLANO N	HOJA	ESCALA	
ZANJAS TIPO - MEDIA TENSIÓN	10	2 DE 3	1 : 20	

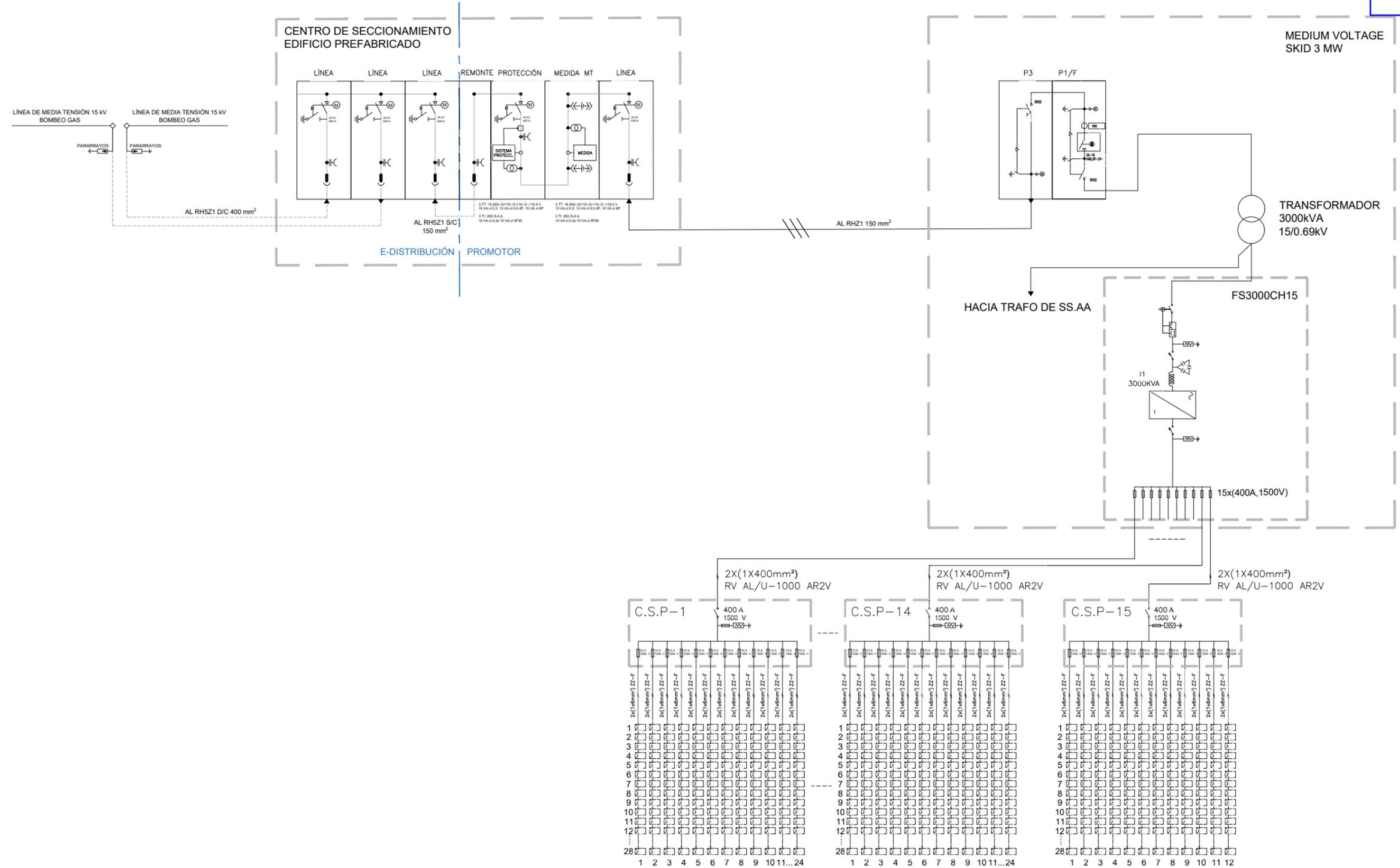
ZANJA SISTEMA DE VIGILANCIA  
 Escala 1 : 20



UBICACIÓN TIPO ZANJA SISTEMA DE VIGILANCIA  
 Escala: S/E

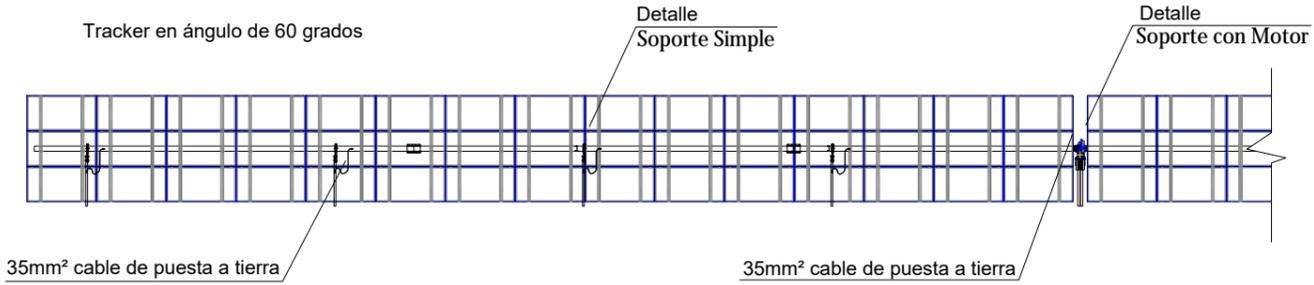
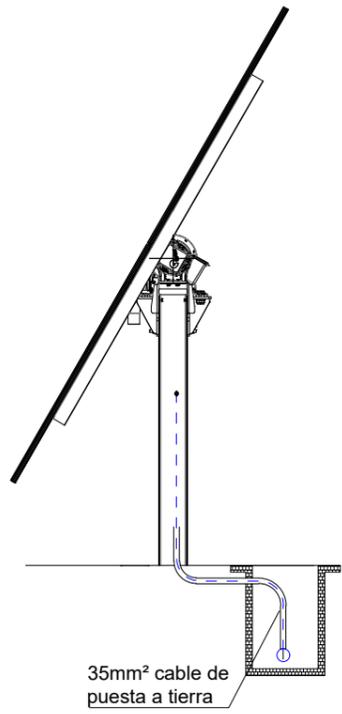


FRAJINETES SOLAR SL	1ª EMISIÓN	DIBUJADO	COMPROB.	 PEDRO MACHÍN ITURRIA INGENIERO INDUSTRIAL Colegiado n.º 2474
	FECHA	OCT 2020	OCT 2020	
ANTEPROYECTO	NOMBRE	CSS	APS	 <b>TALAYA</b> GENERACIÓN
PFV EL BARCIAL	PLANO N	HOJA	ESCALA	
TÍTULO	ZANJAS TIPO - VIGILANCIA	10	3 DE 3	INDICADAS

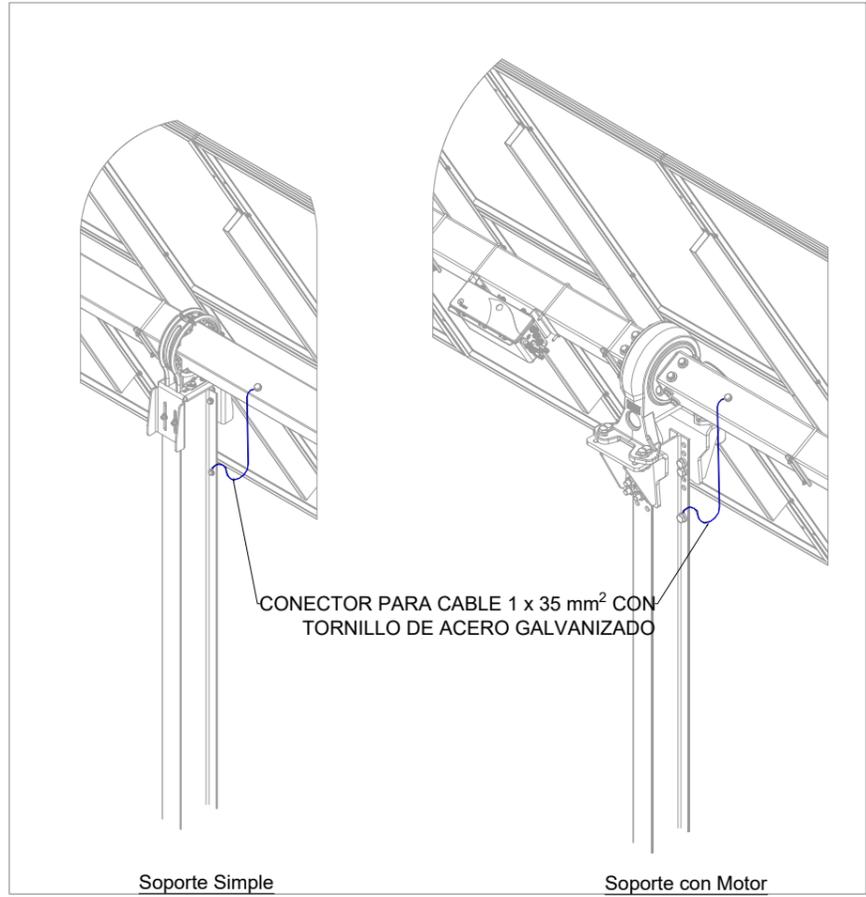


FRAJINETES SOLAR SL	1ª EMISIÓN	DIBUJADO	COMPROB.	 PEDRO MACHÍN ITURRIA INGENIERO INDUSTRIAL Colegiado n.º 2474
	FECHA	OCT 2020	OCT 2020	
PROYECTO	NOMBRE	CSS	APS	 TALAYA GENERACIÓN
TÍTULO	PLANO N	REVISIÓN	ESCALA	
	11		S/E	
	ESQUEMA UNIFILAR PFV			

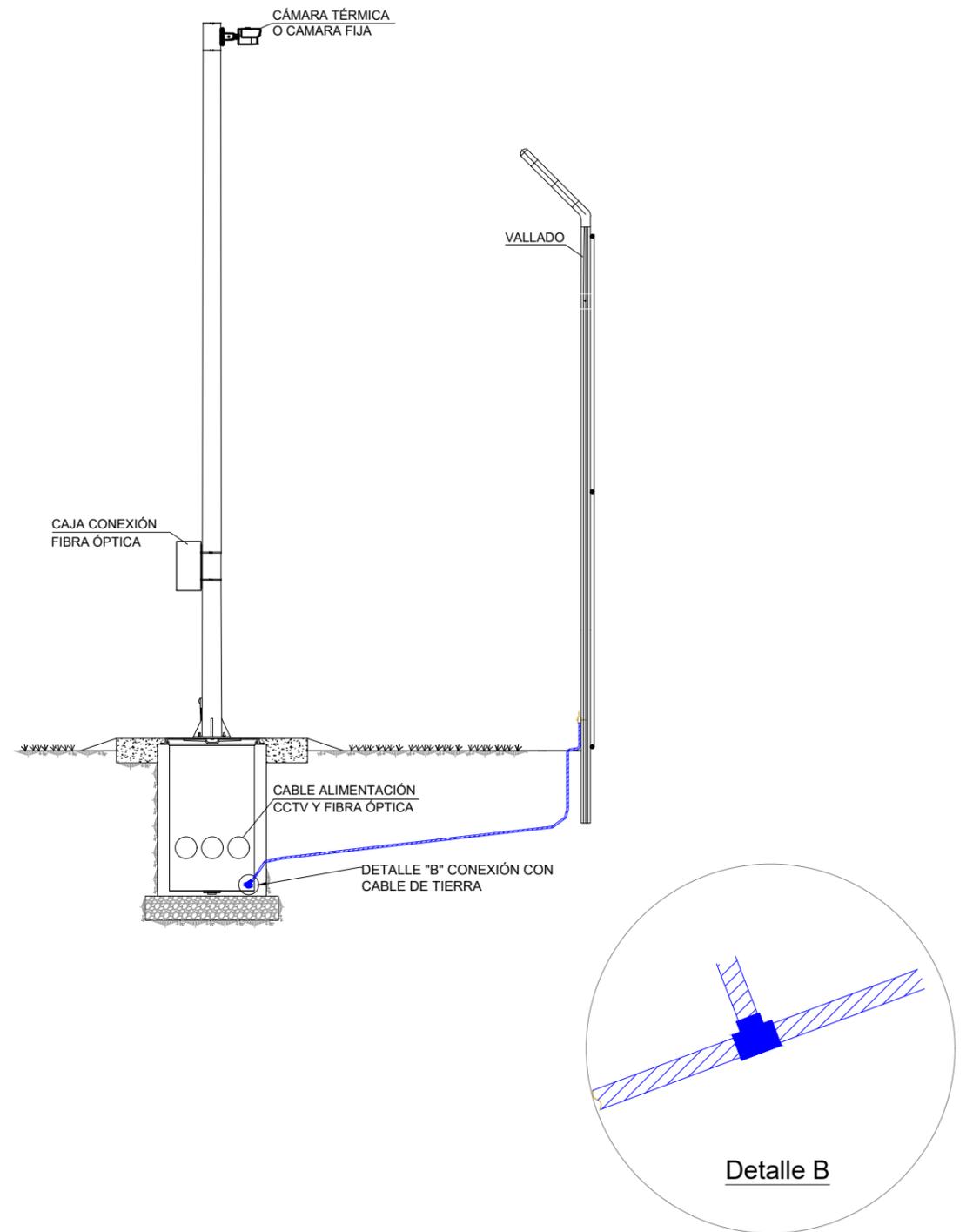
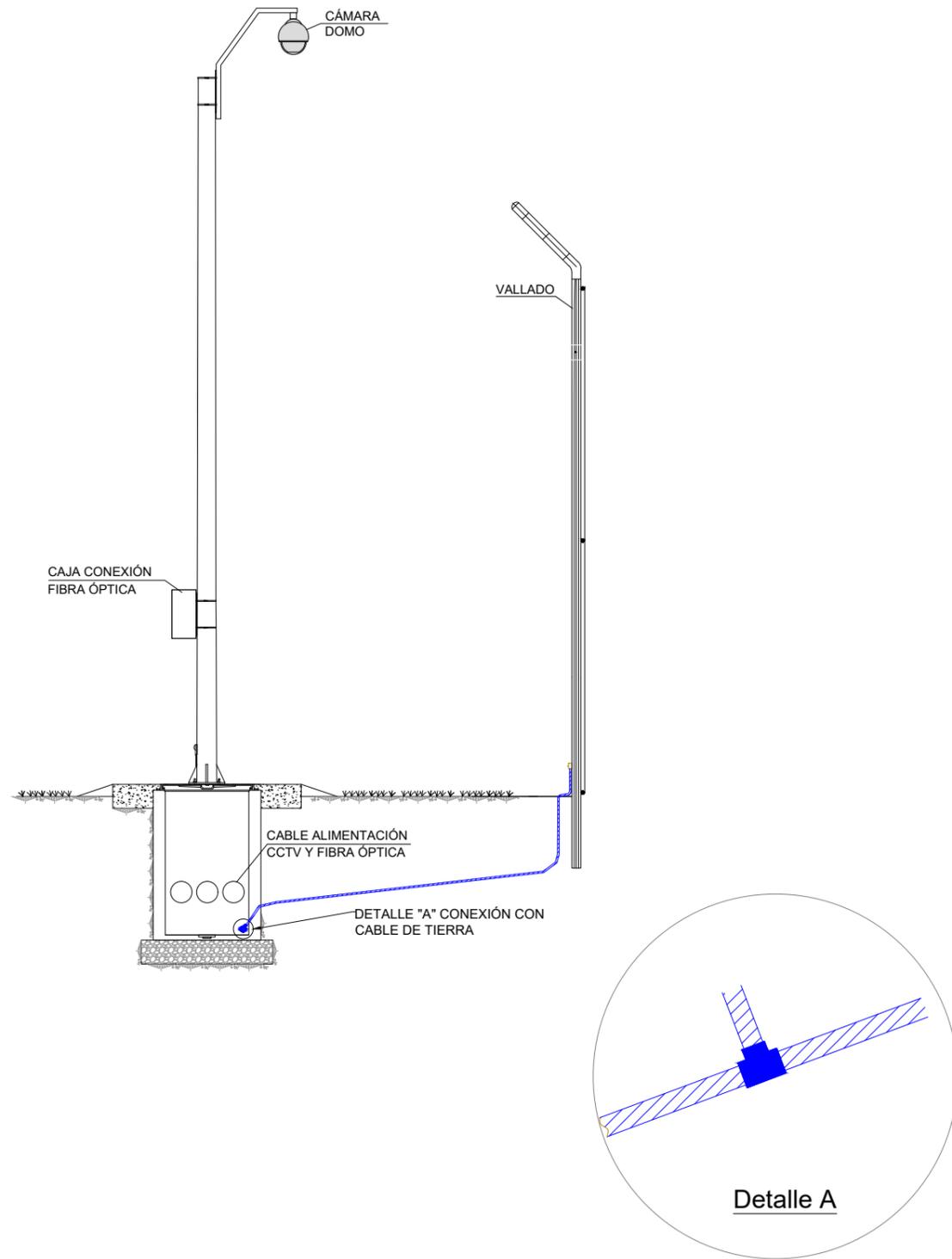




**Detalle**

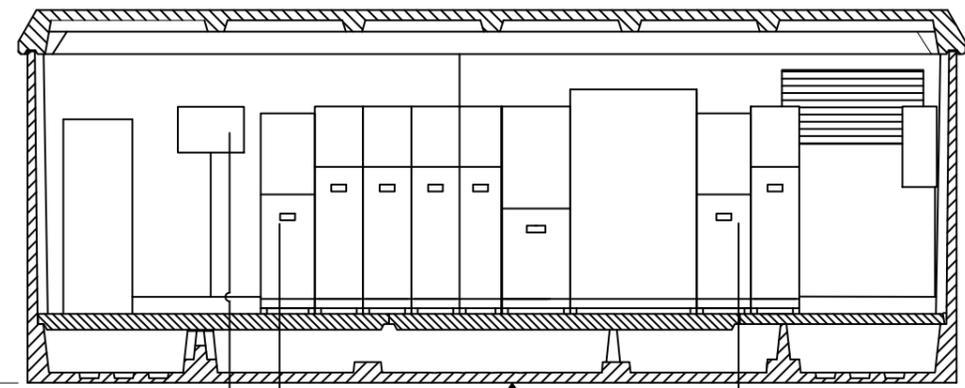


FRAJINETES SOLAR SL		1ª EMISIÓN	DIBUJADO	COMPROB.	
		FECHA	OCT 2020	OCT 2020	
ANTEPROYECTO	PFV EL BARCIAL	NOMBRE	CSS	APS	PEDRO MACHÍN ITURRIA INGENIERO INDUSTRIAL Colegiado n.º 2474
TÍTULO		PLANO N	HOJA	ESCALA	
PUESTA A TIERRA : SEGUIDOR FOTOVOLTAICO		13	1 DE 3	S/E	

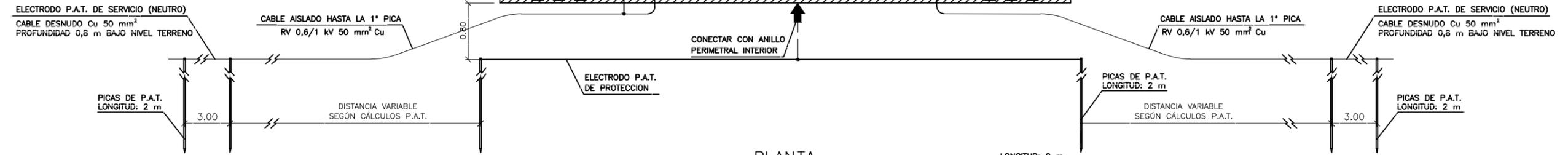


FRAJINETES SOLAR SL	1ª EMISIÓN	DIBUJADO	COMPROB.	 PEDRO MACHÍN ITURRIA INGENIERO INDUSTRIAL Colegiado n.º 2474
	FECHA	OCT 2020	OCT 2020	
ANTEPROYECTO	NOMBRE	CSS	APS	 TALAYA GENERACION
	PLANOS N	HOJA	ESCALA	
TÍTULO		13	2 DE 3	S/E
PUESTA A TIERRA : CCTV				

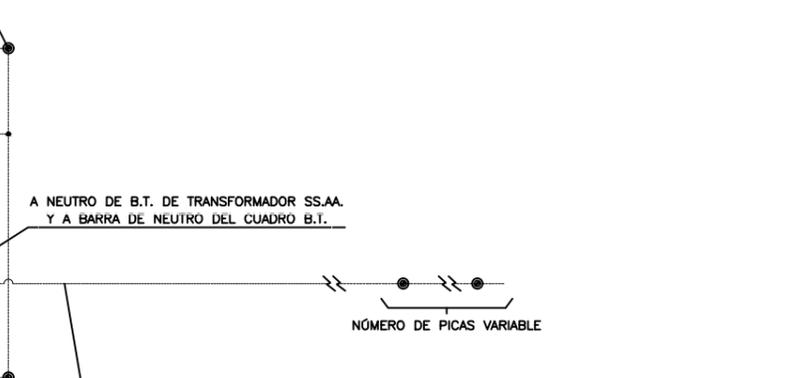
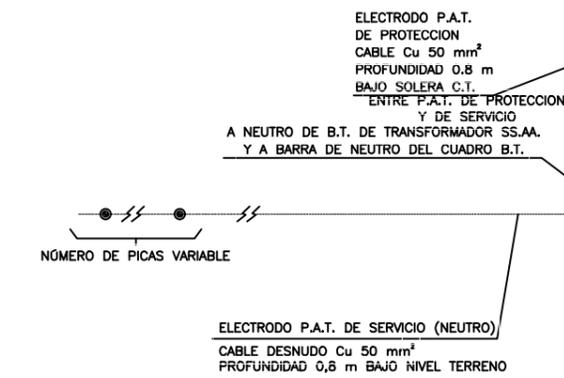
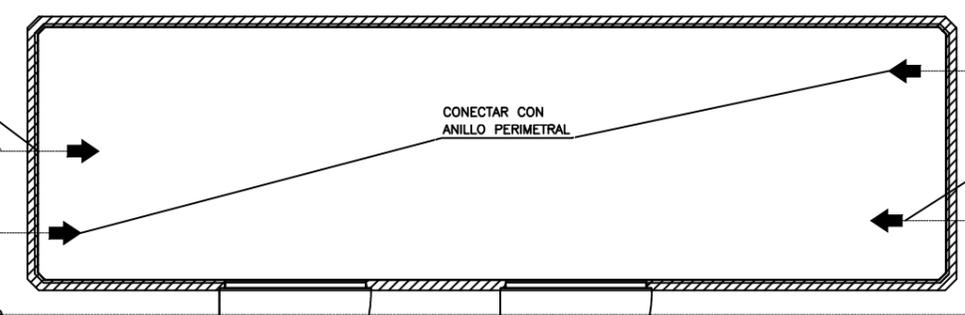
SECCIÓN



- NOTAS:**
- \* SE CONECTARAN A LA P.A.T. DE PROTECCION LOS SIGUIENTES ELEMENTOS:
    - ENVOLTURAS Y PANTALLAS METALICAS DE LOS CABLES DE M.T.
    - ENVOLTENTES METALICAS DE LAS CELDAS DE M.T. Y CUADROS DE B.T
    - CUBA DEL TRANSFORMADOR
    - BORNAS DE TIERRA DE LOS DETECTORES DE TENSION
    - ENREJADO DE PROTECCION DEL TRANSFORMADOR
    - MARCO METALICO DE LOS CANALES DE CABLES
  - \* AL OBJETO DE EVITAR LAS TENSIONES DE PASO Y DE CONTACTO, SE CONECTARA EL MALLAZO EQUIPOTENCIAL AL ANILLO PERIMETRAL INTERIOR Y ESTE AL ELECTRODO DE P.A.T. DE PROTECCION EN DOS PUNTOS OPUESTOS
  - \* A LA P.A.T. DE SERVICIO (NEUTRO) SE CONECTARA LA BORNA DEL NEUTRO DE B.T. DEL TRANSFORMADOR Y LA PLETINA DE NEUTRO DEL CUADRO DE B.T.



PLANTA



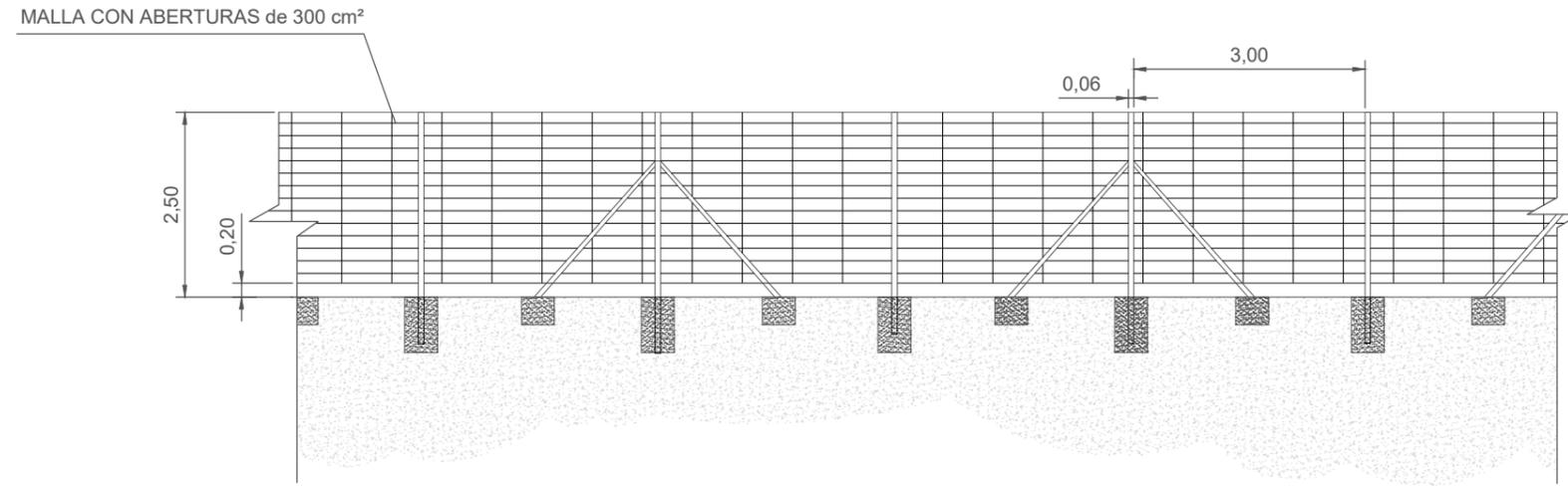
Detalle A

Detalle B

FRAJINETES SOLAR SL	1ª EMISIÓN	DIBUJADO	COMPROB.	
	FECHA	OCT 2020	OCT 2020	
ANTEPROYECTO	NOMBRE	CSS	APS	PEDRO MACHÍN ITURRIA INGENIERO INDUSTRIAL Colegiado n.º 2474
TÍTULO PUESTA A TIERRA : CENTRO SECCIONAMIENTO	PLANO N	HOJA	ESCALA	
	13	3 DE 3	S/E	

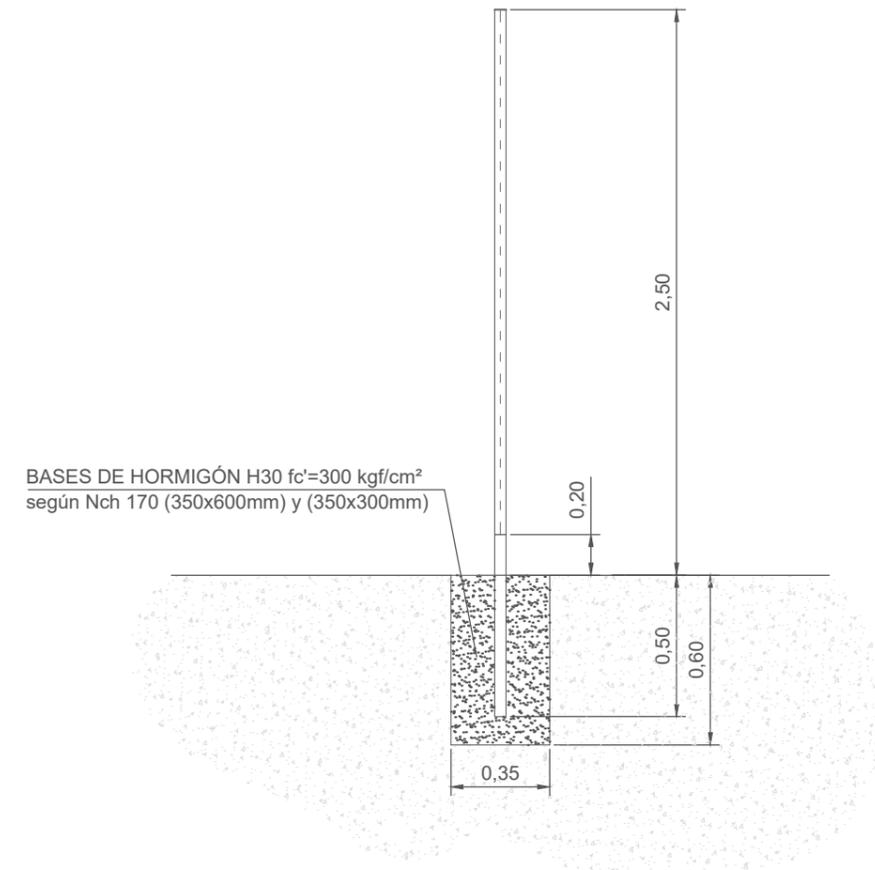
### DETALLE VALLADO PERIMETRAL

(cotas en metros)



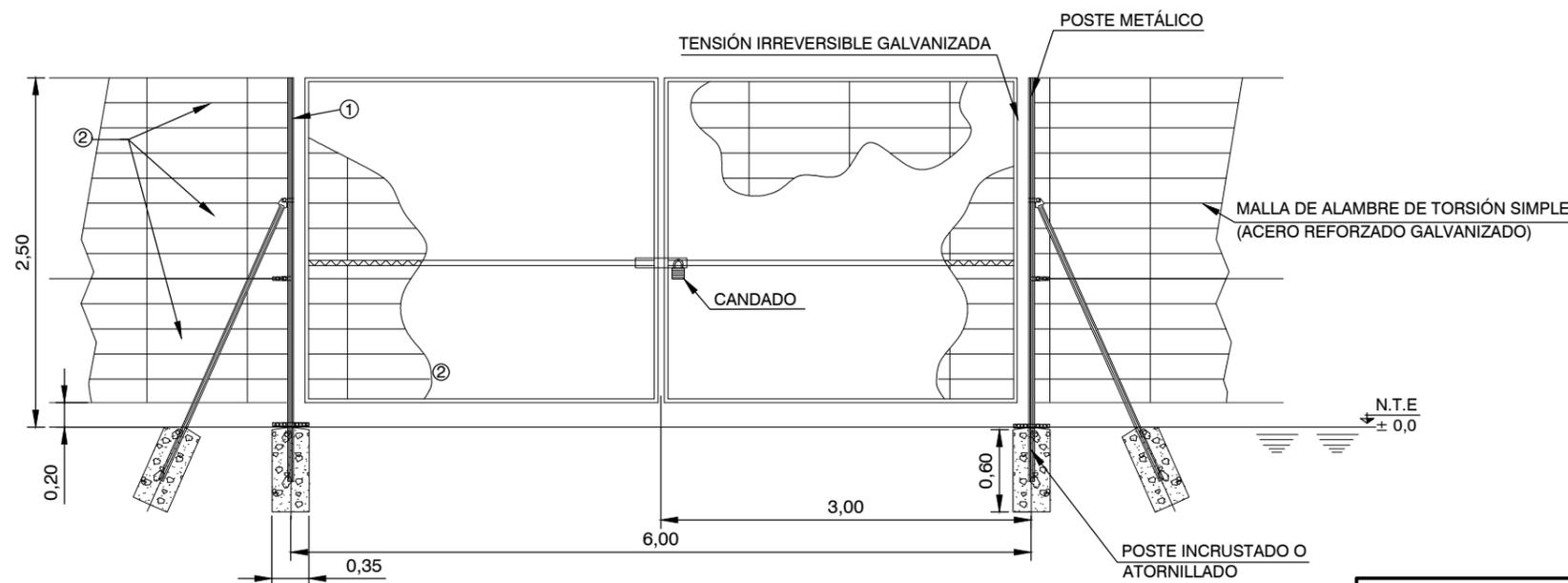
### SECCIÓN DEL VALLADO

(cotas en metros)



### DETALLE PUERTA VALLADO

(cotas en metros)



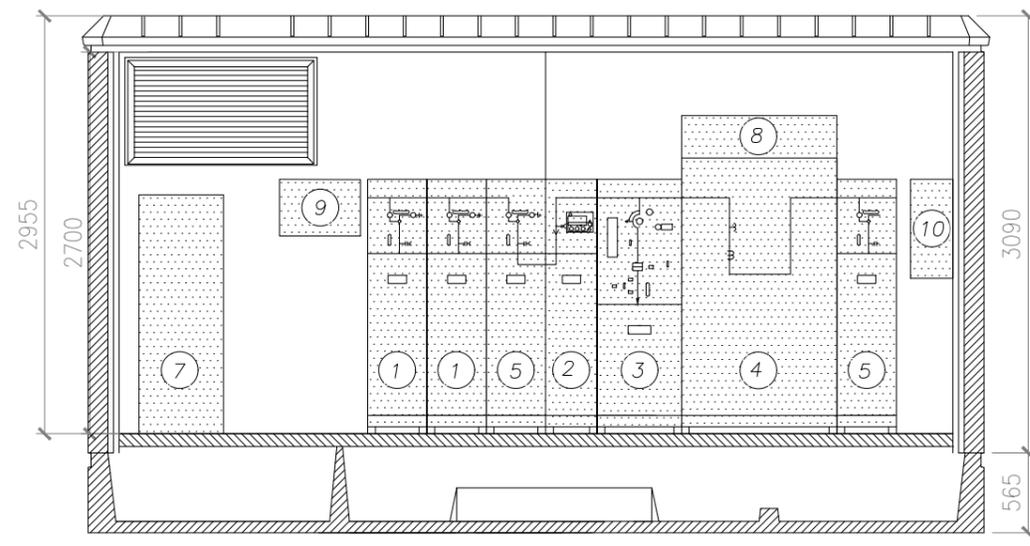
**NOTAS:**

1. ACERO GALVANIZADO HD O POSTE ATORNILLADO (SECCIONES HUECAS CUADRADAS O RECTANGULARES SEGÚN NORMA DE FABRICANTE)
2. PANELES DE MALLA DE ALAMBRE DE ACERO SOLDADO (TIPO DE ALAMBRE: 4mm/5mm)

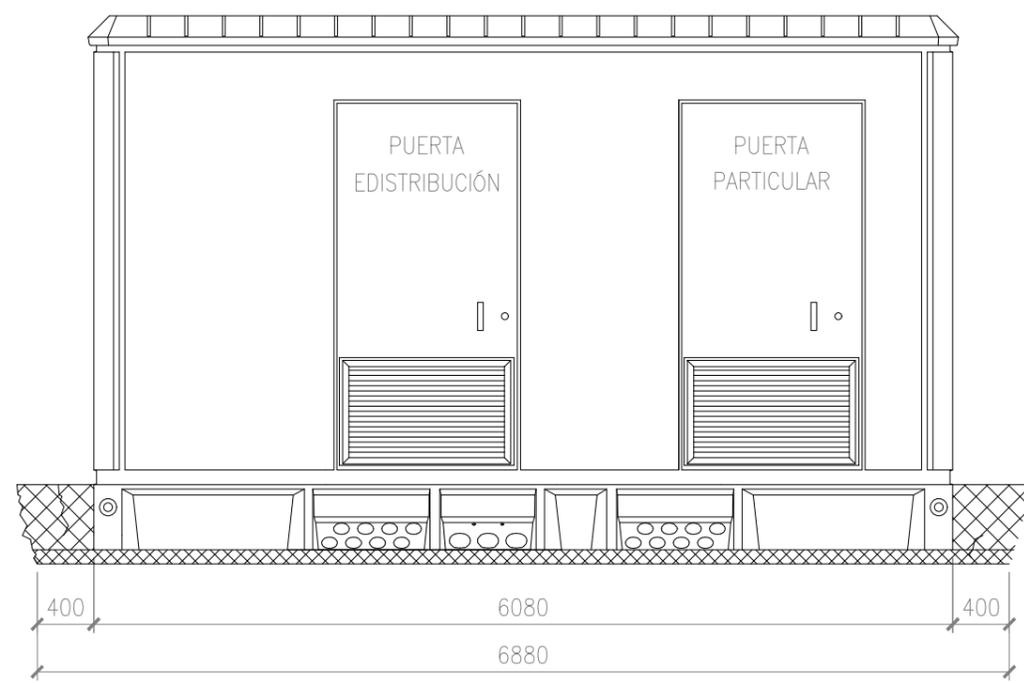
COTAS EN METROS

FRAJINETES SOLAR SL	1ª EMISIÓN	DIBUJADO	COMPROB.	 PEDRO MACHÍN ITURRIA INGENIERO INDUSTRIAL Colegiado n.º 2474
	FECHA	OCT 2020	OCT 2020	
ANTEPROYECTO	NOMBRE	CSS	APS	 TALAYA GENERACIÓN
TÍTULO	PLANO N	HOJA	ESCALA	
		14	S/E	
		VALLADO		

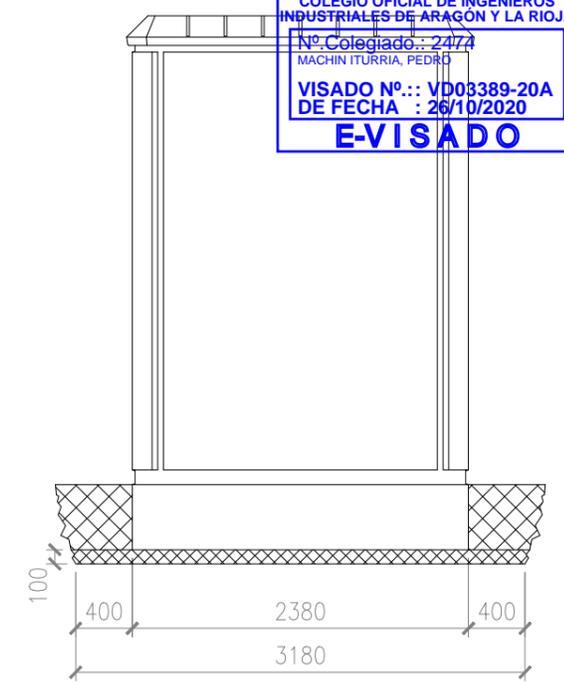
COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ARAGÓN Y LA RIOJA  
 Nº Colegiado.: 2474  
 MACHÍN ITURRIA, PEDRO  
 VISADO Nº.: VD03389-20A  
 DE FECHA : 26/10/2020  
**E-VISADO**



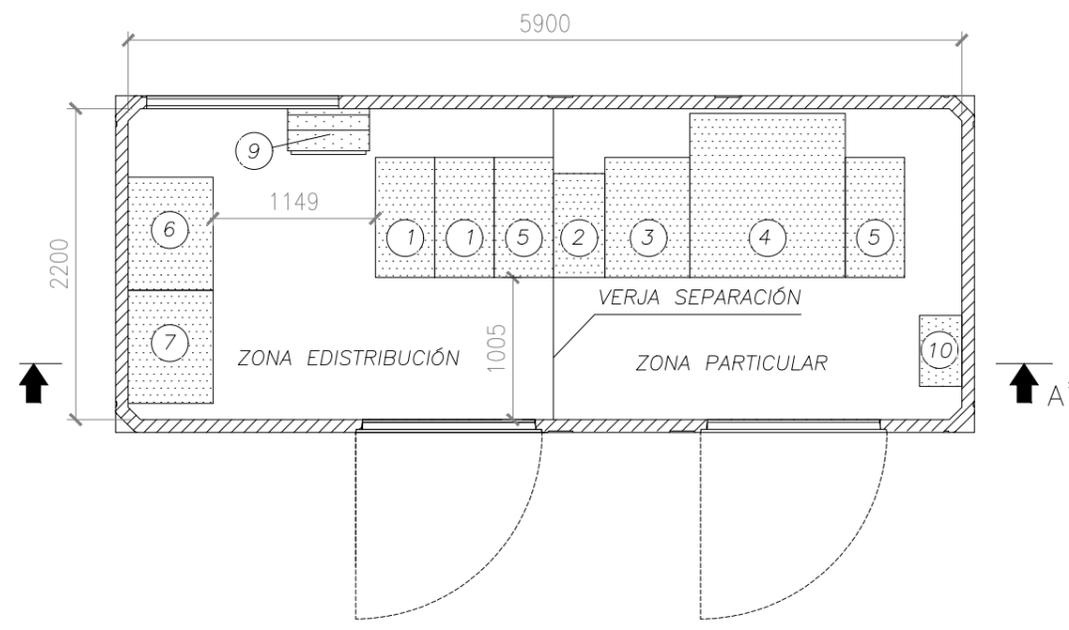
SECCIÓN A-A'



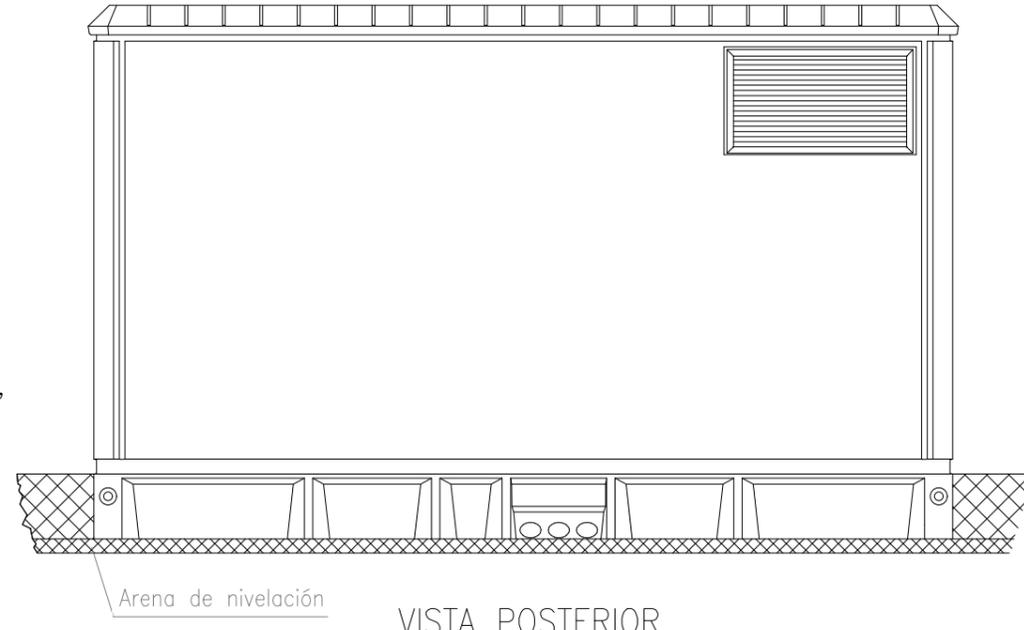
VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL



PLANTA



VISTA POSTERIOR

DIMENSIONES DE LA EXCAVACION  
 6.88 m. ancho x 3.18 m. fondo x 0.56 m. profund.

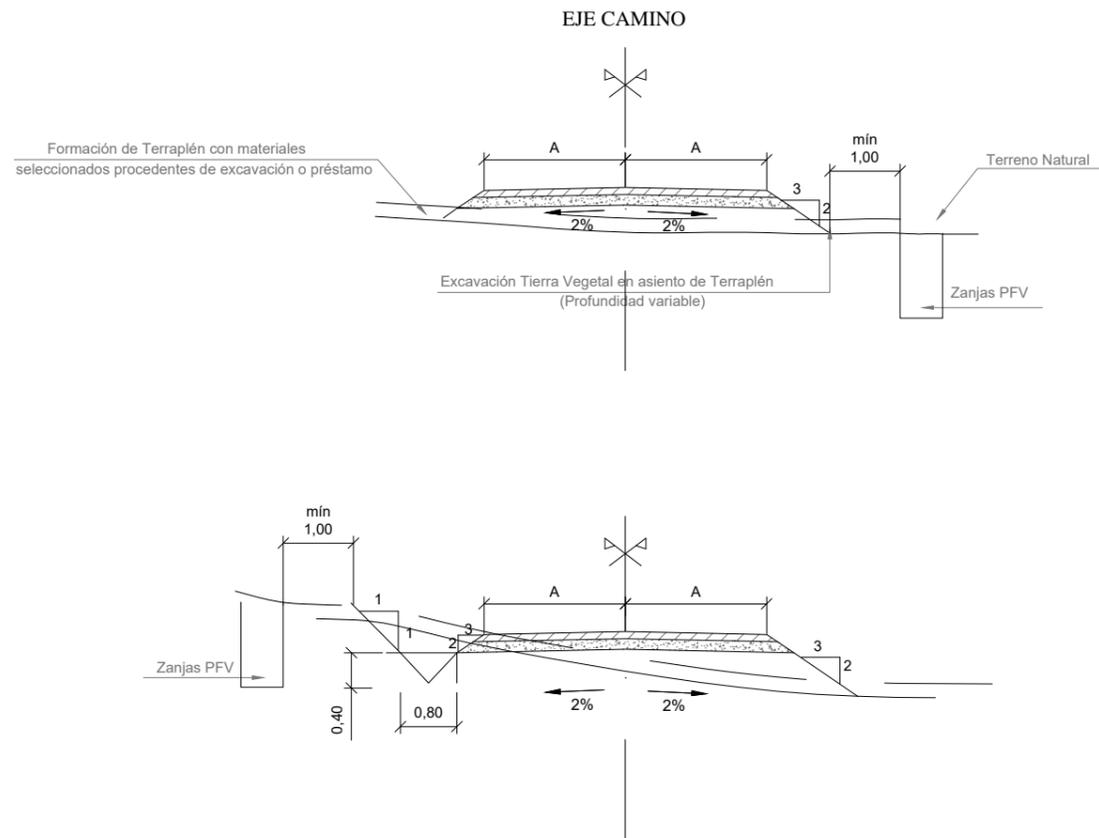
- 1.- CELDA MOTORIZADA DE LÍNEA TIPO CML 24 KV 630 A (ORMAZABAL)
- 2.- CELDA DE REMONTE DE CABLE TIPO CMRC 24 KV 630 A (ORMAZABAL)
- 3.- CELDA MOTORIZADA DE PROTECCION CON INTERRUPTOR TIPO CMP-V 24 KV 400 A (ORMAZABAL)
- 4.- CELDA DE MEDIDA TIPO CMM 24 KV (ORMAZABAL)
- 5.- CELDA MOTORIZADA DE LÍNEA TIPO CML 24 KV 630 A (ORMAZABAL)
- 6.- ARMARIO DE TELEMANDO
- 7.- ARMARIO DE TELEPROTECCION
- 8.- CUADRO DE MEDIDA M.T.
- 9.- CUADRO DE B.T. SERVICIOS AUXILIARES
- 10.- ARMARIO DE MEDIDA

\* Cotas en mm.

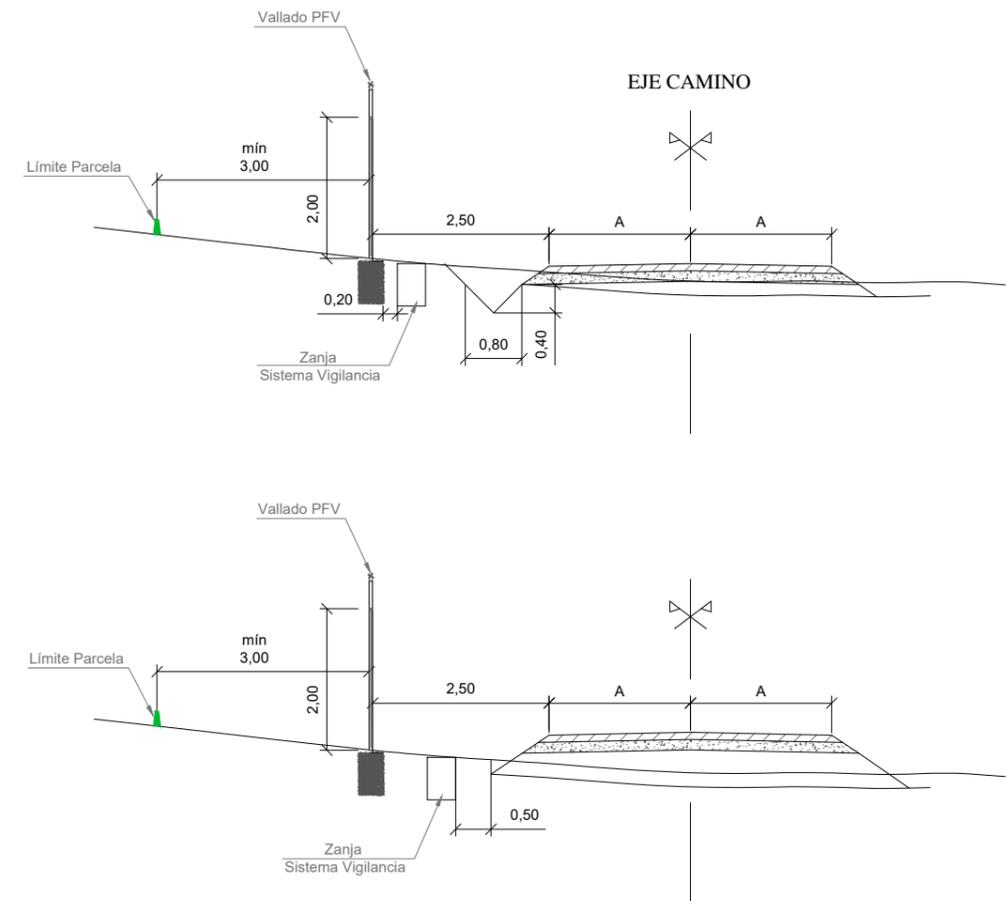
FRAJINETES SOLAR S.L.	1ª EMISIÓN	DIBUJADO	COMPROB.	 PEDRO MACHÍN ITURRIA INGENIERO INDUSTRIAL Colegiado n.º 2474
	FECHA	OCT 2020	OCT 2020	
PROYECTO	PFV EL BARCIAL			 TALAYA GENERACION
TÍTULO	15	REVISIÓN	ESCALA	
			1: 50	

Documento original depositado en los archivos del Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Aragón y La Rioja con Reg. Entrada nº RG04034-20y VISADO electrónico VD03389-20A de 26/10/2020. CSV = T4HDBGXCTRA7OUJL verificable en http://coliar.e-visado.net

**VIALES**



**VIALES PERIMETRALES**



**FIRMES**

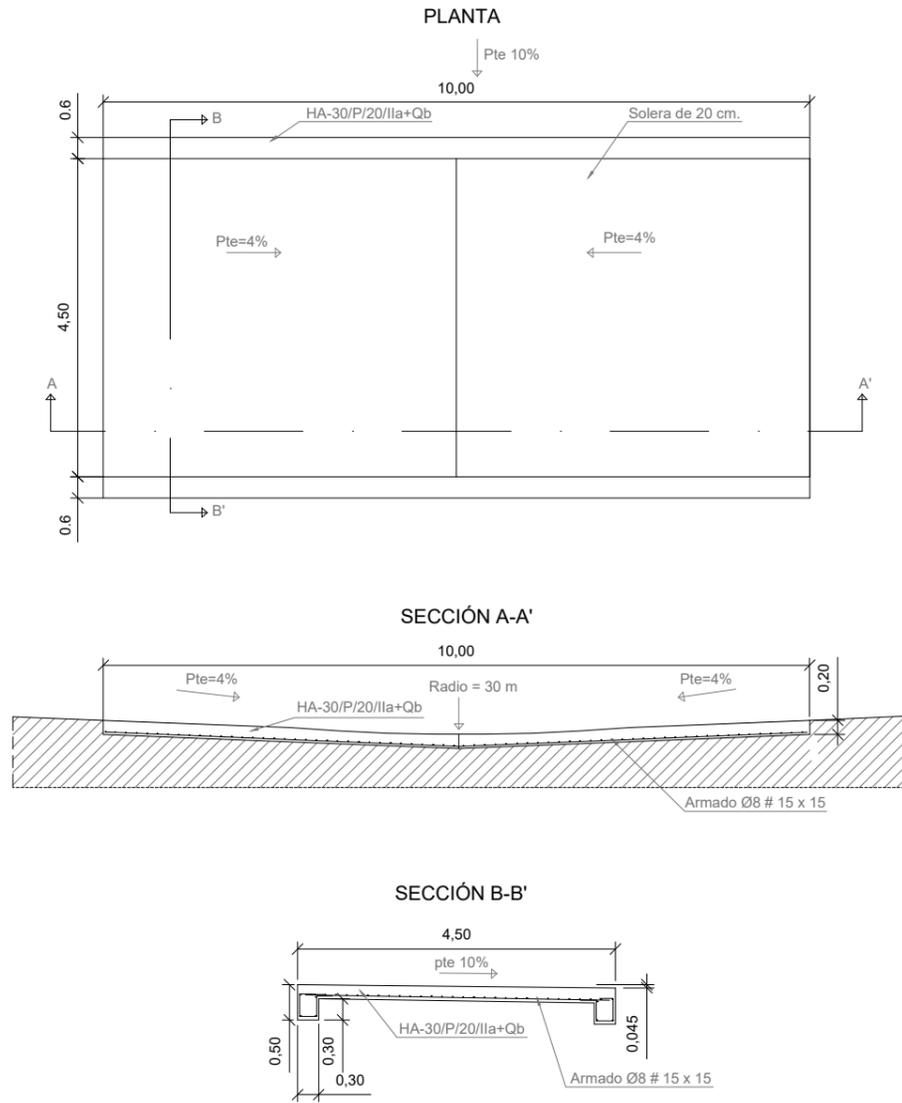


**Notas:**

Los viales de acceso tendrán una anchura de A = 4 m.  
 La sección de firme formada por dos capas (base 0.10 m y subbase 0.15 m).  
 La profundidad de excavación en tierra vegetal será mínimo de 0.20 m.  
 La formación del terraplén será con material seleccionado procedente de excavación o préstamo.  
 Cotas en metros.

<b>FRAJINETES SOLAR SL</b>	<b>1ª EMISIÓN</b>	<b>DIBUJADO</b>	<b>COMPROB.</b>	
	<b>FECHA</b>	OCT 2020	OCT 2020	
<b>ANTEPROYECTO</b>	<b>NOMBRE</b>	CSS	APS	PEDRO MACHÍN ITURRIA INGENIERO INDUSTRIAL Colegiado n.º 2474
<b>TÍTULO</b>	<b>PLANO N</b>	<b>HOJA</b>	<b>ESCALA</b>	
<b>SECCIÓN TIPO DE VIALES</b>	16	1 DE 2	1 : 100	

**SECCIÓN TIPO VADO HORMIGONADO**



CUADRO DE CARACTERÍSTICAS SEGÚN EHE						
ELEMENTO	LOCALIZACIÓN	ESPECIFIC. ELEMENTO art. 39.2 EHE	NIVEL DE CONTROL 95 EHE	COEFICIENTE PONDERACIÓN		
				Yc	Ys	Yt
HORMIGÓN	IGUAL TODA LA OBRA					
	ARQUETAS	HA-30/P/20/IIa+Qb	NORMAL	1.5		
	PILARES					
	VIGAS					
	ANCLAJES	HM-20/P/20/IIa+Qb	NORMAL	1.5		
ACERO DE ARMADURAS	IGUAL TODA LA OBRA	B-500 S	NORMAL		1.1	
	CIMENTACIÓN Y MUROS					
	PILARES					
	VIGAS					
EJECUCIÓN	IGUAL TODA LA OBRA		NORMAL			1.6
	CIMENTACIÓN Y MUROS					
	PILARES					
	VIGAS					
NOTAS: RESISTENCIA DEL TERRENO $\sigma_{Rt} = 2 \text{ Kg/cm}^2$						
ESPECIFICACIONES PARA MATERIALES Y HORMIGONES						
TIPO DE HORMIGONES	ÁRIDO A EMPLEAR		CEMENTO DESIGNACIÓN 26 EHE	CONSISTENCIA Art. 30.6 EHE	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA ESPECIFICADA $f_{ck}$ en $\text{KP/cm}^2$	
	TIPO DE ÁRIDO	TAMAÑO MAX.			A LOS 7 DIAS	A LOS 28 DIAS
HA-30/P/20/IIa+Qb	RODADO	20 M/M	CEM. I 42.5/SR	PLASTI.(3-5)	225	300
HM-20/P/20/IIa+Qb	RODADO	20 M/M	CEM. I 42.5/SR	PLASTI.(3-5)	150	200

FRAJINETES SOLAR SL	1ª EMISIÓN	DIBUJADO	COMPROB.	
	FECHA	OCT 2020	OCT 2020	
ANTEPROYECTO	NOMBRE	CSS	APS	PEDRO MACHÍN ITURRIA INGENIERO INDUSTRIAL Colegiado n.º 2474
TÍTULO	PLANO N	HOJA	ESCALA	
VADO HORMIGONADO	16	2 DE 2	1 : 100	



---

# PROYECTO ADMINISTRATIVO

## PFV EL BARCIAL 3 MW / 3,6 MWp

### Y SUS INFRAESTRUCTURAS DE EVACUACIÓN

#### DOCUMENTO 4: PRESUPUESTO GENERAL

Término Municipal de Zuera (Zaragoza)

---



*En Zaragoza, octubre de 2020*



## ÍNDICE

1	MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.....	2
2	OBRA CIVIL.....	2
3	CENTROS DE TRANSFORMACIÓN E INVERSORES.....	3
4	CONDUCTORES DE CC.....	4
5	CONDUCTORES DE CA Y ACCESORIOS .....	4
6	SISTEMA DE VIGILANCIA .....	5
7	VARIOS .....	5
8	MONITORING & CONTROL .....	5
9	RESUMEN PFV .....	7



## 1 MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Tipo	Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Precio
Ud	9.744	Módulo fotovoltaico de 370 Wp de silicio monocristalino.	83,13 €	810.000 €
Ud	9.744	Montaje de módulo fotovoltaico	3,00 €	29.232 €
Ud	348	Seguidor solar a 1 eje	931,03 €	324.000 €
Ud	348	Montaje de estructura de seguidor	335,00 €	116.580 €
Ud	1.740	Hincado de postes de estructura de seguidor	6,00 €	10.440 €
PA	1	P.A.T. de estructura.	2.100,00 €	2.100 €

**TOTAL MÓDULOS FV**

**1.292.352 €**

## 2 OBRA CIVIL

Tipo	Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Precio
m <sup>3</sup>	12.701	Excavación de tierra vegetal por medios mecánicos (espesor medio de 30 cm), incluso acopio junto a traza y posterior extendido, incluye transporte a lugar de empleo.	1,80 €	22.862 €
m <sup>3</sup>	4.468	Excavación en zonas de desmonte en cualquier tipo de terreno por medios mecánicos, incluso carga y transporte a lugar de empleo, incluye rasanteo a cota de explanada, reperfilado de cunetas (donde sea necesario) y refino de taludes.	3,70 €	16.530 €
m <sup>3</sup>	4.458	Formación de terraplén con material procedente de excavación o préstamo, incluso selección, transporte, extendido, humectación y compactación hasta el 98 % Proctor Modificado, incluye rasanteo a cota de explanada y refino posterior de taludes.	3,00 €	13.374 €
m <sup>3</sup>	1.240	Capa de subbase (árido medio) para el firme de viales, incluso transporte desde planta, extendido, humectación, rasanteo y compactación al 98 % de P.M. en formación de subbase.	9,00 €	11.162 €
m <sup>3</sup>	759	Capa de base (árido fino) para el firme de viales incluso transporte desde planta, extendido, humectación, rasanteo y compactación al 98 % de P.M. en formación de base.	14,00 €	10.622 €



Tipo	Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Precio
m	2.250	Metro lineal de zanja para conducciones eléctricas según plano de zanjas tipo incluyendo excavación en cualquier tipo de terreno (incluso carga y transporte a lugar de empleo), relleno, tubos de diámetros variados, baliza y placa PPC.	30,00 €	67.500 €
Ud	6	Cruce de zanjas por unidad de cruce, incluido tubos PEAD y hormigón HM-20.	200,00 €	1.200 €
m	1.308	Metro lineal de zanja para sistema de vigilancia según plano de zanjas tipo incluyendo excavación, relleno, tubos, baliza y placa PPC.	12,00 €	15.696 €
m	1.308	Vallado perimetral de recinto de parque fotovoltaico	8,50 €	11.118 €

**TOTAL OBRA CIVIL**

**170.065 €**

### 3 CENTROS DE TRANSFORMACIÓN, SECCIONAMIENTO E INVERSORES

Tipo	Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Precio
Ud	2	Obra civil de casetas centro de transformación incluyendo excavación de tierra vegetal, desmonte, terraplén y solera de hormigón armado de 0,15 m de espesor	693,00 €	1.386,00 €
Ud	1	Centro de transformación MV SKID 645V/15kV 3000 kVA transformador Dy11	69.000,00 €	69.000,00 €
Ud	1	Inversor POWER ELECTRONICS modelo FS3001CH15	3.250,00 €	3.250,00 €
Ud	15	Cajas de conexión: Caja de seccionamiento y protección de 1500V	500,00 €	7.500,00 €
Ud	0	Switch Box ACBox2000-21-D-A	350,00 €	0 €
Ud	1	Controlador inteligente SmartACU2000B	2.750,00 €	2.750 €
Ud	2	Red de tierras interior y exterior de centros de transformación, inversores y centros de seccionamiento	450,00 €	900 €

**TOTAL CT, SECCIONAMIENTO E INVERSORES**

**84.786 €**



#### 4 CONDUCTORES DE CC

Tipo	Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Precio
m	25.095	Suministro y tendido de cable ZZ-F DKE/VDE AK 411.2.3 1,8 kV, unipolar de 1x6 mm <sup>2</sup> de sección, línea de distribución en cc desde paneles a inversor.	0,58 €	14.555 €

**TOTAL CONDUCTORES CC**

**14.555 €**

#### 5 CONDUCTORES DE CA Y ACCESORIOS

Tipo	Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Precio
m	0	Suministro y tendido de cable aislado unipolar tipo AL RZ1 (XLPE) 0,6/1 kV, conductor 3x(1x35) mm <sup>2</sup> de sección.	5,14 €	0 €
m	0	Suministro y tendido de cable aislado unipolar tipo AL RZ1 (XLPE) 0,6/1 kV, conductor 3x(1x240) mm <sup>2</sup> de sección.	4,00 €	0 €
m	1.095	Suministro y tendido de cable aislado unipolar tipo AL RHZ1 (XLPE) 12/20 kV, conductor de 1x(1x150) mm <sup>2</sup> de sección.	5,00 €	5.475 €
m	0	Suministro y tendido de cable aislado unipolar tipo AL RHZ1 (XLPE) 12/20 kV, conductor de 1x(1x400) mm <sup>2</sup> de sección.	7,54 €	0 €

**TOTAL CONDUCTORES CA**

**5.475 €**



## 6 SISTEMA DE VIGILANCIA

Tipo	Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Precio
Ud	1	Sistema perimetral de CCTV, incluida instalación y puesta en marcha.	16.875,00 €	16.875 €
Ud	1	Sistema de analisis de video, incluida instalación y puesta en marcha.	15.400,00 €	15.400 €
Ud	1	Sistema de grabación e imágenes, incluida instalación y puesta en marcha.	1.810,00 €	1.810 €
Ud	1	Central de control, incluida instalación y puesta en marcha.	760,00 €	760 €
Ud	1	Rack, incluida instalación y puesta en marcha.	390,00 €	390 €
Ud	1	UPS y tarjetas de comunicación TCP/IP, incluida instalación y puesta en marcha.	2.510,00 €	2.510 €
m	1.308	Cable 2x10 mm, incluida instalación y puesta en marcha.	2,70 €	3.532 €
m	1.308	Cable 2x6 mm, incluida instalación y puesta en marcha.	1,80 €	2.354 €
m	2.616	Fibra óptica 4F, incluida instalación y puesta en marcha.	1,10 €	2.878 €

**TOTAL SISTEMAS DE VIGILANCIA**

**46.509 €**

## 7 VARIOS

Tipo	Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Precio
Ud	1	Control de Calidad: Control de Calidad realizado por empresa especializada.	5.000,00 €	5.000 €
Ud	1	Estación meteorológica Suministro, montaje y conexionado de estación meteorológica compuesta por: - 1 Piranómetro - Anemómetro y veleta. - Dos Sensores temperatura ambiente. - Dos células calibradas - Sistema de montaje sobre torreta. - Alimentación auxiliar mediante panel FV. - Pluviómetro. - Visualizador frontal. incluidos medios auxiliares, material auxiliar, así como p.p. de pequeño material y accesorios, totalmente la unidad terminada.	3.500,00 €	3.500 €

**TOTAL VARIOS**

**8.500 €**



## 8 MONITORING & CONTROL

Tipo	Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Precio
Ud	1	Monitoring & Control	16.500,00 €	16.500 €
<b>TOTAL MONITORING &amp; CONTROL</b>				<b>16.500 €</b>



## 9 RESUMEN PFV

Resumen PFV EL BARCIAL - 3 MW / 3,6 MWp	
CONCEPTO	PRECIO
1. Módulos fotovoltaicos	1.292.352 €
2. Obra civil	170.065 €
3. Centros de transformación, seccionamiento e inversores	84.786 €
4. Conductores C.C.	14.555 €
5. Conductores C.A	5.475 €
6. Sistema de vigilancia	46.509 €
7. Varios	8.500 €
8. Monitoring & Control	16.500 €
Presupuesto de ejecución material	<b>1.638.741 €</b>
Gastos generales y dirección de obra 13%	213.036 €
Beneficio Industrial 6%	98.324 €
Total ejecución	1.950.102 €
	<b>1.950.102 €</b>

El presupuesto de ejecución material del Parque Fotovoltaico EL BARCIAL 3 MW / 3,6 MWp y su línea de evacuación asciende a la cantidad de:

**UN MILLÓN SEISCIENTOS TREINTA Y OCHO MIL SETECIENTOS CUARENTA Y UN EUROS (1.638.741 €).**

Zaragoza, octubre 2020  
Fdo. Pedro Machín Iturria  
Ingeniero Industrial  
Colegiado Nº 2.474 COIAR



---

# PROYECTO ADMINISTRATIVO PFV EL BARCIAL 3 MW / 3,6 MWp Y SU INFRAESTRUCTURA DE EVACUACIÓN

## DOCUMENTO 5: PLIEGO DE CONDICIONES

Términos Municipales de Zuera (Zaragoza)

---



*En Zaragoza, octubre de 2020*

## Índice

1.	CONDICIONES: TIPO GENERAL.....	3
1.1	Objeto del pliego.....	3
1.2	Descripción general de la obra .....	3
1.3	Condiciones generales de índole legal .....	3
1.4	De los materiales y aparatos, su procedencia.....	4
1.4	Plazo de comienzo y de ejecución.....	5
1.5	Sanciones por retraso de las obras .....	5
1.6	Obra de reforma y mejora.....	5
1.7	Trabajos defectuosos .....	6
1.8	Vicios ocultos.....	7
1.9	Recepción provisional de las obras. ....	7
1.10	Medición definitiva de los trabajos.....	8
1.11	Plazo de garantía .....	8
1.12	Conservación de las obras recibidas provisionalmente .....	8
1.13	Recepción definitiva .....	8
1.14	Dirección de obra .....	9
1.15	Obligaciones de la contrata.....	9
1.16	Responsabilidades de la contrata .....	10
1.17	Obras ocultas.....	11
1.18	Seguridad e higiene en el trabajo.....	11
2.	PLIEGO DE CONDICIONES: LÍNEAS ELÉCTRICAS SUBTERRÁNEAS .....	13
2.1	Objeto y campo de aplicación.....	13
2.2	Ejecución del trabajo .....	13
2.3	Trazado .....	13
2.4	Apertura de zanjas.....	14
2.5	Canalización .....	15
2.6	Paralelismos.....	15
2.7	Cruzamientos con vías de comunicación.....	17
2.8	Cruzamientos con otros servicios .....	18
2.9	Tendido de cables .....	20
2.10	Tensiones transferidas en M.T .....	26
2.11	Materiales .....	26
2.12	Conductores.....	26



3.	PLIEGO DE CONDICIONES: ZANJAS Y CIMENTACIONES.....	27
3.1	Excavación en zanjas .....	27
3.2	Demoliciones .....	28
3.3.	Rellenos compactados .....	28
4.	PLIEGO DE CONDICIONES: EDIFICIOS .....	30
4.1	Objeto.....	30
4.2	Disposiciones generales .....	30
4.3	Condiciones de los materiales .....	31
4.4	Condiciones generales de ejecución de las obras .....	32
5.	PLIEGO DE CONDICIONES: OBRA CIVIL .....	34
5.1	Objeto de pliego y descripción de las obras.....	34
5.2	Disposiciones técnicas a tener en cuenta con carácter general .....	34
5.3	Materiales, dispositivos e instalaciones y sus características .....	34
5.4	Ejecución y control de obras.....	43
6.	ESPECIFICACIONES SOBRE EL CONTROL DE CALIDAD .....	58
7.	PAGO DE LAS OBRAS.....	60

## 1. CONDICIONES: TIPO GENERAL

### 1.1 Objeto del pliego

El objeto de este Pliego es la enumeración de tipo general técnico de Control y de Ejecución a las que se han de ajustar las diversas unidades de la obra, para ejecución del Proyecto.

Este Pliego se complementa con las especificaciones técnicas incluidas en cada anexo de la memoria descriptiva correspondiente a la instalación de los paneles solares fotovoltaicos, a la estructura, al edificio de inversores y a los centros de transformación.

### 1.2 Descripción general de la obra

La descripción del proyecto se hará siguiendo al detalle las instrucciones marcadas en la memoria descriptiva.

### 1.3 Condiciones generales de índole legal

A continuación se recogen las características y condiciones que reunirá la obra y materiales principales en ellas empleados.

Las obras a que se refiere el presente proyecto son de nueva planta en su integridad, no existiendo parte alguna de aprovechamiento de edificaciones anteriores ni en lo referente a unidades de obra ni a ninguno de los materiales que han de entrar a formar parte de la misma. Así pues serán automáticamente rechazados aquellos elementos que hayan tenido anterior uso. Del mismo modo, si en las excavaciones o movimientos de tierras apareciese algún elemento o fábrica de anteriores edificaciones, no serán aprovechadas, siendo demolidas en lo necesario para establecer las unidades de obra indicadas en los Planos, salvo que sean de carácter histórico, artístico o monumental o que puedan considerarse dentro de la vigente Legislación, en el supuesto de hallazgo de tesoros.

Una vez adjudicadas las obras, el constructor instalará en el terreno una caseta de obra. En ésta habrá al menos dos departamentos independientes, destinados a oficina y botiquín. El primero deberá tener al menos un tablero donde puedan extenderse los planos y el segundo estará provisto de todos los elementos precisos para una primera cura de urgencia.



El pago de impuestos o árbitros en general, municipales o de otro origen, sobre vallas, alumbrado, etc., cuyo abono debe hacerse durante el tiempo de ejecución de las obras y por conceptos inherentes a los propios trabajos que se realizan, correrán a cargo del Contratista.

Los documentos de este proyecto, en su conjunto, con los particulares que pudieran establecerse y las prescripciones señaladas en el Pliego de Condiciones Técnico de la Dirección General de Ingeniería, y según publicación del Ministerio de la Vivienda, así como las Normas Tecnológicas que serán de obligado cumplimiento en su total contenido, cuanto no se oponga a las anteriores, constituyen un contrato que determina y regula las obligaciones y derechos de ambas partes contratantes, los cuales se comprometen a dirimir las divergencias que pudieran surgir hasta su total cumplimiento, por amigables componedores, preferentemente por el Ingeniero Director, a quien se considerará como única persona técnica para las dudas e interpretaciones del presente Pliego, o en su defecto, el Ingeniero designado por la Delegación del Colegio Oficial de Ingenieros de la zona y en último extremo a los tribunales competentes, a cuyo fuero se someten ambas partes.

El Contrato se formalizará como documento privado o público a petición de cualquiera de las partes y con arreglo a las disposiciones vigentes. En el Contrato se reflejarán las particularidades que convengan ambas partes, completando o modificando lo señalado en el presente Pliego de Condiciones, que quedará incorporado al Contrato como documento integrante del mismo.

#### 1.4 De los materiales y aparatos, su procedencia

El Contratista tiene libertad de proveerse de los materiales y aparatos de toda clase en los puntos que le parezca conveniente, siempre que reúnan las condiciones exigidas en el contrato, que estén perfectamente preparados para el objeto a que se apliquen, y sean empleados en obra conforme a las reglas del arte, a lo preceptuado en el Pliego de Condiciones y a lo ordenado por el Ingeniero Director.

Como norma general el Contratista vendrá obligado a presentar el Certificado de Garantía o Documento de Idoneidad Técnica de los diferentes materiales destinados a la ejecución de la obra.



Todos los materiales y, en general, todas las unidades de obra que intervengan en la construcción del presente proyecto, habrán de reunir las condiciones exigidas por el Pliego de Condiciones varias de la Edificación, compuesto por el Centro Experimental de Ingeniería, y demás Normativa vigente que serán interpretadas en cualquier caso por el Ingeniero Director de la Obra, por lo que el Ingeniero podrá rechazar material o unidad de obra que no reúna las condiciones exigidas, sin que el Contratista pueda hacer reclamación alguna.

#### 1.4 Plazo de comienzo y de ejecución

El adjudicatario deberá dar comienzo a las obras dentro de los quince días siguientes a la fecha de la adjudicación definitiva a su favor, dando cuenta de oficio a la Dirección Técnica, del día que se propone inaugurar los trabajos, quien acusará recibo.

Las obras deberán quedar total y absolutamente terminadas en el plazo que se fije en la adjudicación a contar desde igual fecha que en el caso anterior. No se considerará motivo de demora de las obras la posible falta de mano de obra o dificultades en la entrega de los materiales.

#### 1.5 Sanciones por retraso de las obras

Si el Constructor, excluyendo los casos de fuerza mayor, no tuviese perfectamente concluidas las obras y en disposición de inmediata utilización o puesta en servicio, dentro del plazo previsto en el artículo correspondiente, la propiedad oyendo el parecer de la Dirección Técnica, podrá reducir de las liquidaciones, fianzas o emolumentos de todas clases que tuviese en su poder las cantidades establecidas según las cláusulas de contrato privado entre Propiedad y Contrata.

#### 1.6 Obra de reforma y mejora

Si por decisión de la Dirección Técnica se introdujesen mejoras, presupuestos adicionales o reformas, el Constructor queda obligado a ejecutarlas, con la baja correspondiente conseguida en el acto de la adjudicación, siempre que el aumento no sea superior al 10% del presupuesto de la obra.

## 1.7 Trabajos defectuosos

El Contratista, como es natural, debe emplear los materiales que cumplan las condiciones generales exigidas en el Pliego de Condiciones Generales de índole técnica del "Pliego de Condiciones de la Edificación" y realizará todos los trabajos contratados de acuerdo con lo especificado en dicho documento, y en los demás que se recogen en este Pliego.

Por ello y hasta que tenga lugar la recepción definitiva de la instalación, el Contratista es el único responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las faltas y defectos que en estos pueda existir, por su mala ejecución o por la deficiente calidad de los materiales empleados o aparatos colocados, sin que pueda servir de excusa, ni le otorgue derecho alguno, la circunstancia de que por el Ingeniero Director o sus auxiliares, no se le haya llamado la atención sobre el particular, ni tampoco el hecho de que le hayan sido valoradas las certificaciones parciales de obra, que siempre se supone que se extienden y abonan a buena cuenta. Asimismo será de su responsabilidad la correcta conservación de las diferentes partes de la obra, una vez ejecutadas, hasta su entrega.

Como consecuencia de lo anteriormente expresado, cuando el Ingeniero Director o su representante en la obra adviertan vicios o defectos en los trabajos efectuados, o que los materiales empleados no reúnan las condiciones preceptuadas, ya sea en el curso de ejecución de los trabajos o finalizados éstos y antes de verificarse la recepción definitiva, podrá disponer que las partes defectuosas sean demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo preceptuado y todo ello a expensas de la Contrata.

En el supuesto de que la reparación de la obra, de acuerdo con el proyecto, o su demolición, no fuese técnicamente posible, se actuará sobre la devaluación económica de las unidades en cuestión, en cuantía proporcionada a la importancia de los defectos y en relación al grado de acabado que se pretende para la obra.

En caso de reiteración en la ejecución de unidades defectuosas, o cuando estas sean de gran importancia, la Propiedad podrá optar, previo asesoramiento de la Dirección Facultativa, por la rescisión de contrato sin perjuicio de las penalizaciones que pudiera imponer a la Contrata en concepto de indemnización.

## 1.8 Vicios ocultos

Si el Ingeniero Director tuviese fundadas razones para creer en la existencia de vicios ocultos de construcción en las obras ejecutadas, ordenará efectuar en cualquier tiempo y antes de la recepción definitiva, las demoliciones que crea necesarias para reconocer los trabajos que crea defectuosos.

Los gastos de demolición y reconstrucción que se ocasionan, serán de cuenta del Contratista, siempre que los vicios existan realmente, en caso contrario, correrán a cargo del propietario.

## 1.9 Recepción provisional de las obras.

Una vez terminada la totalidad de las obras, se procederá a la recepción provisional para la cual será necesaria asistencia de un representante de la Propiedad, de los Ingenieros Directores de las obras y del Contratista o su representante. Del resultado de la recepción se extenderá un acta por triplicado, firmada por los tres asistentes legales antes indicados.

Si las obras se encuentran en buen estado y han sido ejecutadas con arreglo a las condiciones establecidas, se darán por recibidas provisionalmente, comenzando a correr en dicha fecha el plazo de garantía de un año.

Cuando las obras no se hallen en estado de ser recibidas, se hará constar en el acta y se especificarán en la misma los defectos observados, así como las instrucciones al Contratista, que la Dirección Técnica considere necesarias para remediar los efectos observados, fijándose un plazo para subsanarlo, expirado el cual, se efectuará un nuevo reconocimiento en idénticas condiciones, a fin de proceder de nuevo a la recepción provisional de la obra.

Si el Contratista no hubiese cumplido, se considerará rescindida la Contrata con pérdidas de fianza, a no ser que se estime conveniente se le conceda un nuevo e improrrogable plazo.

Será condición indispensable para proceder a la recepción provisional la entrega por parte de la Contrata a la Dirección Facultativa de la totalidad de los planos de obra generales y de las instalaciones realmente ejecutadas, así como sus permisos de uso correspondientes.



### 1.10 Medición definitiva de los trabajos

Recibidas provisionalmente las obras, se procederá inmediatamente, por la Dirección de la obra a su medición general y definitiva, con precisa asistencia del Contratista o un representante suyo nombrado por el de oficio.

### 1.11 Plazo de garantía

El plazo de garantía de las obras terminadas será el pactado por contrato entre la propiedad y el contratista, transcurrido el cual se efectuará la recepción definitiva de las mismas, que, de resolverse favorablemente, relevará al Constructor de toda responsabilidad de conservación, reforma o reparación.

Caso de hallarse anomalías u obras defectuosas, la Dirección Técnica concederá un plazo prudencial para que sean subsanadas y si a la expiración del mismo resultase que aun el Constructor no hubiese cumplido su compromiso, se rescindiré el contrato, con pérdida de la fianza, ejecutando la Propiedad las reformas necesarias con cargo a la citada fianza.

### 1.12 Conservación de las obras recibidas provisionalmente

Los gastos de conservación durante el plazo de garantía, comprendido entre la recepción parcial y la definitiva correrán a cargo del Contratista. En caso de duda será juez imparcial, la Dirección Técnica de la Obra, sin que contra su resolución quepa ulterior recurso.

### 1.13 Recepción definitiva

Finalizado el plazo de garantía se procederá a la recepción definitiva, con las mismas formalidades de la provisional. Si se encontraran las obras en perfecto estado de uso y conservación, se darán por recibidas definitivamente y quedará el Contratista relevado de toda responsabilidad administrativa quedando subsistente la responsabilidad civil según establece la Ley.

En caso contrario se procederá de idéntica forma que la preceptuada para la recepción provisional, sin que el Contratista tenga derecho a percepción de cantidad alguna en



concepto de ampliación del plazo de garantía y siendo obligación suya hacerse cargo de los gastos de conservación hasta que la obra haya sido recibida definitivamente.

#### 1.14 Dirección de obra

Conjuntamente con la interpretación técnica del proyecto, que corresponde a la Dirección Facultativa, es misión suya la dirección y vigilancia de los trabajos que en las obras se realicen, y ello con autoridad técnica legal completa sobre las personas y cosas situadas en la obra y en relación con los trabajos que para la ejecución de las obras, e instalaciones anejas, se lleven a cabo, si considera que adoptar esta resolución es útil y necesaria para la buena marcha de las obras.

El Contratista no podrá recibir otras órdenes relativas a la ejecución de la obra, que las que provengan del Director de Obra o de las personas por él delegadas.

#### 1.15 Obligaciones de la contrata

Toda la obra se ejecutará con estricta sujeción al proyecto que sirve de base a la Contrata, a este Pliego de Condiciones y a las órdenes e instrucciones que se dicten por el Ingeniero Director o ayudantes delegados. El orden de los trabajos será fijado por ellos, señalándose los plazos prudenciales para la buena marcha de las obras.

El Contratista habilitará por su cuenta los caminos, vías de acceso, etc. así como una caseta en la obra donde figuren en las debidas condiciones los documentos esenciales del proyecto, para poder ser examinados en cualquier momento. Igualmente permanecerá en la obra bajo custodia del Contratista un "libro de órdenes", para cuando lo juzgue conveniente la Dirección dictará las que hayan de extenderse, y firmarse el "enterado" de las mismas por el Jefe de Obra. El hecho de que en dicho libro no figuren redactadas las órdenes que preceptivamente tiene la obligación de cumplir el Contratista, de acuerdo con lo establecido en el "Pliego de Condiciones" de la Edificación, no supone eximente ni atenuante alguno para las responsabilidades que sean inherentes al Contratista.

Por la Contrata se facilitará todos los medios auxiliares que se precisen, y locales para almacenes adecuados, pudiendo adquirir los materiales dentro de las condiciones exigidas en el lugar y sitio que tenga por conveniente, pero reservándose el propietario, siempre por sí o por intermedio de sus técnicos, el derecho de comprobar que el



contratista ha cumplido sus compromisos referentes al pago de jornales y materiales invertidos en la obra, e igualmente, lo relativo a las cargas en material social, especialmente al aprobar las liquidaciones o recepciones de obras.

La Dirección Técnica y con cualquier parte de la obra ejecutada que no esté de acuerdo con el presente Pliego de Condiciones o con las instrucciones dadas durante su marcha, podrá ordenar su inmediata demolición o su sustitución hasta quedar, a su juicio, en las debidas condiciones, o alternatively, aceptar la obra con la depreciación que estime oportuna, en su valoración.

Igualmente se obliga a la Contrata a demoler aquellas partes en que se aprecie la existencia de vicios ocultos, aunque se hubieran recibido provisionalmente.

Son obligaciones generales del Contratista las siguientes:

- Verificar las operaciones de replanteo y nivelación, previa entrega de las referencias por la Dirección de la Obra.
- Firmar las actas de replanteo y recepciones.
- Presenciar las operaciones de medición y liquidaciones, haciendo las observaciones que estime justas, sin perjuicio del derecho que le asiste para examinar y comprobar dicha liquidación.
- Ejecutar cuanto sea necesario para la buena construcción y aspecto de las obras, aunque no esté expresamente estipulado en este pliego.
- El Contratista no podrá subcontratar la obra total o parcialmente, sin autorización escrita de la Dirección, no reconociéndose otra personalidad que la del Contratista o su apoderado.
- El Contratista se obliga, asimismo, a tomar a su cargo cuanto personal necesario a juicio de la Dirección Facultativa.
- El Contratista no podrá, sin previo aviso, y sin consentimiento de la Propiedad y Dirección Facultativa, ceder ni traspasar sus derechos y obligaciones a otra persona o entidad.

### 1.16 Responsabilidades de la contrata

Son de exclusiva responsabilidad del Contratista, además de las expresadas las de:

- Todos los accidentes que por inexperiencia o descuido sucedan a los operarios, tanto en la construcción como en los andamios, debiendo atenderse a lo dispuesto

en la legislación vigente sobre accidentes de trabajo y demás preceptos, relacionados con la construcción, régimen laboral, seguros, subsidiarios, etc.

- El cumplimiento de las Ordenanzas y disposiciones Municipales en vigor. Y en general será responsable de la correcta ejecución de las obras que haya contratado, sin derecho a indemnización por el mayor precio que pudieran costarle los materiales o por erradas maniobras que cometiera, siendo de su cuenta y riesgo los perjuicios que pudieran ocasionarse.

### 1.17 Obras ocultas

De todos los trabajos y unidades de obra que hayan de quedar ocultos a la terminación, se levantarán los planos precisos e indispensables para que queden perfectamente definidos; estos documentos se extenderán por triplicado, entregándose uno al propietario, otro al Ingeniero Director y el tercero al Contratista, firmados todos ellos por estos dos últimos. Dichos planos, que deberán ir suficientemente acotados, se considerarán documentos indispensables para efectuar las mediciones.

### 1.18 Seguridad e higiene en el trabajo

El Contratista estará obligado a redactar un proyecto completo de Seguridad e Higiene específico para la presente obra, conformado y que cumplan las disposiciones vigentes, no eximiéndole el incumplimiento o los defectos del mismo de las responsabilidades de todo género que se deriven.

Durante las tramitaciones previas y durante la preparación, la ejecución y remate de los trabajos que estén bajo esta Dirección Facultativa, serán cumplidas y respetadas al máximo todas las disposiciones vigentes y especialmente las que se refieren a la Seguridad e Higiene en el Trabajo, en la Industria de la construcción, lo mismo en lo relacionado a los intervinientes en el tajo como con las personas ajenas a la obra.

En caso de accidentes ocurridos a los operarios, en el transcurso de ejecución de los trabajos de la obra, el Contratista se atenderá a lo dispuesto a este respecto en la legislación vigente, siendo en todo caso, único responsable de su incumplimiento y sin que por ningún concepto pueda quedar afectada la Propiedad ni la Dirección Facultativa, por responsabilidad en cualquier aspecto.

PFV EL BARCIAL 3 MW / 3,6 MWp  
Y SU INFRAESTRUCTURA DE EVACUACIÓN

05. Pliego de condiciones



El Contratista será responsable de todos los accidentes que por inexperiencia o descuido sobrevinieran, tanto en la propia obra como en las edificaciones contiguas. Será por tanto de su cuenta el abono de las indemnizaciones a quien corresponda y, de todos los daños y perjuicios que puedan causarse en los trabajos de ejecución de la obra, cuando a ello hubiera lugar.

## 2. PLIEGO DE CONDICIONES: LÍNEAS ELÉCTRICAS SUBTERRÁNEAS

### 2.1 Objeto y campo de aplicación

Este Pliego de Condiciones determina las condiciones mínimas aceptables para la ejecución de las obras de instalación de redes subterráneas de hasta 30 kV.

Este Pliego de Condiciones se refiere al suministro e instalación de los materiales necesarios en el montaje de dichas líneas subterráneas de Media Tensión.

### 2.2 Ejecución del trabajo

Corresponde al Contratista la responsabilidad en la ejecución de los trabajos que deberán realizarse conforme a las reglas del arte.

### 2.3 Trazado

Las canalizaciones, salvo casos de fuerza mayor, se ejecutarán en terrenos de dominio público, bajo las aceras o calzadas, evitando ángulos pronunciados. El trazado será lo más rectilíneo posible, paralelo en toda su longitud a bordillos o fachadas de los edificios principales.

Antes de comenzar los trabajos, se marcarán en el pavimento las zonas donde se abrirán las zanjas, marcando tanto su anchura como su longitud y las zonas donde se contendrá el terreno. Si ha habido posibilidad de conocer las acometidas de otros servicios a las fincas construidas, se indicarán sus situaciones con el fin de tomar las precauciones debidas.

Antes de proceder a la apertura de las zanjas se abrirán calas de reconocimiento para confirmar o rectificar el trazado previsto.

Se estudiará la señalización de acuerdo con las normas municipales y se determinarán las protecciones precisas tanto de la zanja como de los pasos que sean necesarios para los accesos a los portales, comercios, garajes, etc. así como las chapas de hierro que vayan a colocarse sobre la zanja para el paso de vehículos.



Al marcar el trazado de las zanjas se tendrá en cuenta el radio mínimo que hay que dejar en la curva con arreglo a la sección del conductor, siendo este radio mínimo  $10(D+d)$  donde D es el diámetro exterior y d el diámetro del conductor.

## 2.4 Apertura de zanjas

La excavación la realizará una empresa especializada, que trabaje con los planos de trazado suministrados.

Las zanjas se harán verticales hasta la profundidad escogida, colocándose entibaciones en los casos que la naturaleza del terreno lo haga preciso.

Se procurará dejar un paso de 50 cm entre la zanja y las tierras extraídas, con el fin de facilitar la circulación del personal de la obra y evitar la caída de tierras en la zanja. La tierra excavada y el pavimento, deben depositarse por separado. La planta de la zanja debe limpiarse de piedras agudas, que podrían dañar las cubiertas exteriores de los cables.

Se deben tomar todas las precauciones precisas para no tapar con tierras registros de gas, teléfono, bocas de riego, alcantarillas, etc.

Durante la ejecución de los trabajos en la vía pública se dejarán pasos suficientes para vehículos y peatones, así como los accesos a los edificios, comercios y garajes. Si es necesario interrumpir la circulación se precisará una autorización especial.

Para reducir el coste de reposición del pavimento en lo posible, la zanja se puede excavar con intervalos de 2 a 3 m alternados, y entre cada dos intervalos de zanja se práctica una mina o galería por la que se pase el cable.

Si deben abrirse las zanjas en terreno de relleno o de poca consistencia debe recurrirse al entibado en previsión de desmontes.

El fondo de la zanja, establecida su profundidad, es necesario que esté en terreno firme, para evitar corrimientos en profundidad que sometan a los cables a esfuerzos por estiramientos.

Cuando en una zanja coincidan cables de distintas tensiones se situarán en bandas horizontales a distinto nivel de forma que en cada banda se agrupen cables de igual tensión.

La separación entre dos bandas de cables será como mínimo de 25 cm.



La separación entre dos cables multipolares o ternas de cables unipolares dentro de una misma banda será como mínimo de 25 cm. Si no fuera posible conseguir esta distancia se instalarán bajo tubo o se separarán con rasillas.

La profundidad de las respectivas bandas de cables dependerá de las tensiones, de forma que la mayor profundidad corresponda a la mayor tensión.

## 2.5 Canalización

Los cruces de vías públicas o privadas se realizarán con tubos ajustándose a las siguientes condiciones:

- a) Se colocará en posición horizontal y recta y estarán hormigonados en toda su longitud.
- b) Deberá preverse para futuras ampliaciones uno o varios tubos de reserva dependiendo de la zona y situación del cruce, (en cada caso se fijará el número de tubos de reserva).
- c) Los extremos de los tubos en los cruces llegarán hasta los bordillos de las aceras, debiendo construirse en los extremos un tabique para su fijación.
- d) En las salidas el cable se situará en la parte superior del tubo, cerrando los orificios con yeso.
- e) Siempre que la profundidad de zanja bajo calzada sea inferior a 80 cm, se utilizarán chapas o tubos de hierro u otros dispositivos que aseguren una resistencia mecánica equivalente, teniendo en cuenta que en este caso dentro del mismo tubo deberán colocarse siempre las tres fases.
- f) Los cruces de vías férreas, cursos de agua, etc. deberán proyectarse con todo detalle.

Se debe evitar posible acumulación de agua o gas a lo largo de la canalización situando convenientemente pozos de escape en relación al perfil altimétrico.

## 2.6 Paralelismos

### 3.2.1. Baja Tensión

Los cables de Alta Tensión se podrán colocar paralelos a cables de Baja Tensión, siempre que entre ellos haya una distancia no inferior a 25 cm. Cuando no sea posible conseguir esta distancia, se separan mediante ladrillo tipo macizo o bien se instalará uno de ellos bajo tubo.

### 3.2.2. Alta Tensión

La distancia a respetar en el caso de paralelismos de líneas subterráneas de media tensión es 25 cm. Si no fuese posible conseguir esta distancia, se instalará una protección de ladrillo entre ambas líneas o bien se colocará una de ellas bajo tubo.

### 3.2.3. Cables de telecomunicación

En el caso de paralelismos entre líneas eléctricas subterráneas y líneas de telecomunicación subterráneas, estos cables deben estar a la mayor distancia posible entre sí. Siempre que los cables, tanto de telecomunicación como eléctricos, vayan directamente enterrados, la mínima distancia será de 2 m. Esta distancia podrá reducirse a 25 cm entre canalizaciones cuando los cables de energía eléctrica o telecomunicación se instalen dentro de tubos, conductos o divisorias de materiales incombustibles de resistencia mecánica apropiada.

En todo caso, en paralelismos con cables telefónicos, deberá tenerse en cuenta lo especificado por el correspondiente acuerdo con C.T.N.E. En el caso de un paralelismo de longitud superior a 500 m, bien los cables de telecomunicación o los de energía eléctrica, deberán llevar pantalla electromagnética.

### 3.2.4. Agua, Vapor, etc...

En el paralelismo entre cables de energía y conducciones metálicas enterradas se debe mantener en todo caso una distancia mínima en proyección horizontal de 0,50 m. Si no se pudiera conseguir esta distancia, se instalarán los cables dentro de tubos o divisorias de materiales incombustible de resistencia mecánica apropiada.

Siempre que sea posible, en las instalaciones nuevas la distancia en proyección horizontal entre cables de energía y conducciones metálicas enterradas colocadas paralelamente entre si no debe ser inferior a:

- a) 3 m en el caso de conducciones a presión máxima igual o superior a 25 atm; dicho mínimo se reduce a 1 m en el caso en que el tramo de paralelismo sea inferior a 100 m.
- b) 1 m en el caso de conducciones a presión máxima inferior a 25 atm.

### 3.2.5. Gas

Cuando se trate de canalizaciones de gas, se tomarán además las medidas necesarias para asegurar la ventilación de los conductos y registros de los conductores, con el fin

de evitar la posible acumulación de gases en los mismos. Siendo las distancias mínimas de 0,50 m.

### 3.2.6. Alcantarillado

En los paralelismos de los cables con conducciones de alcantarillado, se mantendrá una distancia mínima de 50 cm, protegiéndose adecuadamente los cables cuando no pueda conseguirse esta distancia.

#### Depósitos de carburante

Entre los cables eléctricos y los depósitos de carburante, habrá una distancia mínima de 1,20 m, debiendo, además, protegerse apropiadamente el cable eléctrico.

### 3.2.7. “Fundaciones” de otros servicios

Cuando en las proximidades de la canalización existan soportes de líneas aéreas de transporte público, telecomunicación, alumbrado público, etc. el cable se instalará a una distancia de 50 cm como mínimo de los bordes externos de los soportes o de las fundaciones. Esta distancia será de 150 cm en el caso en el que el soporte esté sometido a un esfuerzo de vuelco permanente hacia la zanja.

Cuando esta precaución no se pueda tomar, se empleará una protección mecánica resistente a lo largo del soporte y de su fundación prolongando una longitud de 50 cm a ambos lados de los bordes extremos de ésta.

## 2.7 Cruzamientos con vías de comunicación

### 3.2.8. Con vías públicas

En los cruzamientos con calles y carreteras los cables deberán ir entubados a una profundidad mínima de 120 cm. Los tubos o conductos serán resistentes, duraderos, estarán hormigonados en todo su recorrido y tendrán un diámetro mínimo de 15 cm que permita deslizar los cables por su interior fácilmente. En todo caso deberá tenerse en cuenta lo especificado por las normas y ordenanzas vigentes correspondientes.

### 3.2.9. Con ferrocarriles

El cruce de líneas subterráneas con ferrocarriles o vías férreas deberá realizarse siempre bajo tubo. Dicho tubo rebasará las instalaciones de servicio en una distancia de 1,60 m. Se recomienda efectuar el cruzamiento por los lugares de menor anchura de la zona del ferrocarril.

## 2.8 Cruzamientos con otros servicios

### 3.2.10. *Baja tensión*

En el caso de cruzamientos entre dos líneas eléctricas subterráneas directamente enterradas la distancia mínima a respetar será de 0,25 m. En caso de no poder conseguir esta distancia, se separarán los cables de Alta Tensión de los de Baja Tensión por medio de tubos, conductos o divisorias de ladrillos tipo macizo.

### 3.2.11. *Alta tensión*

La distancia a respetar entre líneas subterráneas de media tensión es 25 cm. Si no fuese posible conseguir esta distancia, se separará el cruce mediante ladrillos de tipo macizo.

### 3.2.12. *Con cables de telecomunicación*

En el caso de cruzamiento entre líneas eléctricas subterráneas y líneas de telecomunicación subterránea, el cable de energía debe, normalmente, estar situado por debajo del cable de telecomunicación. La distancia mínima entre la generatriz externa de cada uno de los dos cables no debe ser inferior a 25 cm.

El cable eléctrico debe estar protegido por un tubo de hierro de 1 m de largo como mínimo y de tal forma que se garantice que la distancia entre las generatrices exteriores de los cables, en las zonas protegidas, sea mayor que la mínima establecida en el caso de paralelismo, que se indica a continuación, medida en proyección horizontal. Dicho tubo de hierro debe estar protegido contra la corrosión y presentar una adecuada resistencia mecánica; su espesor no será inferior a 2 mm. El cruzamiento no debe efectuarse en correspondencia con una conexión del cable de telecomunicación, y que no debe haber empales sobre el cable de energía a una distancia inferior a 1 m.

### 3.2.13. *Agua, vapor, etc.*

El cruzamiento entre cables de energía y conducciones metálicas enterradas no debe efectuarse sobre la proyección vertical de las uniones no soldadas de la misma conducción metálica. No deberá existir ningún empalme sobre el cable de energía a una distancia inferior a 1 m.

La distancia mínima entre la generatriz del cable de energía y la de la conducción metálica no debe ser inferior a 0,25 m. Además entre el cable y la conducción debe estar interpuesta una plancha metálica de 8 mm de espesor como mínimo u otra protección mecánica equivalente, de anchura igual al menos al diámetro de la conducción y de todas formas no inferior a 0,50 m.

Análoga medida de protección debe aplicarse en el caso de que no sea posible tener el punto de cruzamiento a distancia igual o superior a 1 m de un empalme del cable.

#### 3.2.14. Gas

La mínima distancia en los cruces con canalizaciones de gas será de 25 cm. El cruce del cable eléctrico no se realizará sobre la proyección vertical de las juntas de la canalización de gas.

#### 3.2.15. Alcantarillado

En los cruzamientos de cables eléctricos con conducciones de alcantarillado deberá evitarse el ataque de la bóveda de la conducción.

#### 3.2.16. Depósitos de carburantes

Se evitarán los cruzamientos sobre depósitos de carburantes, bordeando estos el depósito debidamente protegidos a una distancia de 1,20 m del mismo.

#### 3.2.17. Transporte de bobinas de cables

La carga y descarga, sobre camiones o remolques apropiados, se hará siempre mediante una barra adecuada que pase por el orificio central de la bobina.

Las bobinas de cable se transportarán siempre de pie y nunca tumbadas sobre una de las tapas.

Cuando las bobinas se colocan llenas en cualquier tipo de transportador, éstas deberán quedar en línea, en contacto una y otra y bloqueadas firmemente en los extremos y a lo largo de sus tapas.

El bloqueo de las bobinas se debe hacer con tacos de madera lo suficientemente largos y duros con un total de largo que cubra totalmente el ancho de la bobina y puedan apoyarse los perfiles de las dos tapas. Las caras del taco tienen que ser uniformes para que las duelas no se puedan romper dañando entonces el cable.

En sustitución de estos tacos también se pueden emplear unas cuñas de madera que se colocarán en el perfil de cada tapa y por ambos lados se clavarán al piso de la plataforma para su inmovilidad. Estas cuñas nunca se pondrán sobre la parte central de las duelas, sino en los extremos, para que apoyen sobre los perfiles de las tapas.

Bajo ningún concepto se podrá retener la bobina con cuerdas, cables o cadenas que abracen la bobina y se apoyen sobre la capa exterior del cable enrollado; asimismo no

se podrá dejar caer la bobina al suelo desde un camión o remolque. En caso de no disponer de elementos de suspensión, se montará una rampa provisional formada por tablones de madera o vigas, con una inclinación no superior a 1/4. Debe guiarse la bobina con cables de retención. Es aconsejable acumular arena a una altura de 20 cm al final del recorrido, para que actúe como freno.

Cuando se desplace la bobina por tierra rodándola, habrá que fijarse en el sentido de rotación, generalmente indicado con una flecha, con el fin de evitar que se afloje el cable enrollado en la misma.

Cuando las bobinas deban trasladarse girándolas sobre el terreno, debe hacerse todo lo posible para evitar que las bobinas queden o rueden sobre un suelo u otra superficie que sea accidentada.

Esta operación será aceptable únicamente para pequeños recorridos.

En cualquiera de estas maniobras debe cuidarse la integridad de las duelas de madera con que se tapan las bobinas, ya que las roturas suelen producir astillas que se introducen hacia el interior con el consiguiente peligro para el cable.

Siempre que sea posible debe evitarse la colocación de bobinas de cable a la intemperie sobre todo si el tiempo de almacenamiento ha de ser prolongado, pues pueden presentarse deterioros considerables en la madera (especialmente en las tapas, que causarán importantes problemas al transportarlas, elevarlas y girarlas durante el tendido).

Cuando deba almacenarse una bobina de la que se ha utilizado una parte del cable que contenga, han de taponarse los extremos de los cables, utilizando capuchones retráctiles.

Antes de empezar el tendido del cable se estudiará el lugar más adecuado para colocar la bobina con objeto de facilitar el tendido. En el caso de suelo con pendiente es preferible el tendido en sentido descendente.

## 2.9 Tendido de cables

La bobina de cable se colocará en el lugar elegido de forma que la salida del cable se efectúe por su parte superior y emplazada de tal forma que el cable no quede forzado al tomar la alimentación del tendido.



Para el tendido la bobina estará siempre elevada y sujeta por gatos mecánicos y una barra, de dimensiones y resistencia apropiada al peso de la bobina.

La base de los gatos será suficientemente amplia para que garantice la estabilidad de la bobina durante su rotación.

Al retirar las duelas de protección se cuidará hacerlo de forma que ni ellas, ni el elemento empleado para enclavarla, puedan dañar el cable.

Los cables deben ser siempre desenrollados y puestos en su sitio con el mayor cuidado evitando que sufran torsión, hagan bucles, etc. y teniendo siempre en cuenta que el radio de curvatura del cable debe ser superior a 20 veces su diámetro durante su tendido. Y un radio de curvatura una vez instalado de  $10(D+d)$ , siendo D el diámetro exterior del cable y del diámetro del conductor.

Cuando los cables se tiendan a mano los operarios estarán distribuidos de una manera uniforme a lo largo de la zanja.

También se puede tender mediante cabrestantes tirando del extremo del cable al que se le habrá adaptado una cabeza apropiada y con un esfuerzo de tracción por milímetro cuadrado de conductor que no debe pasar del indicado por el fabricante del mismo. Será imprescindible la colocación de dinamómetros para medir dicha tracción.

El tendido se hará obligatoriamente por rodillos que puedan girar libremente y contruidos de forma que no dañen el cable.

Estos rodillos permitirán un fácil rodamiento con el fin de limitar el esfuerzo de tiro; dispondrán de una base apropiada que, con o sin anclaje, impida que se vuelquen, y una garganta por la que discurra el cable para evitar su salida o caída.

Se distanciarán entre sí de acuerdo con las características del cable, peso y rigidez mecánica principalmente, de forma que no permitan un vano pronunciado del cable entre rodillos contiguos, que daría lugar a ondulaciones perjudiciales. Esta colocación será especialmente estudiada en los puntos del recorrido en que haya cambios de dirección, donde además de los rodillos que facilitan el deslizamiento deben disponerse otros verticales para evitar el ceñido del cable contra el borde de la zanja en el cambio de sentido. Siendo la cifra mínima recomendada de un rodillo recto cada 5 m y tres rodillos de ángulo por cada cambio de dirección.



Para evitar el roce del cable contra el suelo, a la salida de la bobina, es recomendable la colocación de un rodillo de mayor anchura para abarcar las distintas posiciones que adopta el cable.

No se permitirá desplazar lateralmente el cable por medio de palancas u otros útiles; deberá hacerse siempre a mano.

Sólo de manera excepcional se autorizará desenrollar el cable fuera de la zanja, siempre bajo vigilancia del Director de Obra.

Para la guía del extremo del cable a lo largo del recorrido y con el fin de salvar más fácilmente los diversos obstáculos que se encuentren (cruces de alcantarillas, conducciones de agua, gas electricidad, etc.) y para el enhebrado en los tubos, en conducciones tubulares, se puede colocar en esa extremidad una manga tiracables a la que se una cuerda. Es totalmente desaconsejable situar más de dos a cinco peones tirando de dicha cuerda, según el peso del cable, ya que un excesivo esfuerzo ejercido sobre los elementos externos del cable produce en él deslizamientos y deformaciones. Si por cualquier circunstancia se precisara ejercer un esfuerzo de tiro mayor, este se aplicará sobre los propios conductores usando preferentemente cabezas de tiro estudiadas para ello.

Para evitar que en las distintas paradas que pueden producirse en el tendido, la bobina siga girando por inercia y desenrollándose cable que no circula, es conveniente dotarla de un freno, por improvisado que sea, para evitar en este momento curvaturas peligrosas para el cable.

Cuando la temperatura ambiente sea inferior a cero grados no se permitirá hacer el tendido del cable debido a la rigidez que toma el aislamiento. El cable puede calentarse antes de su tendido almacenando las bobinas durante varios días en un local caliente o se exponen a los efectos de elementos calefactores o corrientes de aire caliente situados a una distancia adecuada. Las bobinas han de girarse a cortos intervalos de tiempo, durante el precalentamiento. El cable ha de calentarse también en la zona interior del núcleo. Durante el transporte se debe usar una lona para cubrir el cable. El trabajo del tendido se ha de planear cuidadosamente y llevar a cabo con rapidez, para que el cable no se vuelva a enfriar demasiado.

El cable se puede tender desde el vehículo en marcha, cuando hay obstáculos en la zanja o en las inmediaciones de ella.

La zanja en toda su longitud deberá estar cubierta con una capa de arena fina de unos 12 cm en el fondo antes de proceder al tendido del cable.

No se dejará nunca el cable tendido en una zanja abierta sin haber tomado antes la precaución de cubrirlo con una capa de 10 cm de arena fina y la protección de rasilla.

En ningún caso se dejarán los extremos del cable en la zanja sin haber asegurado antes una buena estanqueidad de los mismos.

Cuando dos cables que se canalicen vayan a ser empalmados, se solaparán al menos en una longitud de 0,50 m.

Las zanjas se recorrerán con detenimiento antes de tender el cable para comprobar que se encuentran sin piedras y otros elementos que puedan dañar los cables en su tendido.

Si con motivo de las obras de canalización aparecieran instalaciones de otros servicios; se tomarán todas las precauciones para no dañarlas, dejándolas al terminar los trabajos en las mismas condiciones en que se encontraban primitivamente.

Si involuntariamente se causara alguna avería en dichos servicios, se avisará con toda urgencia al Director de Obra y a la Empresa correspondiente con el fin de que procedan a su reparación. El encargado de la obra por parte del Contratista deberá conocer la dirección de los servicios públicos así como su número de teléfono para comunicarse en caso de necesidad.

Si las pendientes son muy pronunciadas y el terreno es rocoso e impermeable, se corre el riesgo de que la zanja de canalización sirva de drenaje originando un arrastre de la arena que sirve de lecho a los cables. En este caso se deberá entubar la canalización asegurada con cemento en el tramo afectado.

En el caso de canalizaciones con cables unipolares, cada dos metros envolviendo las tres fases, se colocará una sujeción que agrupe dichos conductores y los mantenga unidos.

Nunca se pasarán dos circuitos, bien cables tripolares o bien cables unipolares, por un mismo tubo.

Se evitarán en lo posible las canalizaciones con grandes tramos entubados y si esto no fuera posible se construirán arquetas intermedias en los lugares marcados en el Proyecto o, en su defecto, donde señale el Director de Obra.

Una vez tendido el cable los tubos se taparán de forma que el cable quede en la parte superior del tubo.

### 3.2.18. *Protección mecánica*

Las líneas eléctricas subterráneas deben estar protegidas contra posibles averías producidas por hundimiento de tierras, por contacto con cuerpos duros y por choque de herramientas metálicas. Para ello se colocará una capa protectora de ladrillo, siendo su anchura de 24 cm cuando se trate de proteger un solo cable. La anchura se incrementará en 11,5 cm por cada cable que se añada en la misma capa horizontal.

Los ladrillos o rasillas serán cerámicos y duros.

### 3.2.19. *Señalización*

Todo cable o conjunto de cables debe estar señalado por una cinta de atención de acuerdo con la Recomendación UNESA 0205 colocada como mínimo a 0,20 m por encima del ladrillo. Cuando los cables o conjuntos de cables de categorías de tensión diferentes estén superpuestos, debe colocarse dicha cinta encima de cada uno de ellos.

### 3.2.20. *Identificación*

Los cables deberán llevar marcas que indiquen el nombre del fabricante, el año de fabricación y sus características.

### 3.2.21. *Cierre de zanjas*

Una vez colocadas al cable las protecciones señaladas anteriormente, se rellenará toda la zanja con tierra de excavación apisonada, debiendo realizarse los veinte primeros centímetros de forma manual, y para el resto deberá usarse apisonado mecánico. Procurando que las primeras capas de tierra por encima de los elementos de protección estén exentas de piedras o cascotes, para continuar posteriormente sin tanta escrupulosidad. De cualquier forma debe tenerse en cuenta que una abundancia de pequeñas piedras o cascotes puede elevar la resistividad térmica del terreno y disminuir con ello la posibilidad de transporte de energía del cable.



El cierre de las zanjas deberá hacerse por capas sucesivas de 10 cm de espesor, las cuales serán apisonadas y regadas si fuese necesario con el fin de que quede suficientemente consolidado el terreno.

El Contratista será responsable de los hundimientos que se produzcan por la deficiente realización de esta operación y, por lo tanto, serán de su cuenta las posteriores reparaciones que tengan que ejecutarse.

La carga y transporte a vertederos de las tierras sobrantes está incluida en la misma unidad de obra que el cierre de las zanjas con objeto de que el apisonado sea lo mejor posible.

### 3.2.22. *Reposición de pavimentos*

Los pavimentos serán repuestos de acuerdo con las normas y disposiciones dictadas por el propietario de los mismos.

Deberá lograrse una homogeneidad de forma que quede el pavimento nuevo lo más igualado posible al antiguo, haciendo su reconstrucción por piezas nuevas si está compuesto por losetas, baldosas, etc.

En general se utilizarán materiales nuevos salvo las losas de piedra, adoquines, bordillos de granito y otros similares.

### 3.2.23. *Puesta a tierra*

Todas las pantallas de los cables deben ser puestas a tierra en los extremos de cada cable y en los empalmes, con objeto de disminuir la resistencia global a tierra.

Si los cables son unipolares o las pantallas en M.T. están aisladas con una cubierta no metálica, la puesta a tierra puede ser realizada en un solo extremo, con tal de que en el otro extremo y en conexión con el empalme se adopten protecciones contra la tensión de contacto de las pantallas del cable.

Cuando las tomas de tierra de pararrayos de edificios importantes se encuentren bajo la acera, próximas a cables eléctricos en que las envueltas no están conectadas en el interior de los edificios con la bajada del pararrayos conviene tomar alguna de las precauciones siguientes:

- a) Interconexión entre la bajada del pararrayos y las envueltas metálicas de los cables.

- b) Distancia mínima de 0,50 m entre el conductor de toma de tierra del pararrayos y los cables o bien interposición entre ellos de elementos aislantes.

## 2.10 Tensiones transferidas en M.T

Con motivo de un defecto a masa lejano y con objeto de evitar la transmisión de tensiones peligrosas en el tendido de cables por galería, las pantallas metálicas de los cables se pondrán a tierra al realizar cada una de las cajas de empalme y en las cajas terminales.

## 2.11 Materiales

No se podrán emplear materiales que no hayan sido aceptados previamente por el Director de Obra.

Se realizarán cuantos ensayos y análisis indique el Director de Obra, aunque no estén indicados en este Pliego de Condiciones.

Los cables instalados serán los que figuran en el Proyecto y deberán estar de acuerdo con las Recomendaciones UNESA y las Normas UNE correspondientes.

## 2.12 Conductores

Serán los que figuran en el Proyecto.

### 3. PLIEGO DE CONDICIONES: ZANJAS Y CIMENTACIONES

#### 3.1 Excavación en zanjas

##### 3.2.24. *Generalidades*

Consiste en el conjunto de operaciones necesarias para conseguir el emplazamiento adecuado para las zanjas y pozos para la realización de las canalizaciones y cimentaciones del parque fotovoltaico.

##### 3.2.25. *Trazado*

Se efectuarán las excavaciones con las alineaciones y desniveles previstos en los Planos del Proyecto, replanteos definitivos o con las modificaciones que, en su caso, indique la Dirección Facultativa.

##### 3.2.26. *Ejecución*

La apertura de las zanjas y pozos podrán efectuarse con medios mecánicos o manuales. El fondo de las excavaciones se refinará y compactará para recibir la capa de hormigón de limpieza.

No se permitirá tener las excavaciones abiertas a su rasante final más de cuatro (4) días antes de la colocación de la cimentación. En caso de terrenos arcillosos o margosos de fácil meteorización, si fuese absolutamente imprescindible efectuar con más plazo la apertura de las zanjas, se deberán dejar sin excavar unos veinte centímetros (20 cm) sobre la rasante de la solera, para realizar su acabado en plazo inferior al citado.

##### 3.2.27. *Entibación de las excavaciones*

El Contratista tomará las máximas precauciones para evitar desprendimientos, empleando para este fin las entibaciones adecuadas, obras definitivas.

Estos trabajos, cualquiera que sea su naturaleza se encuentran incluidos en el precio correspondiente a esta unidad.

Se excavará hasta la línea de rasante siempre que el terreno sea uniforme; si quedan al descubierto piedras, cimentaciones, rocas, etc., será necesario excavar por debajo de la rasante para efectuar un relleno posterior. Normalmente esta excavación suplementaria tendrá de quince a treinta (15 a 30) centímetros de espesor.



De ser preciso efectuar voladuras para las excavaciones, en especial en poblaciones, se adoptarán precauciones para la protección de personas y propiedades, siempre de acuerdo con la Legislación vigente y las Ordenanzas municipales, en su caso.

Cuando por su naturaleza y a juicio de la Dirección Facultativa, el terreno a nivel de la rasante del fondo no asegure la completa estabilidad deberá procederse a su compactación o estabilización por los procedimientos que se indiquen.

El material procedente de la excavación se aplicará lo suficientemente alejado del borde de las excavaciones para evitar el desmoronamiento de éstas, o que el desprendimiento del mismo pueda poner en peligro a los trabajadores.

El material excavado no podrá colocarse de forma que entorpezca o impida el paso por caminos, accesos a propiedades, cauces de arroyos o ríos, ni que represente un peligro para construcciones existentes por presión directa o sobrecarga de terrenos contiguos.

### 3.2.28. *Agotamiento de las excavaciones en zanjas*

En caso de que las excavaciones cortasen el nivel freático o aflorasen filtraciones y la cuantía de las aportaciones en el interior de la misma hiciese necesario el agotamiento, se procederá durante el tiempo preciso para la adecuada terminación de la unidad de obra para la que había sido abierta.

## 3.2 Demoliciones

### 3.2.29. *Definición*

Se entiende por demolición la rotura o disgregación de obras de fábrica, o elementos, de forma que pueda efectuarse su retirada y ejecutar en sus emplazamientos las obras previstas.

La demolición deberá ajustarse a la forma, superficie, anchura, profundidad, etc., que las unidades de obra requieran, y que en todo caso se fijen por la Inspección de la obra.

## 3.3. Rellenos compactados

### 3.3.1. *Definición*

Estas unidades consisten en la extensión y compactación de suelos adecuados o seleccionados, alrededor de las obras de fábrica o en su trasdós, cuyas dimensiones no permitan la utilización de los mismos equipos de maquinaria con que se lleva a cabo la ejecución de terraplenes.

### 3.3.2. Ejecución de las obras en general

Los materiales de cada tongada serán de características uniformes y si no lo fueran, se conseguirá esta uniformidad mezclándolos convenientemente con los medios adecuados.

Durante la ejecución de las obras, la superficie de las tongadas deberá tener la pendiente transversal necesaria para asegurar la evacuación del agua sin peligro de erosión.

Una vez extendida la tongada, se procederá a su humectación si es necesario. El contenido óptimo de humedad se determinará en obra, a la vista de la maquinaria disponible y de los resultados que se obtengan en los ensayos realizados.

En los casos especiales en que la humedad del material sea excesiva para conseguir la compactación prevista, se tomarán las medidas adecuadas, pudiéndose proceder a la desecación por oreo, o por la adición y mezcla de materiales secos o sustancias apropiadas, tales como cal viva.

Conseguida la humectación más conveniente, se procederá a la compactación mecánica de la tongada.

Las zonas que por su forma pudieran retener agua en su superficie, se corregirán inmediatamente por el Contratista.

Cuando la Dirección de Obra lo autorice, el relleno junto a obras de fábrica podrá efectuarse de manera que las tongadas situadas a uno y otro lado de la misma no se hallen al mismo nivel.

En este caso los materiales del lado más alto no podrán extenderse ni compactarse antes de que hayan transcurrido catorce (14) días desde la terminación de la fábrica contigua; salvo en el caso de que la Dirección de Obra lo autorice, previa comprobación mediante los ensayos que estime pertinentes realizar del grado de resistencia alcanzado por la obra de fábrica.

Para terrenos del tipo arenoso, el pisón será de tipo vibratorio.

## 4. PLIEGO DE CONDICIONES: EDIFICIOS

### 4.1 Objeto

Este Pliego de Condiciones determina los requisitos a que se debe ajustar la ejecución de los edificios para inversores y centros de transformación y seccionamiento.

Las características de los aparatos y equipos están definidas en el Documento Memoria, por lo que en este Pliego sólo se definen los materiales no detallados en el citado documento.

### 4.2 Disposiciones generales

#### 3.3.3. Seguridad en el trabajo

Durante la ejecución de las obras se cumplirán las disposiciones de la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo y cuantas otras disposiciones fuesen de aplicación de esta materia.

Asimismo se dispondrá de cuanto fuera preciso para el mantenimiento de máquinas, herramientas, material y útiles de trabajo en las debidas condiciones de seguridad.

Mientras los operarios trabajen en circuitos o equipos con tensión o en su proximidad, usarán ropa sin accesorios y evitarán el uso innecesario de objetos de metal o artículos inflamables; llevarán las herramientas o equipos en bolsas y utilizarán calzado aislantes o al menos sin herrajes ni clavos en las suelas.

Los medios de protección personal (casco, gafas, guantes, cinturones, botas, etc) serán de empleo obligatorio, siempre que se precise eliminar o reducir los riesgos profesionales. Además de este equipo de protección personal se empleará en cada caso el material de seguridad más adecuado, tal como banquetas o alfombras aislantes, herramientas aislantes, etc.

#### 3.3.4. Condiciones facultativas legales

Las obras del proyecto, además de lo prescrito en el presente Pliego de Condiciones, se registrarán por:

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 (BOE nº 139 de 09/06/2014).

Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión de 2 de Agosto de 2.002.

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 eléctrica.

### 3.3.5. Condiciones para la ejecución por contrata

Además de las condiciones indicadas en los párrafos anteriores, la contrata está obligada al cumplimiento de la Reglamentación del Trabajo correspondiente, la contratación del Seguro Obligatorio, Subsidio Familiar y de Vejez, Seguro de Enfermedad y todas aquellas reglamentaciones de carácter social vigentes o que en lo sucesivo se dicten.

Por el cliente, se facilitarán las instrucciones complementarias que se precisen para las relaciones con la contrata.

## 4.3 Condiciones de los materiales

Los componentes fundamentales de los edificios están suficientemente definidos en el documento Memoria y en los Planos incluidos en el presente Proyecto.

La información se completa con la Relación de Materiales que figura en el Presupuesto.

Respecto a la obra civil se indica a continuación la calidad y preparación de los materiales a utilizar.

### 3.3.6. Rellenos

Los rellenos se realizarán con zahorras seleccionadas, en capas que no superarán los 0,30 m. de espesor, compactados hasta conseguir el 95% del Ensayo Proctor Modificado según el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de Carreteras y Puentes (PG-3).

### 3.3.7. Hormigones

Será aplicable a la ejecución de los hormigones el contenido de la Instrucción para el proyecto y la ejecución de Obras de hormigón en masa o armado EHE-08, debiendo ser la resistencia característica a los 28 días de 150 y 220 kg/cm, entendiéndose por resistencia característica la indicada en dicha Instrucción EHE-08.

### 3.3.8. Aceros

El acero para armaduras para la ejecución de hormigón armado será del tipo AEH-400N y cumplirá las características geométricas y mecánicas indicadas en la EHE- 08.

## 4.4 Condiciones generales de ejecución de las obras

### 3.3.9. Excavaciones

Para la realización de las excavaciones se seguirán las normas establecidas a tenor de las características particulares de la cimentación del terreno.

Los productos de las excavaciones deberán ser depositadas en escombreras autorizadas.

### 3.3.10. Hormigones

Antes de verter hormigón sobre hormigón endurecido se limpiará la superficie de contacto mediante chorro de agua y aire a presión, y/o picado. El hormigón se compactará por vibración hasta asegurar que se han rellenado todos los huecos, se ha eliminado el aire de la masa y refluye la lechada en la superficie.

Durante el primer período de endurecimiento, no se someterá al hormigón a cargas estáticas o dinámicas que puedan provocar su fisuración y la superficie se mantendrá húmeda durante 7 días, como mínimo, protegiéndola de la acción directa de los rayos solares.

No se podrá colocar hormigón cuando la temperatura baje de 2°C, ni cuando siendo superior se prevea que puede bajar de 0°C durante las 4S horas siguientes, ni cuando la temperatura ambiente alcance los 40°C. Se suspenderá el hormigonado cuando el agua de lluvia pueda producir deslavado del hormigón.

### 3.3.11. Encofrados

Los encofrados de madera o metálicos, serán estancos y estarán de acuerdo con las dimensiones previstas en el proyecto, será indeformables bajo la carga para la que están previstos y no presentarán irregularidades bruscas superiores a 2 mm, ni suaves superiores a 6 mm, medidos sobre la regla patrón de 1 m. de longitud. Su



desplazamiento final, respecto a las líneas teóricas de replanteo, no podrá exceder de los 6 mm.

### 3.3.12. Tierras

Cualquier elemento metálico que no soporte tensión deberá estar conectado a la malla de tierra. El contacto de los conductores de tierra deberá hacerse de forma que quede completamente limpio y sin humedad.

## 5. PLIEGO DE CONDICIONES: OBRA CIVIL.

### 5.1 Objeto de pliego y descripción de las obras

El presente Pliego tiene por objeto definir las obras de ejecución de caminos y canalizaciones.

Incluye la definición de materiales, descripción del sistema de ejecución de las obras y criterios para la medición de las obras.

### 5.2 Disposiciones técnicas a tener en cuenta con carácter general

1. Real Decreto 1247/2008, de 18 de julio, por el que se aprueba la instrucción de hormigón estructural (EHE-08).
2. Real Decreto 256/2016, de 10 de junio, por el que se aprueba la Instrucción para la recepción de cementos (RC-16).
3. Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes PG-3 de 1975.
4. Norma Básica de la Edificación (N.B.E.-A.E.) "Acciones en la edificación".
5. Norma Sismorresistente
6. Disposiciones vigentes de seguridad y salud en el trabajo y cuantas disposiciones complementarias relativas a estos Pliegos se hayan promulgado.

### 5.3 Materiales, dispositivos e instalaciones y sus características

#### 3.3.13. Áridos para morteros y hormigones

Los áridos para morteros y hormigones cumplirán las condiciones que para los mismos se indican en el artículo correspondiente de la Instrucción de Hormigón estructural EHE-08

A la vista de los áridos disponibles, la Dirección Facultativa podrá establecer su clasificación disponiendo su mezcla en las proporciones y cantidades que se estimen convenientes.

El tamaño máximo del árido grueso estará de acuerdo con las modificaciones según la EHE-08.

### 3.3.14. *Agua*

El agua que se emplee en el amasado de los morteros y hormigones en general, cumplirá las condiciones que prescribe la Instrucción EHE-08.

### 3.3.15. *Cemento*

Se usará cemento Tipo II cumpliendo las condiciones prescritas en el Pliego de Condiciones para la recepción de aglomerantes hidráulicos (RC-16) y las indicadas en el artículo correspondiente de la citada Instrucción EHE-08.

La dosificación mínima del cemento será la especificada en la EHE-08.

En los casos que determine el Proyecto o en su caso la Dirección Facultativa de las obras, el cemento a emplear cumplirá las condiciones de los resistentes a las aguas selenitosas u otros cementos especiales.

### 3.3.16. *Morteros expansivos KN rellenos de huecos de hormigón*

Se empleará para el relleno de orificios dejados por las espadas del encofrado para el hormigonado o para el relleno de huecos en hormigón.

La puesta en obra de este mortero se hará de la forma que en cada caso determine la Dirección de Obra.

Este mortero se obtendrá mediante adición al cemento de expansionantes de reconocido prestigio, removiéndolo bien y confeccionando a continuación el mortero en la forma habitual.

Se utilizará mortero 1:3 con una relación A/C de 0'5 y la proporción de expansión será del 3 % del peso del cemento.

### 3.3.17. *Hormigones*

La fabricación se realizará según lo establecido en la EHE-08

La consolidación del hormigón se hará mediante vibradores en número y potencia suficientes.

### 3.3.18. *Aceros en redondos para armaduras*

Todo el acero de este tipo será de dureza natural, tendrá un límite elástico característico como mínimo igual a 500 N/mm<sup>2</sup> (B-500 S), y cumplirá lo previsto en la Instrucción EHE-08. Asimismo estará en posesión del Sello de Calidad del CIETSID, debiendo llevar grabadas las marcas de identificación s/norma UNE 36068:2011.

El material será acopiado en parque adecuado para su conservación y clasificación por tipos y diámetros, de forma que sea fácil el recuento, pesaje y manipulación en general.

Cuando se disponga acopiado sobre el terreno, se extenderá previamente una capa de grava o zahorras sobre el que se situarán las barras. En ningún caso se admitirá acero de recuperación.

### 3.3.19. *Encofrados de madera de tabla*

La madera para encofrados tendrá el menor número posible de nudos. Estos, en todo caso, tendrán un espesor inferior a la séptima parte (1/7) de la menor dimensión de la pieza. En general será tabla de dos y medios (2'5) centímetros. En los paramentos vistos que figuren en Proyecto, o que la Dirección Facultativa determine, serán de tabloncillo de cuatro y medio (4'5) a cinco (5) centímetros y necesariamente cepillado.

Al colocarse en obra, deberá estar seca y bien conservada, ofreciendo la suficiente resistencia para el uso a que se destinarán.

Se admiten variantes justificadas que requerirán aprobación específica previa de la Dirección Facultativa.

Los encofrados de madera de tabla para paramentos vistos, serán necesariamente de madera machihembrada, pudiendo recurrirse al empleo de paneles industriales tipo COFRECO. El número de puestas del encofrado para paramentos vistos no será superior a quince. Se tratarán las juntas entre paneles para evitar la pérdida de Techada.

Los encofrados de madera de tabla para paramentos no vistos podrían constituirse con tabla suelta, aunque en todo caso se dispondrán los medios adecuados para evitar la pérdida de Techada.

### 3.3.20. *Encofrados de madera aglomerada*

En los paramentos definidos en Planos y Memoria se utilizará como encofrado madera en paneles de aglomerado de espesor no inferior a 16 mm. Los tableros y paneles utilizados serán de dimensiones regulares, sin recortes ni añadidos, pudiendo la Dirección de Obra rechazar la disposición de los paneles, los cuales deberán tener las mayores dimensiones posibles. Las juntas entre paneles se tratarán para evitar la pérdida de Techada. El número de puestas máximo será de diez.

La superficie de los tableros y paneles será en todo caso plana y regular.

### 3.3.21. *Encofrado metálico*

Tanto por prescripción del Proyecto como por propuesta del Contratista aceptada por la Dirección de Obra, se utilizarán encofrados en base de chapa metálica. Dichos encofrados deberán contar con la rigidez suficiente para evitar abombamientos y desplazamientos, no admitiéndose, por otro lado, elementos que presenten abolladuras o desgarros.

### 3.3.22. *Elementos de encofrado*

Se entienden por elementos de encofrado los siguientes:

Berenjenos y junquillos, para matar aristas vivas o formar huellas. Estos elementos podrán ser de madera aunque es preferible que sean de material plástico, debiendo fijarse a los encofrados. Se dispondrán en todas aquellas aristas y líneas que fije la Dirección de Obra, debiendo poner especial cuidado en su alineación y en la disposición de las esquinas y vértices. Las dimensiones transversales de estos elementos deberán ser aprobadas por la Dirección de Obra.

Separadores del encofrado, para mantener las armaduras con el recubrimiento rígido. Estos elementos deberán ser de mortero de cemento cuando se trate de soportar parrillas planas o ferralla vertical con carga de hormigón de más de dos metros de altura. Para el caso de soporte de parrillas las piezas serán cúbicas, y con forma de mariposa para la ferralla de alzados. Queda prohibido la utilización de piezas cúbicas en alzados.

Para carga de hormigón inferior a dos metros de altura en alzados, o para soporte de parrillas de poco peso, se podrá utilizar elementos plásticos como separadores, con



forma de disco, caballete, etc. Estos separadores no podrán utilizarse para barras mayores de D14. En todo caso deberán ser aprobadas por la Dirección de Obra.

Como soportes de parrillas podrán utilizarse patillas de ferralla, con rigidez suficiente.

El reparto de separadores y soportes por metro cuadrado de ferralla deberá ser suficiente para cumplir su cometido no debiendo colocarse más de los necesarios.

Espadas y latiguillos para atirantamiento de encofrados en alzados. Como norma general queda prohibida la utilización de latiguillos para el atirantamiento de encofrados entre sí. Para este cometido podrían utilizarse espadas recuperables o flejes perdidos. Las espadas recuperables podrán ser de modelos comerciales o con barra o alambre de armar. En ambos casos se alojarán, para su retirada posterior, en tubos rígidos de PVC embutidos en el hormigón. Estos tubos serán del menor diámetro posible para cumplir su misión y de rigidez suficiente para resistir el proceso de hormigonado. Deberán contar en su extremo con piezas troncocónicas plásticas que una vez retiradas favorezcan el sellado de estos orificios; Estos tubos plásticos deberán retirarse del núcleo del hormigón por calentamiento o tracción.

Como flejes perdidos se entienden piezas metálicas planas que queden perdidas una vez hormigonado: de este tipo de tirantes solo se admitirán aquéllas que permitan un descabezamiento de sus extremos y el posterior sellado con un elemento plástico. No se admite, pues, aquéllos que solo permiten el corte a ras de paramento de hormigón de la parte que sobresale.

Todos los orificios que queden en el hormigón debido a la colocación de espadas, deberán ser rellenados con un mortero ligeramente expansivo de forma que rellene la totalidad del hueco. La aplicación deberá hacerse preferiblemente con embudo en vertical. Este mortero será del mismo color del hormigón y en caso contrario deberá pintarse en los paramentos con Techada de forma que se dé el color de estos paramentos.

Todos los costes de estos elementos de encofrado y sus operaciones auxiliares se consideran incluidos en el precio del hormigón.

### 3.3.23. *Elementos para entibaciones*

Las entibaciones podrán efectuarse, salvo definición expresa, con elementos de madera o metálicos.

La madera que se destine a entibación de zanjas, apeos, cimbras, andamios y demás medios auxiliares, no tendrá otra limitación que la de ser sana y con dimensiones suficientes para ofrecer la necesaria resistencia, con objeto de poner a cubierto la seguridad de la obra y del personal.

Cuando se utilicen paneles metálicos, éstos deberán estar diseñados para cumplir con su misión resistente y estar dotados de los elementos necesarios para su manejo con garantías de fiabilidad y seguridad.

En entibaciones cuajadas se utilizarán preferentemente puntales metálicos.

Igualmente, y salvo orden en contra de la Dirección de Obra, podrán utilizarse carros de elementos de entibación a base de paneles metálicos apuntalados entre sí mediante husillos.

### 3.3.24. *Materiales para rellenos*

Los materiales a emplear en cada una de las capas de relleno vendrán fijados en los Planos o Memoria.

Cuando se utilicen las definiciones de suelos inadecuados, tolerables, adecuados o seleccionados, éstas harán referencia al Art. 330.3.1 del P.G.3.

En caso alternativo la calidad del relleno se fijará en Planos y Presupuesto así como la procedencia de estos materiales.

Las exigencias anteriores se determinarán de acuerdo con las normas de ensayo NLT-105/72, NLT-106/72, NLT-107/72, NLT-111/72, NLT-118/59 y N-LT-152/72.

### 3.3.25. *Tierra vegetal*

La tierra vegetal a suministrar para su colocación en obra habrá de ser de excelente calidad, el material estará lo más disgregado posible no admitiéndose la presencia de terrones o tormos. No contendrá piedras ni elementos extraños, así como ramas o vegetación. La procedencia deberá ser notificada previamente a la Dirección de Obra

que podría exigir la presentación por escrito de la autorización del propietario de los terrenos para la retirada de esta tierra vegetal.

### 3.3.26. *Tubos para canalizaciones eléctricas*

Serán de policloruro de vinilo y se utilizarán en las conducciones entre registros. Serán de tipo rígido y sus espesores.

La longitud mínima de los tubos será de 6 metros y su unión se realizará con sistema de abocardado para machiembrado, convenientemente encolada.

### 3.3.27. *Registros y obras de fábrica “in situ”*

Se construirán con los materiales y según dimensiones especificados en los planos para cada uno de ellos, quedando afectado por las prescripciones exigidas para los materiales que los componen.

Los elementos complementarios normalizados como tapas y pates, deberán ser propuestos por el Contratista y aprobados por la Dirección de la Obra.

### 3.3.28. *Marcos y tapas de registro*

Los marcos y tapas de registro serán en todo caso de fundición nodular y de las dimensiones especificadas en los planos. Igualmente deberán contar con los elementos de cierre y maniobra que se especifiquen, y su procedencia deberá ser aprobada por la Dirección de Obra.

### 3.3.29. *Pates trepadores*

Los pates, con las dimensiones que figuran en los planos, serán de Polipropileno reforzado, Aluminio con taco de polipropileno o Fundición nodular con revestimiento epoxídico.

### 3.3.30. *Análisis y ensayos de los materiales*

En relación con cuanto se prescribe en este Pliego acerca de las características de los materiales, el Contratista está obligado a presenciar o admitir en todo momento, aquellos ensayos o análisis que la Dirección Facultativa de las obras juzgue necesario



realizar para comprobar la calidad, resistencia y características de los materiales empleados o que hayan de emplearse.

La elección de los laboratorios, la determinación de los procedimientos y normas a aplicar para la realización de los ensayos y análisis, y el enjuiciamiento o interpretación de sus resultados, será de la exclusiva competencia de la Dirección Facultativa de las obras, cualquiera que sea el Centro o Laboratorio que hubiere designado o aceptado para su realización. A la vista de los resultados obtenidos, la Dirección Facultativa de las obras podrá rechazar aquellos materiales que considere no responde a las condiciones del presente Pliego.

Todos los gastos que se originen por los ensayos y análisis de los materiales serán a cargo del Contratista.

### 3.3.31. *Materiales en instalaciones auxiliares*

Todos los materiales que emplee el Contratista en instalaciones y obras que parcialmente fueran susceptibles de quedar formando parte de las obras de modo provisional o definitivo cumplirán las especificaciones del presente Pliego, incluyendo lo referente a la ejecución de las obras, pudiendo la Dirección de Obra rechazarlos por entender que no cumplen los niveles de calidad mantenidos en este Pliego.

### 3.3.32. *Materiales no especificados en el presente pliego*

Los materiales no incluidos en el presente Pliego serán de primera calidad, debiendo presentar el Contratista, para recabar la aprobación de la Dirección Facultativa de las obras, cuantos catálogos, muestras, informes y certificados de los correspondientes fabricantes se estimen necesarios. Si la información no se considera suficiente, podrán exigirse los ensayos oportunos en los materiales a utilizar, con independencia del control de calidad propiamente dicho.

La Dirección Facultativa de las Obras podrá rechazar aquellos materiales que no reúnan a su juicio, la calidad y condiciones necesarios al fin a que han de ser destinados.

### 3.3.33. *Presentación de muestras*

Antes de ser empleados en obra los diferentes materiales que la constituyen y de realizar acopio alguno, el Contratista deberá presentar a la Dirección Facultativa de las obras las muestras correspondientes para que ésta pueda realizar los ensayos necesarios y decidir si procede la admisión de los mismos.

### 3.3.34. *Materiales que no reúnan las condiciones*

Cuando los materiales no fueran de la calidad prescrita en este Pliego o no tuvieran la preparación que en él se exige, o cuando a falta de prescripciones específicas de aquél se reconocieran que no eran adecuados para su fin, la Dirección Facultativa de las obras podrá dar orden al Contratista para que los reemplace por otros que satisfagan las condiciones establecidas, siendo los costes de esta sustitución a cargo del Contratista.

En caso de incumplimiento de esta orden, o transcurridos 15 días desde que se ordenó su retirada sin que ésta se haya producido, la Dirección Facultativa podrá proceder a retirarlo por cuenta y riesgo del Contratista y debiendo abonar éste los gastos ocasionados.

### 3.3.35. *Responsabilidad del contratista*

La recepción de los materiales no excluye la responsabilidad del Contratista sobre la calidad de los mismos, que quedará subsistente hasta que se reciban definitivamente las obras en que se hayan empleado, excepto a lo referente a vicios ocultos.

### 3.3.36. *Cualificación de la mano de obra*

Todo el personal empleado en la ejecución de los trabajos deberá reunir las debidas condiciones de competencia y comportamiento que sean requeridas a juicio de la Dirección Facultativa de las obras, quien podrá ordenar la retirada de la obra de cualquier dependiente y operario del Contratista que no satisfaga dichas condiciones, sea cual sea su cometido.

## 5.4 Ejecución y control de obras

### 3.3.37. Condiciones generales

El Contratista deberá conocer suficientemente las condiciones de las obras, de los materiales utilizables y de todas las circunstancias que puedan influir en la ejecución y en el coste de las obras, en la inteligencia de que, a menos de establecer explícitamente lo contrario en su oferta de licitación, no tendrá derecho a eludir sus responsabilidades ni a formular reclamación alguna que se funde en datos o antecedentes del Proyecto que puedan resultar equivocados o incompletos.

En la ejecución de las obras el Contratista adoptará todas las medidas necesarias para evitar accidentes y para garantizar las condiciones de seguridad de las mismas y su buena ejecución y se cumplirán todas las condiciones exigibles por la legislación vigente y las que sean impuestas por los Organismos competentes.

El Contratista está obligado al cumplimiento de las disposiciones vigentes en materia laboral, de Seguridad Social y de Seguridad e Higiene en el Trabajo y será el único responsable de las consecuencias de las transgresiones de dichas disposiciones en las Obras.

Como norma general, el Contratista deberá realizar todos los trabajos incluidos en el presente Proyecto adoptando la mejor técnica constructiva que cada obra requiera para su ejecución, y cumpliendo para cada una de las distintas unidades de obra las disposiciones que se describen en el presente Pliego. A este respecto se debe señalar que todos aquellos procesos constructivos emanados de la buena práctica de la ejecución de cada unidad de obra, y no expresamente relacionados en su descripción y precio, se consideran concluidos a efectos de Presupuesto en el precio de dichas unidades de obra.

### 3.3.38. Trabajos preliminares

Con conocimiento y autorización previa de la Dirección Facultativa el Contratista realizará a su cargo los accesos, acometidas eléctricas y de agua precisas para sus instalaciones y equipos de construcción, oficina, vestuarios, aseos y almacenes provisionales para las obras, ocupación de terrenos para acopios e instalaciones auxiliares, habilitación de vertederos, caminos provisionales y cuantas instalaciones precise o sean obligadas para la ejecución de las obras.

El Contratista deberá señalar las obras correctamente y deberá establecer los elementos de balizamiento y las vallas de protección que puedan resultar necesarias para evitar accidentes y será responsable de los accidentes de cualquier naturaleza causados a terceros como consecuencia de la realización de los trabajos y especialmente de los debidos a defectos de protección.

En las zonas en que las obras afecten a carreteras o caminos de uso público, la señalización se realizará de acuerdo con la Orden Ministerial del Ministerio de Obras Públicas de 14 de Marzo de 1960 y las aclaraciones complementarias que se recogen en la Orden de 31 de agosto de 1987 sobre señalización, balizamiento, defensa, limpieza y terminación de obras fijas en vías fuera de poblado.

### 3.3.39. *Replanteo*

El replanteo general de las obras se efectuará de acuerdo con lo dispuesto en el art. 8 del Pliego de Condiciones Generales del Estado. En el acta que al efecto ha de levantar el Contratista ha de hacer constar expresamente que se ha comprobado, a plena satisfacción suya, la correspondencia en planta y cota relativas, entre la situación de las señales fijas que se han construido en el terreno y las homólogas indicadas en los planos, donde están referidas las obras proyectadas, así como también que dichas señales son suficientes para poder determinar perfectamente cualquier parte de la obra proyectada de acuerdo con los planos que figuran en el Proyecto sin que se ofrezca ninguna duda sobre su interpretación.

En el caso de que las señales construidas en el terreno no existan o no sean suficientes para poder determinar alguna parte de la obra, la propiedad establecerá a su cargo, por medio de la Dirección Facultativa, las que se precisen para que puedan tramitarse y sea aprobada el Acta.

En obras de carácter lineal, y antes de la firma del Acta, es imprescindible confrontar las coordenadas, entre las diversas bases de replanteo de la obra; especialmente en cota z, en aquellos tramos que exijan una nivelación cuidadosa. El contratista comprobará cuales son, si existen, las diferencias entre las coordenadas de las bases reflejadas en el proyecto y las reales, debiendo informar a la Dirección de la Obra las desviaciones observadas, evitando así, la ejecución de tramos defectuosos.

Una vez firmada el Acta por ambas partes, el Contratista quedará obligado a replantear por sí las partes de la obra según precise para su construcción, de acuerdo con los datos



de los planos o los que le proporcione la Dirección Facultativa en caso de modificaciones aprobadas o dispuestas por la Propiedad. Para ello fijará en el terreno, además de las ya existentes, las señales y dispositivos necesarios para que quede perfectamente marcado el replanteo parcial de la obra a ejecutar.

La Dirección Facultativa, por si por el personal a sus órdenes, puede realizar todas las comprobaciones que estime oportunas sobre los replanteos parciales. También podrá, si así lo estima conveniente, replantear directamente con asistencia del Contratista las partes de la obra que desee, así como introducir modificaciones precisas en los datos de replanteo general del Proyecto. Si alguna de las partes lo estima necesario se levantará Acta de estos replanteos parciales y, obligatoriamente, en las modificaciones del replanteo general, debiendo quedar indicada en la misma los datos que se consideren necesarios para la construcción o modificación de la obra ejecutada.

Todos los gastos del replanteo general, así como los que se ocasionen al verificar los replanteos parciales y comprobación de replanteos, serán de cuenta del contratista. Los gastos de replanteo originados por cualquier variación debida a iniciativa de la Propiedad serán sufragados por ella.

El Contratista responderá de la conservación de las señales fijas comprobadas en el replanteo general y de las que indique la Dirección Facultativa de los replanteos parciales, no pudiéndose inutilizar ninguna sin su autorización por escrito. En el caso de que, sin dicha conformidad, se inutilice alguna señal, la Dirección Facultativa dispondrá se efectúen los trabajos necesarios para reconstruirla o sustituirla por otras, siendo de cuenta del Contratista los gastos que se originen. También podrá la Dirección Facultativa suspender la ejecución de las partes de obra que queden indeterminadas a causa de inutilizarse una o varias señales fijas, y ello hasta que sean sustituidas por otras una vez comprobadas y autorizadas.

Cuando el Contratista haya efectuado un replanteo parcial para determinar cualquier parte de la obra general o de las auxiliares, deberá dar conocimiento de ello a la Dirección Facultativa para que ésta realice su comprobación si así lo cree conveniente y para que autorice el comienzo de esa parte de la obra.

Con carácter general, y siempre que lo ordene la Dirección Facultativa, deberá replantearse el contorno de los alzados antes de empezar la ejecución de los mismos.



### 3.3.40. Acceso a las obras

El Contratista deberá conservar permanentemente a su costa el buen estado de las vías públicas y privadas utilizadas por sus medios como acceso a los tajos. Si se deterioran por su causa quedará obligado a dejarlas, al finalizar las obras, en similares condiciones a las existentes al comienzo.

Lo anterior es aplicable al paso a través de fincas no previstas en las afecciones del Proyecto si el Contratista ha conseguido permiso de su propietario para su utilización.

En tanto no se especifique expresamente en la Memoria o el Presupuesto, la apertura, construcción y conservación de todos los caminos de acceso y servicios de obra son a cargo del Contratista.

### 3.3.41. Excavaciones

El movimiento de tierras se realizará de acuerdo con las rasantes, anchos y taludes que figuran en los planos y las que determine la Dirección Facultativa.

El Adjudicatario asumirá la obligación de ejecutar estos trabajos atendiendo a la seguridad de las vías públicas y de las construcciones colindantes y aceptará la responsabilidad de cuantos daños se produzcan por no tomar las medidas de precaución, desatender las órdenes del Director Facultativo o su representante o por defectuosa ejecución de los trabajos indicados.

Deberán ejecutarse todas las entibaciones necesarias para garantizar la seguridad de los operarios, edificaciones, elementos de sustentación de instalaciones, siendo el Contratista responsable de los daños causados por no tomar las debidas precauciones.

El coste de las entibaciones se entiende comprendido en los precios fijados en los cuadros, salvo especificación en contra en Presupuesto.

Todos los paramentos de las zanjas y pozos quedarán perfectamente refinados y los fondos nivelados y limpios por completo.

Será por cuenta del Contratista la conservación en perfectas condiciones y la reparación, en su caso, de todas las averías de cualquier tipo, causadas por las obras de movimiento de tierras en las conducciones públicas o privadas de agua, electricidad, teléfonos, saneamiento, etc.



Asimismo y salvo especificación en contra en el Presupuesto, será de cuenta del Contratista los bombeos y agotamientos de la zanja o excavación para garantizar un trabajo en seco que asegure la calidad de la obra.

El Contratista será responsable de cualquier error de alineación o rasante, debiendo rehacer, a su costa, cualquier clase de obra indebidamente ejecutada.

En el caso en que el relleno se vaya a realizar con productos de excavación todos los materiales sobrantes se deberán transportar a vertedero estando incluido en el precio la carga, el transporte y el acondicionamiento del vertedero, así como los costes y responsabilidades inherentes a su utilización que serán de cuenta del Adjudicatario, éste deberá informar previamente a la Dirección Facultativa de la ubicación y características del mismo.

Se cumplirán además todas las disposiciones generales, que sean de aplicación, de la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

Todas las canalizaciones que existan en la zona de excavación o próximas a ella, tanto si figuran o no en Proyecto, deberán ser localizadas previamente, y desviadas provisional o definitivamente por el Contratista, o reparadas en caso de rotura, cuyo coste se entiende incluido en los precios sin que el Contratista pueda hacer reclamación alguna en este sentido a la Propiedad. La aproximación a ellos deberá realizarse mediante excavación manual hasta recubrir totalmente el tramo afectado.

Durante la ejecución de los trabajos, se deben examinar con frecuencia, sobre todo si se trata de voladuras, los taludes de los cortes y zonas adyacentes, llevando a cabo las obras de saneo necesarias con la mayor celeridad posible para evitar el deterioro que suele aumentar con el tiempo de exposición.

Se podrán emplear sistemas de excavación clasificada o no clasificada, es decir, clasificando las tierras por su dureza o admitiendo una única categoría (no clasificada) de "todo terreno".

Para la excavación clasificada se consideran tres tipos generales: Excavación en roca (uso de explosivos), Excavación en tierras de tránsito (uso de excavadoras pesadas) y Excavación en terreno blando (puede realizarse a mano o a máquina).

En el precio de la excavación van incluidas las operaciones adicionales necesarias para efectuar un acopio separado, y dentro de la zona de servidumbre dispuesta, de la capa de tierra vegetal que se extraiga de la zona superior de la excavación en las zonas de

cultivo, así como las necesarias para posibles acopios intermedios de los productos de excavación.

Cuando la base de la zanja presente malas condiciones, a juicio de la Dirección Facultativa, podrá instalarse una base granular; aumentando para ello la profundidad necesaria de excavación con una anchura igual a la base de la zanja proyectada.

El ritmo de las excavaciones quedará supeditado a las instrucciones de la Dirección de Obra y otras prescripciones de este Pliego. En cualquier caso no se permitirá el ejecutar excavaciones que se prevea vayan a quedar abiertas por un espacio de tiempo en que puedan verse afectadas por las condiciones climatológicas.

### 3.3.42. *Rellenos de tierras*

Los rellenos no se ejecutarán sin la autorización expresa de la Dirección Facultativa.

No se aceptarán rellenos con detritos ni escombros procedentes de derribos o demoliciones, debiéndose emplear en los mismos los materiales más adecuados a tal fin.

El relleno de las zanjas se podrá realizar con materiales de excavación, si bien retirando los elementos de tamaño superior a 5 cm. El relleno se hará en tongadas de espesor no superior a 40 cm, compactando adecuadamente, hasta la cota de restitución de la tierra vegetal, desde donde se continuará con la tierra vegetal previamente seleccionada.

En el precio del relleno se considera incluido la carga y transporte en caso de haber tenido que efectuar acopios intermedios.

En el caso de rellenos de obras civiles lineales en que haya que rellenar trasdoses a ambos lados, este relleno se efectuará - obligatoriamente de forma simétrica, ascendiendo con el mismo de forma simultánea en ambos lados.

La Dirección Facultativa establecerá la zonificación y número de pruebas o ensayos de compactación, que deberán realizarse por un laboratorio homologado. El costo de estos ensayos de control sistemático será a cargo del Contratista. No se autoriza el relleno de una capa superior si previamente no se han realizado los ensayos de compactación de la capa inferior y sus resultados han sido satisfactorios a criterio de la Dirección Facultativa.

Los ensayos de PM., Proctor Modificado, se realizarán según la Norma 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.

Los asientos producidos en las excavaciones de obras de fábricas o en zanjas de la conducción durante el período de garantía deberán reponerse bien superficialmente o sustituyendo el relleno existente según lo indique la Dirección Facultativa a cargo del Contratista de la obra, incluyendo los daños que como consecuencia de los asientos o de la propia reparación puedan producirse.

Se observarán asimismo las especificaciones al respecto contenidas en el art. 321 del PG-3.

### 3.3.43. *Obras de hormigón en masa o armado*

#### 1.1.1.1 *Consideraciones generales*

En la ejecución de todas las obras de hormigón, ya sean en masa o armado, se seguirá en todo momento las prescripciones impuestas en la vigente instrucción para el proyecto y ejecución de obras de hormigón en masa o armado, EHE-08 y las observaciones de la Dirección Facultativa de la Obra.

El Nivel de Control para los Hormigones será el que se define en Planos y Memoria.

El Contratista antes de iniciar el hormigonado de un elemento informará a la Dirección Facultativa, sin cuya autorización no podrá iniciarse el vertido del hormigón.

En los ensayos de control, en caso de que la resistencia característica resultara inferior a la carga de rotura exigida, el Contratista estará obligado a aceptar las medidas correctoras que adopte la Dirección de la Obra, reservándose siempre ésta el derecho a rechazar el elemento de obra o bien a considerarlo aceptable, pero abonable a precio inferior al establecido en el Cuadro para la unidad de que se trata.

El control de calidad del hormigón y sus materiales componentes se ajustará a lo previsto en la Instrucción EHE-08.

Respecto de los criterios de aceptación de un hormigón cuyos ensayos dan una resistencia de entre 0'9 y 1'0 fck se estará a lo dispuesto en la EHE-08, con la imposición de las siguientes sanciones económicas:

$$PA = (0,7 + 3(k - 0,9)) pp$$

Donde:

Pa = precio abono

$K = (Fck \text{ resultado}) / (Fck \text{ proyecto})$

pp = Precio proyecto

En caso de resistencia inferior al 90 % de la exigida, la Dirección de Obra podrá elegir entre la demolición del elemento, su aceptación mediante refuerzo si procede, o su aceptación sin refuerzo. En estos dos últimos casos la Dirección establecerá el precio a pagar.

Las decisiones derivadas del control de resistencia se ajustarán a lo previsto en la Instrucción EHE-08.

El Contratista si así se ordena suministrará sin cargo a la Dirección de Obra, o a quien ésta designe, las muestras necesarias para la ejecución de los ensayos.

Los hormigones preparados en Planta se ajustarán a la Norma EHE-08.

#### 1.1.1.2 *Ejecución de las obras*

La ejecución de las obras de hormigón en masa o armado incluye, entre otras, las operaciones siguientes:

#### 1.1.1.3 *Preparación del tajo*

Antes de verter el hormigón fresco, sobre la roca o suelo de cimentación o sobre la tongada inferior de hormigón endurecido, se limpiarán las superficies incluso con chorro de agua y aire a presión, y se eliminarán los charcos de agua que hayan quedado.

Previamente al hormigonado de un tajo, la Dirección de la Obra, podrá comprobar la calidad de los encofrados pudiendo exigir la rectificación o refuerzo de éstos si a su juicio no tienen la suficiente calidad de terminación o resistencia.

También podrá comprobar que las barras de las armaduras se fijen entre sí mediante las oportunas sujeciones, no permitiéndose la soldadura excepto en mallazos preelaborados, se mantendrá la distancia de las armaduras al encofrado, de modo que quede impedido todo movimiento de aquella durante el vertido y compactación del hormigón, y permitiéndose a este envolver los separadores sin dejar coqueras. Estas precauciones deberán extremarse con los cercos de los soportes y armaduras de las placas, losas o voladizos, para evitar su descenso.

No obstante estas comprobaciones no disminuyen en nada la responsabilidad del Contratista en cuanto a la calidad de la obra resultante.

Para iniciar el hormigonado de un tajo se saturará de agua la superficie existente o tongada anterior y se mantendrán húmedos los encofrados.

#### 1.1.1.4 Transporte del hormigón

Para el transporte del hormigón se utilizarán procedimientos adecuados para que las masas lleguen al lugar de su colocación sin experimentar variación sensible de las características que poseían recién amasadas; es decir, sin presentar disgregación, intrusión de cuerpos extraños, cambios apreciables en el contenido de agua, etc.

Especialmente se cuidará de que las masas no lleguen a secarse tanto que se impida o dificulte su adecuada puesta en obra y compactación.

Cuando se empleen hormigones de diferentes tipos de cemento, se limpiará cuidadosamente el material de transporte antes de hacer el cambio de conglomerante.

#### 1.1.1.5 Puesta en obra del hormigón

Como norma general, no deberá transcurrir más de una hora (1 h.) entre la fabricación del hormigón y su puesta en obra y compactación. Podrá mortificarse este plazo si se emplean conglomerantes o aditivos especiales: pudiéndose aumentar, además, cuando se adopten las medidas necesarias para impedir la evaporación del agua o cuando concurren favorables condiciones de humedad y temperatura. En ningún caso se tolerará la colocación de obra de masas que acusen un principio de fraguado, segregación o desecación.

No se permitirá el vertido libre del hormigón desde alturas superiores a dos metros y medio (2'5 m.) quedando prohibido el arrojarlo con la pala a gran distancia, distribuirlo con rastrillos, hacerlo avanzar más de un metro (1 m.) dentro de los encofrados, o colocarlo en capas o tongadas cuyo espesor sea superior al que permita una compactación completa de la masa.

Tampoco se permitirá el empleo de canaletas y trompas para el transporte y vertido del hormigón, salvo que la Dirección de Obra lo autorice expresamente en casos particulares.

Como norma general se recurrirá sistemáticamente a la puesta en obra del hormigón mediante bomba excepto en aquellos casos en que sea factible el vertido directo, y con caída de menos de 2'5 m., desde las canaletas propias de un camión hormigonera. El importe del bombeo del hormigón está incluido en el precio de esta unidad de obra.

#### 1.1.1.6 Compactación del hormigón

Salvo en los casos especiales, la compactación del hormigón se realizará siempre por vibración, de manera tal que se eliminen los huecos y posibles coqueras, sobre todo en los fondos y paramentos de los encofrados, especialmente en los vértices y aristas y se obtenga un perfecto cerrado de la masa sin que llegue a producirse segregación.

El proceso de compactación deberá prolongarse hasta que refluya la pasta a la superficie.

Si se avería uno de los vibradores empleados y no se puede sustituir inmediatamente, se reducirá el ritmo del hormigonado, o el Contratista procederá a una compactación por apisonado aplicado con barra, suficiente para terminar el elemento que se está hormigonado, no pudiéndose iniciar el hormigonado de otros elementos mientras no se haya reparado o sustituido el vibrador averiado.

Las juntas de hormigonado no previstas en los planos, se situarán en dirección lo más normal posible a la de las tensiones de compresión.

Antes de reanudar el hormigonado se limpiará la junta de toda suciedad o árido que haya quedado suelto y se retirará la capa superficial de mortero, dejando los áridos al descubierto.

Realizada la operación de limpieza, se humedecerá la superficie de la junta, sin llegar a encharcarla, antes de verter el nuevo hormigón.

En ningún caso se pondrá en contacto hormigones fabricados con diferentes tipos de cemento que sean incompatibles entre sí.

En cualquier caso, teniendo en cuenta lo anteriormente señalado, el Contratista propondrá a la Dirección de Obra, para su V' B' o reparos, la disposición y forma de las juntas entre tongadas o de limitación de tajo que estime necesarias para la correcta ejecución de las diferentes obras y estructuras previstas, con suficiente antelación a la

fecha en que se prevean realizar los trabajos, antelación que no será nunca inferior a quince días (15).

#### 1.1.1.7 Acabado del hormigón

Las superficies del hormigón deberán quedar terminadas de forma que presenten buen aspecto, sin defectos ni rugosidades.

Si a pesar de todas las precauciones apareciesen defectos o coqueas, se picará y rellenará con mortero especial aprobado por la D.F. del mismo color y calidad que el hormigón, para lo cual se pintará adecuadamente tras su puesta en obra.

En las superficies no encofradas el acabado se realizará con el mortero del propio hormigón. En ningún caso se permitirá la adición de otro tipo de mortero e incluso tampoco aumentar la dosificación en las masas finales del hormigón.

#### 1.1.1.8 Observaciones generales respecto a la ejecución

Durante la ejecución se evitará la actuación de cualquier carga estática o dinámica que pueda provocar daños en los elementos ya hormigonados. Se recomienda que en ningún momento la seguridad de la estructura durante la ejecución sea inferior a la prevista en el proyecto para la estructura en servicio.

Se adoptarán las medidas necesarias para conseguir que las disposiciones constructivas y los procesos de ejecución se ajusten en todo a lo indicado en el proyecto.

En particular, deberá cuidarse de que tales disposiciones y procesos sean compatibles con las hipótesis consideradas en el cálculo especialmente en lo relativo a los enlaces (empotramientos, articulaciones, apoyos simples, etc.).

#### 1.1.1.9 Desencofrado

Tanto en los distintos elementos que constituyen el encofrado (costeros, fondos, etc.), como los apeos y cimbras, se retirarán sin producir sacudidas ni choques en la estructura, recomendándose, cuando los elementos sean de cierta importancia, el empleo de cuñas, cajas de arena, gatos u otros dispositivos análogos para lograr un descenso uniforme de los apoyos.

Las operaciones anteriores no se realizarán hasta que el hormigón haya alcanzado la resistencia necesaria para soportar con suficiente seguridad y sin deformaciones excesivas, los esfuerzos que va a estar sometido durante y después del desencofrado o descimbramiento. Se recomienda que la seguridad no resulte en ningún momento inferior a la prevista para la obra en servicio.

Se pondrá especial atención en retirar todo elemento de encofrado que pueda impedir el libre juego de las juntas de retracción o dilatación, así como de las articulaciones, si las hay.

A título de orientación pueden utilizarse los plazos de desencofrado o descimbramiento dados por la fórmula expresada en la Instrucción EHE-08.

La citada fórmula es sólo aplicable a hormigones fabricados con cemento portland y en el supuesto de que su endurecimiento se haya llevado a cabo en condiciones ordinarias.

En la operación de desencofrado es norma de buena práctica mantener los fondos de vigas y elementos análogos, durante doce horas, despegados del hormigón y a unos dos o tres centímetros del mismo, para evitar los perjuicios que pudiera ocasionar la rotura, instantánea o no, de una de estas piezas al caer desde gran altura.

Dentro de todo lo indicado anteriormente el desencofrado deberá realizarse lo antes posible, con objeto de iniciar cuanto antes las operaciones de curado.

#### 1.1.1.10 Curado

El curado deberá realizarse manteniendo húmedas las superficies de los elementos de hormigón. Podrá hacerse mediante riego directo que no produzca deslavados o por otros sistemas capaces de aportar la humedad necesaria, aconsejándose el uso de arpilleras humedecidas.

El no efectuar las operaciones de curado es causa de penalización. Esta será impuesta por la Dirección Facultativa en la cuantía que estime oportuno, no teniendo derecho el Contratista a reclamación alguna por este concepto.

#### 1.1.1.11 Armaduras a emplear en hormigón armado

Las armaduras se colocarán limpias, exentas de toda suciedad, grasa y óxido no adherente. Se dispondrán de acuerdo con las indicaciones de los planos, y se fijarán entre sí mediante las oportunas sujeciones manteniéndose mediante piezas adecuadas la distancia al encofrado, de modo que quede impedido todo movimiento de las armaduras durante el vertido y compactación del hormigón y permitiendo a éste envolverlas sin dejar coquetas.

No se admitirá el soldado de barras entre sí, salvo en el caso de mallazos pre-elaborados.

Estas precauciones deberán extremarse con los cercos de los soportes y armaduras del trasdós de placas, losas o voladizos, para evitar su descenso.

Los empalmes y solapes serán los indicados en los Planos, o en caso contrario se dispondrán de acuerdo con lo prescrito en la Instrucción EHE-08.

La separación de las armaduras paralelas entre sí será superior a su diámetro y mayor de un centímetro.

La separación de las armaduras a la superficie del hormigón será por lo menos igual al diámetro de la barra, y en todo caso lo que se marque en planos.

Antes de comenzar las operaciones de hormigonado, el Contratista deberá obtener la Dirección de Obra, la aprobación de las armaduras colocadas.

En el caso de tener que recurrir a operaciones para el modificación de posición de barras, introducción de nuevas barras en hormigón endurecido, etc., se deberá contar en todo caso con la aprobación de la Dirección de Obra del método que se proponga.

### 3.3.44. *Encofrados*

#### 1.1.1.12 *Ejecución de obra*

Las cimbras y encofrados, así como las uniones de sus distintos elementos, poseerán una resistencia y rigidez suficiente para resistir, sin asientos ni deformaciones perjudiciales, las cargas, fijas y variables y acciones de cualquier naturaleza que puedan producirse sobre ellos como consecuencia del proceso de hormigonado y especialmente, las debidas a la compactación de la masa.

Los límites máximos de los movimientos de los encofrados serán de 5 mm para los movimientos locales y la milésima de la luz para los de conjunto.

Cuando la luz de un elemento sobrepase los 6 m. se dispondrá el encofrado de manera que, una vez desencofrada y cargada la pieza, ésta presente una ligera contraflecha (del orden del milésimo de la luz), para conseguir un aspecto agradable.

Los encofrados serán suficientemente estancos para impedir pérdidas apreciables de Techada, dado el modo de compactación previsto. Los distintos tipos de encofrados para cada paramento se reflejan en Planos o Memoria.

Las superficies interiores de los encofrados aparecerán limpias en el momento del hormigonado. Para facilitar esta limpieza en los fondos de pilares y muros, deberán

disponerse aberturas provisionales en la parte inferior de los encofrados correspondientes.

Cuando sea necesario, y con el fin de evitar la formación de fisuras en los paramentos de las piezas, se adoptarán las oportunas medidas para que los encofrados no impidan la libre retracción del hormigón.

Los encofrados de madera se humedecerán para evitar que absorban el agua contenida en el hormigón. Por otra parte, se dispondrán las tablas de madera que se permita su libre entumecimiento, sin peligro de que se originen esfuerzos o deformaciones anormales.

El Contratista adoptará las medidas necesarias para que las aristas vivas del hormigón resulten bien acabadas; colocando, si es preciso, angulares (metálicos o plásticos) en las aristas exteriores del encofrado, o utilizando otro procedimiento similar en su eficacia.

Sin embargo será exigible la utilización de berenjenas para achaflanar dichas aristas en los casos en que se prevea en los planos o por orden de la Dirección de Obra. No se tolerarán imperfecciones mayores de 5 mm en las líneas de las aristas. Su coste está incluido en el precio de m de encofrado.

Cuando se encofren elementos de gran altura y pequeño espesor para hormigonar de una vez, se deberán prever en las paredes laterales de los encofrados ventanas de control, de suficiente dimensión para permitir desde ellas la compactación del hormigón. Estas aberturas se dispondrán a una distancia vertical y horizontal no mayor de un metro (1 m.) y se cerrarán cuando el hormigón llegue a su altura.

Al objeto de facilitar la separación de las piezas que constituyen los encofrados podrá hacerse uso de desencofrantes, con las precauciones pertinentes y los mismos no deberán contener sustancias perjudiciales para el hormigón.

A título orientativo se señala que podrán emplearse como desencofrantes los barnices antiadherentes compuestos de siliconas, o preparados a base de aceites solubles en agua o grasa diluida, evitando el uso de gas-oil, grasa corriente, o cualquier otro producto análogo.

Todas las operaciones, mermas, elementos auxiliares, etc., necesarias para dar forma al encofrado, a sus encuentros con tuberías u otros elementos, y demás, se consideran incluidos en el precio del m2 de encofrado.

### 3.3.45. *Montajes pates trepadores*

La colocación de los pates trepadores se ejecutará introduciéndolos a presión en orificios practicados al efecto. Estos orificios se ejecutarán mediante taladro sobre el hormigón existente y tendrán las dimensiones especificadas por el fabricante o los que dicte en su caso la Dirección de Obra.

En el caso de utilizarse pates de fundición, éstos se introducirán en un orificio más holgado y se anclarán mediante la utilización de resinas epoxídicas o morteros de ligera expansión.

Los pates una vez colocados quedarán perfectamente alineados tanto vertical como horizontalmente dentro del pozo de registro.

La separación entre pates será de 30 cm., colocando el primero de ellos a 50 cm. del acceso.

La colocación de los pates se hará de tal forma que la presión ejercida para su introducción en los orificios taladrados no cause ningún desperfecto en el propio pate.

#### 1.1.1.13 *Pruebas a someter a los pates colocados*

Los pates trepadores serán sometidos a pruebas de tracción y presión vertical una vez colocados en los registro

La fuerza mínima a la que serán sometidos a tracción será de 400 kg, no permitiéndose arrancamientos ni movimientos de éstos.

La presión vertical mínima a la que se someterán será de 200 kg, no permitiéndose como en el caso anterior ni arrancamientos ni movimientos de los pates trepadores.

Es obligación del Contratista disponer todo lo preciso para las pruebas y facilitar los aparatos de medida necesarios para realizar éstos, sin abono alguno ya que su coste está incluido en los precios de colocación.

## 6. ESPECIFICACIONES SOBRE EL CONTROL DE CALIDAD

Por parte de la Propiedad, y con la aprobación de la Dirección Facultativa, se encargará a un Laboratorio de Control de Calidad, con homologación reconocida, la ejecución del Control de Calidad de aceptación. Independientemente el Constructor deberá llevar a su cargo y bajo su responsabilidad el Control de Calidad de producción.

El Constructor deberá facilitar, a su cargo, al Laboratorio de Control designado por la Propiedad, las muestras de los distintos materiales necesarios, para la realización de los ensayos que se relacionan, así como aquellos otros que estimase oportuno ordenar la Dirección Facultativa. Con el fin de que la realización de los ensayos no suponga obstáculo alguno en la buena marcha de la obra, las distintas muestras de materiales se entregarán con antelación suficiente, y que como mínimo será de 15 días más el propio tiempo de realización del ensayo.

Por lo que respecta a los controles de ejecución sobre unidades de obra, bien en período constructivo, bien terminadas, el Constructor facilitará al Laboratorio de Control todos los medios auxiliares y mano de obra no cualificada, que precise para la realización de los distintos ensayos y pruebas.

En el presente proyecto, se detalla la relación de materiales con especificación de los controles a realizar, y su intensidad de muestreo, en su grado mínimo. El incumplimiento de cualquiera de las condiciones fijadas para los mismos conducirá al rechazo del material en la situación en que se encuentra, ya sea en almacén, bien acoplado en la obra, o colocado, siendo de cuenta del Constructor los gastos que ocasionase su sustitución. En este caso, el Constructor tendrá derecho a realizar a su cargo, un contraensayo, que designará el Director de Obra, y de acuerdo con las instrucciones que al efecto se dicten por el mismo. En base a los resultados de este contraensayo, la Dirección Facultativa podrá autorizar el empleo del material en cuestión, no pudiendo el Constructor plantear reclamación alguna como consecuencia de los resultados obtenidos del ensayo origen.

Ante un supuesto caso de incumplimiento de las especificaciones, y en el que por circunstancias de diversa índole, no fuese recomendable la sustitución del material, y se juzgase como de posible utilización por parte de la Dirección Facultativa, previo el consentimiento de la Propiedad, el Director de Obra podrá actuar sobre la devaluación del precio del material, a su criterio, debiendo el Constructor aceptar dicha devaluación, si la considera más aceptable que proceder a su sustitución. La Dirección Facultativa

PFV EL BARCIAL 3 MW / 3,6 MWp  
Y SU INFRAESTRUCTURA DE EVACUACIÓN

05. Pliego de condiciones



decidirá si es viable la sustitución del material, en función de los condicionamientos de plazo marcados por la Propiedad.

## 7. PAGO DE LAS OBRAS

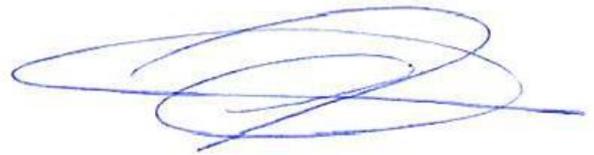
El pago de las obras se verificará por la Propiedad contra certificación aprobada, expedida por la Dirección Facultativa de ellas.

Los pagos dimanantes de liquidaciones tendrán el carácter de anticipas "a buena cuenta", es decir, que son absolutamente independientes de la liquidación final y definitiva de las obras, quedando pues sujetas a rectificación, verificación o anulación si procedieran.

En ningún caso salvo en el de rescisión, cuando así convenga a la Propiedad, serán a tener en cuenta, a efectos de liquidación, los materiales acopiados a pie de obra ni cualesquiera otros elementos auxiliares que en ella estén interviniendo.

Serán de cuenta del Constructor cuantos gastos de todo orden se originen a la Administración, a la Dirección Técnica o a sus Delegados para la toma de datos y redacción de las mediciones u operaciones necesarias para abonar total o parcialmente las obras.

Terminadas las obras se procederá a hacer la liquidación general que constará de las mediciones y valoraciones de todas las unidades que constituyen la totalidad de la obra.



Zaragoza, octubre 2020  
Fdo. Pedro Machin Iturria  
Colegiado Nº 2474  
COIAR



---

**PROYECTO ADMINISTRATIVO  
PFV EL BARCIAL - 3 MW / 3,6 MWp  
Y SU INFRAESTRUCTURA DE EVACUACIÓN**

**DOCUMENTO 6: ESTUDIO DE SEGURIDAD  
Y SALUD**

**Términos Municipales de Zuera (Zaragoza)**

---



***En Zaragoza, octubre de 2020***

PFV EL BARCIAL 3 MW / 3,6 MWp  
Y SU INFRAESTRUCTURA DE EVACUACIÓN  
6. Estudio de Seguridad y Salud



## ÍNDICE GENERAL

**DOCUMENTO Nº1: MEMORIA**

**DOCUMENTO Nº2: PRESUPUESTO**

**DOCUMENTO Nº3: PLIEGOS DE CONDICIONES**



---

# PROYECTO ADMINISTRATIVO PFV EL BARCIAL 3 MW / 3,6 MWp Y SU INFRAESTRUCTURA DE EVACUACIÓN

## DOCUMENTO 6.1: MEMORIA

Términos Municipales de Zuera (Zaragoza)

---



*En Zaragoza, octubre de 2020*



## ÍNDICE

1.	OBJETO.....	3
2.	CARACTERÍSTICAS Y DATOS GENERALES DE LA OBRA.....	3
2.1.	Ubicación .....	3
2.2.	Presupuesto y Plazo de ejecución.....	3
2.3.	Relación resumida de los trabajos a realizar .....	3
2.4.	Personal Previsto .....	4
3.	ACTUACIONES PREVIAS .....	5
3.1	Servicios y redes de distribución afectados por la obra .....	5
3.2	Accesos, cerramientos y rampas.....	5
3.3	Señalización .....	5
3.4	Instalaciones de higiene y bienestar .....	6
3.5	Primeros auxilios .....	7
3.6	Medicina preventiva.....	8
3.7	Evacuación de accidentados .....	8
4.	ACTIVIDADES PREVISTAS EN OBRA.....	9
4.1.	Albañilería .....	9
4.2.	Apertura de pozos .....	10
4.3.	Asfaltado .....	10
4.4.	Compactación y consolidación .....	11
4.5.	Colocación de placas fotovoltaicas.....	12
4.6.	Desbroce por medios mecánicos.....	12
4.7.	Estructura de hormigón armado con cubilote .....	13
4.8.	Estructuras metálicas. Colocación de perfiles tubulares .....	13
4.9.	Excavación mecánica- zanjas .....	14
4.10.	Excavación mecánica a cielo abierto.....	15
4.11.	Instalaciones eléctricas de baja tensión.....	16
5.	MEDIDAS DE PREVENCIÓN DE LOS RIESGOS.....	17
5.1.	Generales.....	17
5.2.	Iluminación (anexo IV del R.D. 486/97 de 14/4/97).....	18
5.3.	Protección de personas en instalación eléctrica .....	19
5.4.	Protecciones colectivas a utilizar en obra .....	23
5.5.	Equipos de protección individual .....	24
5.6.	Indicativos visuales .....	29
	ANEXO I: NTP-278 Zanjas: prevención del desprendimiento de tierras.....	56

PFV EL BARCIAL 3 MW / 3,6 MWp  
Y SU INFRAESTRUCTURA DE EVACUACIÓN  
6.1. ESYS - Memoria



COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ARAGÓN Y LA RIOJA  
Nº Colegiado.: 2474  
MACHIN ITURRIA, PEDRO  
VISADO Nº.: VD03389-20A  
DE FECHA : 26/10/2020  
**E-VISADO**

Introducción .....	56
Cortes sin entibación: taludes .....	59
Cortes con entibación .....	63
Sistemas de entibación usuales .....	65
Otros sistemas de entibación .....	68



## 1. OBJETO

El presente Estudio de Seguridad y Salud, establece el conjunto de sistemas que permitan abordar de forma integral la seguridad, definiendo la línea de actuación a seguir en materia de prevención de riesgos en el trabajo en cada situación potencial de riesgo. Se seguirán las directrices que se establecen en el Proyecto de ejecución de la obra en el apartado correspondiente del Pliego de Condiciones, así como el presente estudio, para evitar los accidentes laborales y de otra índole durante la ejecución de los trabajos. Por otra parte, se establecerán las instalaciones preceptivas de higiene y bienestar de los trabajadores.

Ante la posibilidad de que puedan surgir otros riesgos, estos serán estudiados de la forma más profunda posible por el Coordinador de Seguridad en la obra, dándole respuesta inmediata.

## 2. CARACTERÍSTICAS Y DATOS GENERALES DE LA OBRA

### 2.1. Ubicación

Las fincas destinadas para la implantación del PFV EL BARCIAL y su infraestructura de evacuación se encuentran situadas en los Términos Municipales de Zuera (Zaragoza).

### 2.2. Presupuesto y Plazo de ejecución

El presupuesto de ejecución material de la obra asciende a la cantidad de 1.638.741 euros. El plazo de ejecución se estima en 3 meses.

### 2.3. Relación resumida de los trabajos a realizar

La obra consiste en la ejecución de las diferentes fases de obra e instalaciones para desarrollar la instalación del PFV EL BARCIAL.

Las actividades principales a ejecutar en el desarrollo de los trabajos de construcción del PFV son básicamente, las siguientes:

- Replanteo.
- Desbroce por medios mecánicos.
- Excavación mecánica en zanjas.



- Excavación mecánica a cielo abierto.
- Compactación y consolidación por medios mecánicos
- Apertura de pozos.
- Estructura de hormigón armado con cubilete.
- Estructura metálica, colocación de perfiles tubulares.
- Colocación de con placas fotovoltaicas.
- Albañilería.
- Asfaltado

#### 2.4. Personal Previsto

El personal necesario del conjunto de las obras nos da una previsión media de treinta (30) personas y una punta máxima de cuarenta (40) personas



## 3. ACTUACIONES PREVIAS

### 3.1 Servicios y redes de distribución afectados por la obra

Las interferencias con redes de distribución de toda índole han sido causa de accidentes, por ello se considera muy importante detectar su existencia y localización exacta en los planos con el fin de poder valorar y delimitar claramente los diversos riesgos.

### 3.2 Accesos, cerramientos y rampas

#### 3.1.1. Accesos

Antes de vallar la obra se establecerán accesos separados, cómodos y seguros, tanto para personas como para vehículos y maquinaria, se señalizará convenientemente la entrada y salida de los mismos.

#### 3.1.2. Cerramientos

Como medida de protección se procederá al vallado perimetral de la obra con el objeto de impedir el paso de personas y vehículos ajenos a la misma, mediante malla electrosoldada de doble torsión y postes metálicos. La altura de dicha protección no será inferior a 2 metros y deberá estar bien señalizada por la noche.

#### 3.1.3. Rampas

Las rampas para el movimiento de camiones no tendrán pendientes superiores al 12% en los tramos rectos y al 8% en las curvas. El ancho mínimo será de 5 metros en los tramos rectos y sobre ancho adecuado en las curvas. Serán practicables, drenando y evacuando las aguas de lluvias, y consistentes para la carga a soportar.

### 3.3 Señalización

Se atenderá siempre a las indicaciones de la siguiente señalización en esta obra, si bien se modificará según las necesidades de aquellas situaciones no previstas que surjan.

En la oficina de obra se instalará un cartel con los teléfonos de interés más importantes, utilizables en caso de accidente o incidente en el recinto de obra. El



referido cartel debe estar en sitio visible, para poder hacer uso de los mismos en el menor tiempo posible.

En la entrada de personal a la obra se instalarán las siguientes señales:

- Prohibido el paso a toda persona ajena a la obra
- Utilización obligatoria del casco.
- Peligro de caída de objetos.

En los cuadros eléctricos generales y auxiliares de obra se instalarán las señales de peligro eléctrico.

En las zonas donde exista peligro de caídas de altura se utilizarán las señales de peligro:

- Caídas a distinto nivel.
- Utilización obligatoria del cinturón de seguridad.

Deberá utilizarse la cinta balizadora para advertir del peligro en aquellas zonas donde exista riesgo (zanjas, vaciados, forjados, etc.), como complemento a las medidas de protección adecuadas.

En las zonas donde exista riesgo de incendio o explosión se instalarán las señales de prohibido fumar y señales de advertencia de la existencia de dicho peligro.

En la zona de ubicación del botiquín de primeros auxilios, se instalará la señal correspondiente en lugar visible.

En el recorrido de la maquinaria y camiones se dispondrá de las señales de advertencia de peligro, de prioridad, de prohibición de entrada, de restricción y de obligación que correspondan.

En aquellos trabajos que lo requieran se señalizará la obligación del uso del Equipo de Protección Individual correspondiente (gafas, guantes, botas, mascarillas, protectores auditivos, etc.)

### 3.4 Instalaciones de higiene y bienestar

#### 3.1.4. Servicios higiénicos

Cuando los trabajadores tengan que llevar ropa especial de trabajo deberán tener a su disposición vestuarios adecuados. Los vestuarios deberán ser de fácil acceso, tener



las dimensiones suficientes y disponer de asientos e instalaciones que permitan a cada trabajador poner a secar, si fuera necesario, su ropa de trabajo.

En presencia de sustancias peligrosas, humedad, suciedad, la ropa de trabajo deberá poder guardarse separada de la ropa de calle y de los efectos personales.

Cuando los vestuarios no sean necesarios, en el sentido del párrafo primero de este apartado, cada trabajador deberá disponer de un espacio para colocar su ropa y sus objetos personales.

Se deberán poner a disposición de los trabajadores duchas apropiadas en número suficientes. Las duchas deberán tener dimensiones suficientes para que cualquier trabajador se asee sin obstáculos y en adecuadas condiciones de higiene. Las duchas deberán disponer de agua corriente, caliente y fría. Cuando con arreglo al párrafo primero de este apartado, no sean necesarias duchas, deberán tener lavabos suficientes y apropiados con agua corriente, caliente si fuese necesario, cerca de los puestos de trabajo. Si las duchas o los lavabos y los vestuarios estuviesen separados, la comunicación entre uno y otro deberá ser fácil. Los trabajadores deberán disponer en las proximidades de sus puestos de trabajo de los locales de descanso, de los vestuarios y de las duchas o lavabos, de locales especiales con un número suficiente de retretes y lavabos. Los vestuarios, duchas, lavabos y retretes estarán separados para hombres y mujeres, o deberá preverse una utilización por separado de los mismos.

### 3.5 Primeros auxilios

Aunque el objetivo global de este Estudio de seguridad y salud es prevenir los accidentes laborales y enfermedades profesionales, existen causas de difícil control que pueden hacerlos presentes. En consecuencia, es necesario disponer de los medios de primeros auxilios necesarios para atender a los posibles accidentados.

#### 3.1.5. Maletín-botiquín de primeros auxilios

El uso del maletín-botiquín de primeros auxilios será manejado por personas competentes (Jefe de obra).

El contenido, características y uso quedan definidas en el Pliego de Condiciones Técnicas y particulares del presente Estudio de Seguridad y Salud.



### 3.6 Medicina preventiva

Con el fin de lograr evitar en lo posible las enfermedades profesionales en esta obra, así como los accidentes derivados de trastornos físicos, psíquicos, alcoholismo y resto de las toxicomanías peligrosas, se prevé que el Contratista adjudicatario, en cumplimiento de la legislación laboral vigente, realice los reconocimientos médicos previos a la contratación de los trabajadores de esta obra y los preceptivos de ser realizados al año de su contratación. Y que así mismo, exija puntualmente este cumplimiento, al resto de las empresas que sean subcontratadas por él para esta obra.

### 3.7 Evacuación de accidentados

Se deberán disponer de caminos de acceso a través de los cuales puedan acceder los vehículos de evacuación de accidentados.



## 4. ACTIVIDADES PREVISTAS EN OBRA

Durante la ejecución de los trabajos y por coherencia con los capítulos del presente Estudio, se plantea la realización de las siguientes actividades, con identificación de los riesgos que conllevan:

### 4.1. Albañilería

Riesgos más frecuentes:

- Afecciones en la piel por dermatitis de contacto.
- Quemaduras físicas y químicas.
- Proyecciones de objetos y/o fragmentos.
- Ambiente pulvígeno.
- Aplastamientos.
- Atropellos y/o colisiones.
- Caída de objetos y/o de máquinas.
- Caída o colapso de andamios.
- Caídas de personas a distinto nivel.
- Caídas de personas al mismo nivel.
- Contactos eléctricos directos.
- Contactos eléctricos indirectos.
- Cuerpos extraños en ojos.
- Derrumbamientos.
- Desprendimientos.
- Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.
- Pisada sobre objetos punzantes.
- Hundimientos. - Sobreesfuerzos.
- Ruido.
- Vuelco de máquinas y/o camiones
- Caída de personas de altura.



#### 4.2. Apertura de pozos

Riesgos más frecuentes:

- Afecciones en la piel por dermatitis de contacto
- Quemaduras físicas y químicas.
- Proyecciones de objetos y/o fragmentos.
- Ambiente pulvígeno.
- Ambientes pobres de oxígeno.
- Animales y/o parásitos.
- Aplastamientos.
- Atmósferas tóxicas, irritantes.
- Caída de objetos y/o de máquinas.
- Caídas de personas a distinto nivel.
- Caídas de personas al mismo nivel.
- Contactos eléctricos directos.
- Contactos eléctricos indirectos.
- Cuerpos extraños en ojos.
- Derrumbamientos.
- Desprendimientos.
- Explosiones.
- Golpe por rotura de cable.
- Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria
- Hundimientos.
- Inhalación de sustancias tóxicas.
- Inundaciones.
- Sobreesfuerzos.
- Ruido.
- Caída de personas de altura

#### 4.3. Asfaltado

Riesgos más frecuentes:



- Quemaduras físicas y químicas.
- Atrapamientos.
- Atropellos y/o colisiones.
- Caída de objetos y/o de máquinas.
- Caídas de personas a distinto nivel.
- Caídas de personas al mismo nivel.
- Cuerpos extraños en ojos.
- Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria
- Inhalación de sustancias tóxicas.
- Vibraciones.
- Sobreesfuerzos.
- Ruido.
- Vuelco de máquinas y/o camiones.

#### 4.4. Compactación y consolidación

Riesgos más frecuentes:

- Proyecciones de objetos y/o fragmentos.
- Ambiente pulvígeno.
- Aplastamientos.
- Atrapamientos.
- Atropellos y/o colisiones.
- Caída de objetos y/o de máquinas
- Caídas de personas a distinto nivel.
- Caídas de personas al mismo nivel.
- Cuerpos extraños en ojos.
- Desprendimientos.
- Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria
- Hundimientos.



- Ruido.
- Vuelco de máquinas y/o camiones.

#### 4.5. Colocación de placas fotovoltaicas

Riesgos más frecuentes:

- Afecciones en la piel por dermatitis de contacto.
- Quemaduras físicas y químicas.
- Caída de objetos y/o de máquinas.
- Caída o colapso de andamios.
- Caídas de personas a distinto nivel.
- Caídas de personas al mismo nivel.
- Contactos eléctricos indirectos.
- Cuerpos extraños en ojos.
- Derrumbamientos.
- Hundimientos
- Sobreesfuerzos.
- Caída de personas de altura.

#### 4.6. Desbroce por medios mecánicos

Riesgos más frecuentes:

- Quemaduras físicas y químicas.
- Ambiente pulvígeno.
- Animales y/o parásitos.
- Aplastamientos.
- Atrapamientos.
- Atropellos y/o colisiones.
- Caídas de personas al mismo nivel
- Cuerpos extraños en ojos.



- Pisada sobre objetos punzantes.
- Sobreesfuerzos.
- Vuelco de máquinas y/o camiones.

#### 4.7. Estructura de hormigón armado con cubilote

Riesgos más frecuentes:

- Afecciones en la piel por dermatitis de contacto.
- Quemaduras físicas y químicas.
- Proyecciones de objetos y/o fragmentos.
- Aplastamientos.
- Atrapamientos.
- Atropellos y/o colisiones.
- Caída de objetos y/o de máquinas.
- Caída o colapso de andamios.
- Caídas de personas a distinto nivel.
- Caídas de personas al mismo nivel.
- Contactos eléctricos indirectos.
- Cuerpos extraños en ojos.
- Derrumbamientos.
- Golpe por rotura de cable.
- Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.
- Pisada sobre objetos punzantes.
- Hundimientos.
- Vibraciones.
- Sobreesfuerzos.
- Vuelco de máquinas y/o camiones

#### 4.8. Estructuras metálicas. Colocación de perfiles tubulares

Riesgos más frecuentes:



- Proyecciones de objetos y/o fragmentos.
- Aplastamientos.
- Atrapamientos.
- Atropellos y/o colisiones.
- M Caída de objetos y/o de máquinas
- Caída o colapso de andamios.
- Caídas de personas a distinto nivel
- Caídas de personas al mismo nivel.
- Contactos eléctricos directos.
- Contactos eléctricos indirectos
- Cuerpos extraños en ojos.
- Derrumbamientos.
- Exposición a fuentes luminosas peligrosas
- Golpe por rotura de cable
- Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria
- Pisada sobre objetos punzantes.
- Sobreesfuerzos.
- Ruido.
- Vuelco de máquinas y/o camiones
- Caída de personas de altura.

#### 4.9. Excavación mecánica- zanjas

Riesgos más frecuentes:

- Ambiente pulvígeno.
- Aplastamientos.
- Atrapamientos.
- Atropellos y/o colisiones.
- Caída de objetos y/o de máquinas.



- Caída o colapso de andamios.
- Caídas de personas a distinto nivel.
- Caídas de personas al mismo nivel.
- Contactos eléctricos directos.
- Contactos eléctricos indirectos.
- Cuerpos extraños en ojos.
- Derrumbamientos.
- Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria
- Hundimientos.
- Sobreesfuerzos.
- Ruido.
- Vuelco de máquinas y/o camiones.

#### 4.10. Excavación mecánica a cielo abierto

Riesgos más frecuentes:

- Ambiente pulvígeno.
- Aplastamientos.
- Atrapamientos.
- Atropellos y/o colisiones.
- Caída de objetos y/o de máquinas.
- Caída o colapso de andamios.
- Caídas de personas a distinto nivel.
- Caídas de personas al mismo nivel.
- Contactos eléctricos directos.
- Contactos eléctricos indirectos.
- Cuerpos extraños en ojos.
- Derrumbamientos.
- Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria



- Hundimientos.
- Sobreesfuerzos.
- Ruido.
- Vuelco de máquinas y/o camiones.

#### 4.11. Instalaciones eléctricas de baja tensión

Riesgos más frecuentes:

- Afecciones en la piel por dermatitis de contacto.
- Quemaduras físicas y químicas.
- Caídas de personas a distinto nivel.
- Caídas de personas al mismo nivel.
- Cortes o pinchazos por manejo de guías y conductores.
- Quemaduras por mechero durante operaciones de calentamiento del macarrón protector.
- Riesgos detectados durante las pruebas de conexionado y puesta en servicio.
- Electrocutión o quemaduras por manejo de las líneas eléctricas.
- Explosión de los grupos de transformación durante la entrada en servicio.
- Incendio por incorrecta instalación de la red eléctrica.
- Cuerpos extraños en ojos.
- Pisada sobre objetos punzantes.
- Proyecciones de objetos y/c fragmentos.
- Ambiente pulvígeno.
- Animales y/o parásitos.
- Aplastamientos.
- Atrapamientos.
- Exposiciones a fuentes luminosas peligrosas.
- Sobreesfuerzos.
- Ruido.
- Vuelco de máquinas y/o camiones.



## 5. MEDIDAS DE PREVENCIÓN DE LOS RIESGOS

### 5.1. Generales

#### 5.1.1. Señalización

El R.D. 485/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de carácter general relativas a la señalización de Seguridad y Salud en el Trabajo, indica que deberá utilizarse una señalización de seguridad y salud a fin de:

- Llamar la atención de los trabajadores sobre la existencia de determinados riesgos, prohibiciones u obligaciones.
- Alertar a los trabajadores cuando se produzca una determinada situación de emergencia que requiera medidas urgentes de protección o evacuación.
- Facilitar a los trabajadores la localización e identificación de determinados medios o instalaciones de protección, evacuación, emergencia o primeros auxilios.
- Orientar o guiar a los trabajadores que realicen determinadas maniobras peligrosas.

#### 5.1.2. Tipos de señales

- Señales de advertencia:

Forma: .....triangular

Color de fondo: .....amarillo

Color de contraste: .....negro

Color de símbolo: .....negro

- Señales de prohibición:

Forma: .....redonda

Color de fondo: .....blanco

Color de contraste: .....rojo

Color de símbolo: .....negro

- Señales de obligación:



Forma:.....redonda

Color de fondo.....azul

Color de símbolo.....blanco

- Señales relativas a los equipos de lucha contra incendios:

Forma: .....rectangular o cuadrada

Color de fondo.....rojo

Color de símbolo.....blanco

- Señales de salvamento o socorro:

Forma..... rectangular o cuadrada

Color de fondo.....verde

Color de símbolo.....blanco

- Cinta de señalización:

En caso de señalizar obstáculos, zonas de caída de objetos, caída de personas a distinto nivel, choques, golpes, etc., se señalizará con los antes dichos paneles o bien se delimitará la zona de exposición al riesgo con cintas de tela o materiales plásticos con franjas alternadas oblicuas en color amarillo y negro, inclinadas 45°.

- Cinta de delimitación de zona de trabajo:

Las zonas de trabajo se delimitarán con cintas de franjas alternas verticales de colores blanco y rojo.

## 5.2. Iluminación (anexo IV del R.D. 486/97 de 14/4/97)

Zonas donde se ejecuten tareas con:

- Baja exigencia visual.....100
- Exigencia visual moderada..... 200
- Exigencia visual alta.....500
- Exigencia visual muy alta.....1000
- Áreas o locales de uso ocasional.....25
- Áreas o locales de uso habitual.....100
- Vías de circulación de uso ocasional.....25
- Vías de circulación de uso habitual.....50



Estos niveles mínimos deberán duplicarse cuando concurren las siguientes circunstancias:

- En áreas o locales de uso general y en las vías de circulación, cuando por sus características, estado u ocupación, existan riesgos apreciables de caídas, choque u otros accidentes.
- En las zonas donde se efectúen tareas, y un error de apreciación visual durante la realización de las mismas, pueda suponer un peligro para el trabajador que las ejecuta o para terceros.

Los accesorios de iluminación exterior serán estancos a la humedad

Portátiles manuales de alumbrado eléctrico: 24 voltios

Prohibición total de utilizar iluminación de llama.

### 5.3. Protección de personas en instalación eléctrica

Instalación eléctrica ajustada al Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y hojas de interpretación, certificada por el instalador autorizado.

En la aplicación de lo indicado en el apartado 3A del Anexo IV al R.D. 1627/97 de 24/10/97, la instalación eléctrica deberá satisfacer, además, las siguientes condiciones:

- Deberá proyectarse, realizarse y utilizarse de manera que no entrañe peligro de incendio ni de explosión y de modo que las personas estén debidamente protegidas contra los riesgos de electrocución por contacto directo o indirecto.
- El proyecto, la realización y la elección del material y de los dispositivos de protección deberán tener en cuenta el tipo y la potencia de la energía suministrada, las condiciones de los factores externos y la competencia de las personas que tengan acceso a partes de la instalación.
- Los cables serán adecuados a la carga que has de soportar, conectados a las bases mediante clavijas normalizadas, blindados e interconexionados con uniones antihumedad y antichoque. Los fusibles blindados y calibrados según la carga máxima a soportar por los interruptores.



- Continuidad de la toma de tierra en las líneas de suministro interno de la obra con un valor máximo de la resistencia de 80 Ohmios. Las máquinas fijas dispondrán de toma de tierra independiente.
- Las tomas de corriente estarán provistas de conductor de toma a tierra y serán blindadas.
- Todos los circuitos de suministro a las máquinas e instalaciones de alumbrado estarán protegidos por fusibles blindados o interruptores magnetotérmicos y disyuntores diferenciales de alta sensibilidad en perfecto estado de funcionamiento.
- Distancia de seguridad a líneas de Alta Tensión:  $3,3 + \text{Tensión (en KV)}$  1.100 (ante el desconocimiento del voltaje de la línea, se mantendrá una distancia de seguridad de 5 m).
- Tajos en condiciones de humedad muy elevadas.

Es preceptivo el empleo de transformador portátil de seguridad de 24 V o protección mediante transformador de separación de circuitos.

Se acogerá a lo dispuesto en la MIBT 028 (locales mojados)

### 5.3.1. Andamios

Los andamios deberán proyectarse, construirse y mantenerse convenientemente de manera que se evite que se desplomen o se desplacen accidentalmente (Anexo IV del R.D. 1627/97 de 24/10/97). Previamente a su montaje se habrán de examinar en obra que todos sus elementos no tengan defectos apreciables a simple vista, calculando con un coeficiente de seguridad igual o superior a 4 veces la carga máxima prevista de utilización.

Las operaciones de montaje, utilización y desmontaje, estarán dirigidas por persona competente para desempeñar esa tarea, y estará autorizado para ello por el Coordinador de Seguridad y Salud en fase de ejecución de la obra, el Responsable Técnico del Contratista Principal a pie de obra o persona delegada por la Dirección Facultativa de la obra. Serán revisados periódicamente y después de cada modificación, periodo de no utilización, exposición a la intemperie, sacudida sísmica o cualquier otra circunstancia que pudiera afectar a su resistencia o estabilidad.



En el andamio tubular no se deberá aplicar a los pernos un par de apriete superior al fijado por el fabricante, a fin de no sobrepasar el límite elástico del acero restando rigidez al nudo.

Se comprobará especialmente que los módulos de base queden perfectamente nivelados, tanto en sentido transversal como longitudinal. El apoyo de las bases de los 1 montantes se realizará sobre durmientes de tabloncillos, carriles (perfiles en "U") u otro procedimiento que reparta uniformemente la carga del andamio sobre el suelo. Durante el montaje se comprobará que todos los elementos verticales y horizontales del andamio estén unidos entre sí y arrojados con las diagonales correspondientes.

También se comprobará la verticalidad de los montantes. La longitud máxima de los montantes para soportar cargas comprendidas entre 125 Kg/m<sup>2</sup>, no será superior a 1,80 m. Para soportar cargas inferiores a 125 Kg/m<sup>2</sup>, la longitud máxima de los montantes será de 2,30 m.

Se comprobará durante el montaje la horizontalidad entre largueros. La distancia vertical máxima entre largueros consecutivos no será superior a 2 m. Los montantes y largueros están grapados sólidamente a la estructura, tanto horizontal como verticalmente, cada 3 m como mínimo. Únicamente pueden instalarse aisladamente los andamios de estructura tubular cuando la plataforma de trabajo esté a una altura no superior a 4 veces el lado más pequeño de su base. En el andamio de pórticos, se respetará escrupulosamente las zonas destinadas a albergar las zancas interiores de escaleras así como las trampillas de acceso al interior de las plataformas.

En el caso de tratarse de algún modelo carente de escaleras interiores, se dispondrá lateralmente y adosada, una torre de escaleras completamente equipada, o en último extremo una escalera "de gato" adosada al montante del andamio, equipada con aros salvajadas o siria de amarre tensada verticalmente para anclaje del dispositivo de deslizamiento y retención del cinturón anticaídas de los operarios.

Las plataformas de trabajo serán las normalizadas por el fabricante para sus andamios y no se depositarán cargas sobre los mismos salvo en las necesidades de uso inmediato y con las siguientes limitaciones:

- Quedará un pasaje mínimo de 0,60 m libre de todo obstáculo (anchura mínima de la plataforma con carga 0,80 m).



- El peso sobre la plataforma de los materiales, máquina herramientas y personas, será inferior a la carga de trabajo prevista por el fabricante.
- Reparto uniforme de cargas, sin provocar desequilibrios.
- La barandilla perimetral dispondrá de todas las características reglamentarias de seguridad enunciadas anteriormente.

El piso de la plataforma de trabajo sobre los andamios tubulares de pórtico, será el normalizado por el fabricante. En aquellos casos que excepcionalmente se tenga que realizar la plataforma con madera, responderán a las características establecidas más adelante.

Bajo las plataformas de trabajo se señalará o balizará adecuadamente la zona prevista de caída de materiales u objetos.

Se inspeccionará semanalmente el conjunto de los elementos que componen el andamio, así como después de un periodo de mal tiempo, heladas o interrupción importante de los trabajos.

No se permitirá trabajar en los andamios sobre ruedas, sin la previa inmovilización de las mismas, ni desplazarlos con persona alguna o material sobre la plataforma de trabajo.

El espacio horizontal entre un paramento vertical y la plataforma de trabajo, no podrá ser superior a 0,30 m, distancia que se asegurará mediante el anclaje adecuado de la plataforma de trabajo al paramento vertical. Excepcionalmente la barandilla interior del lado del paramento vertical podrá tener en este caso 0,60 m de altura como mínimo.

Las pasarelas o rampas de intercomunicación entre plataformas de trabajo tendrán las características enunciadas más adelante.

### 5.3.2. Señales óptico-acústico de vehículos de obra

Las máquinas autoportantes que puedan intervenir en las operaciones de manutención deberán disponer de:

- Una bocina o claxon de señalización acústica cuyo nivel sonoro sea superior al ruido ambiental, de manera que sea claramente audible; si se trata de señales intermitentes, la duración, intervalo y agrupación de los impulsos deberán permitir su correcta identificación, Anexo IV del R.D. 485/97 de 14/4/97.



- Señales sonoras o luminosas (previsiblemente ambas a la vez) para la indicación de la maniobra de marcha atrás, Anexo I del R.D. 1215/97 de 18/7/97.

Los dispositivos de emisión de señales luminosas para uso en caso de peligro grave deberán ser objeto de revisiones especiales o ir provistos de una bombilla auxiliar.

- En la parte más alta de la cabina dispondrán de un señalizado rotativo luminoso destelleante de color ámbar para alertar de su presencia en circulación viaria.
- Dos focos de posición y cruce en la parte delantera y dos pilotos luminosos de color rojo detrás.
- Dispositivos de balizamiento de posición y pre-señalización (lamas, conos, cintas, mallas, lámparas destelleantes, etc.).

#### 5.4. Protecciones colectivas a utilizar en obra

- Barandillas de protección.
- Pasarelas.
- Escaleras portátiles.
- Cuerda de retenida.
- Accesos y zonas de paso del personal, orden y limpieza.
- Redes de seguridad.
- Pescantes de sustentación de redes en fachadas.
- Condena de huecos horizontales con mallazo.
- Marquesinas rígidas.
- Plataforma de carga y descarga.
- Eslinga de cadena.
- Eslinga de cable.
- Sirgas.
- Plataforma de trabajo.
- Toldos.



- Interruptores diferenciales de sensibilidad 30 mA y 300 mA.

## 5.5. Equipos de protección individual

Del análisis de riesgos efectuado, se desprende que existe una serie de ellos que no se han podido resolver con la instalación de la protección colectiva. Son riesgos intrínsecos de las actividades individuales a realizar por los trabajadores y por el resto de personas que intervienen en la obra. Consecuentemente, se utilizará alguna de las contenidas en el siguiente listado para cada uno de los riesgos:

Afecciones en la piel por dermatitis de contacto:

- Guantes de protección frente a agentes químicos.
- Guantes de protección frente a abrasión.

Quemaduras físicas y químicas:

- Guantes de protección frente a agentes químicos.
- Guantes de protección frente a calor.
- Guantes de protección frente a abrasión.
- Sombreros de paja (aconsejables contra riesgo de insolación).

Proyecciones de objetos y/o fragmentos:

- Gafas de seguridad para uso básico (choque o impacto con partículas sólidas).
- Casco protector de la cabeza contra riesgos mecánicos.
- Pantalla facial abatible con visor de rejilla metálica, con atalaje adaptado al casco.
- Calzado con protección contra golpes mecánicos.

Ambiente pulvígeno:

- Equipos de protección de las vías respiratorias con filtro mecánico.
- Gafas de seguridad para uso básico (choque o impacto con partículas sólidas).
- Pantalla facial abatible con visor de rejilla metálica, con atalaje adaptado al casco.

Aplastamientos:

- Casco protector de la cabeza contra riesgos mecánicos.
- Calzado con protección contra golpes mecánicos.



Atmósfera anaerobia (con falta de oxígeno) producida por gases inertes:

- Equipo de respiración autónomo, revisado y cargado.

Atmósferas tóxicas, irritantes:

- Gafas de seguridad para uso básico (choque o impacto con partículas sólidas).
- Equipo de respiración autónomo, revisado y cargado.
- Pantalla facial abatible con visor de rejilla metálica, con atalaje adaptado al casco.
- Mascarilla respiratoria de filtro para humos de soldadura.
- Impermeables, trajes de agua.

Atrapamientos:

- Casco protector de la cabeza contra riesgos mecánicos.
- Calzado con protección contra golpes mecánicos.
- Guantes de protección frente a abrasión.

Atropellos y/o colisiones. Caídas de objetos y/o de máquinas:

- Casco protector de la cabeza contra riesgos mecánicos.
- Bolsa portaherramientas.
- Calzado con protección contra golpes mecánicos.
- Caída o colapso de andamios:
- Cinturón de seguridad anticaídas.
- Cinturón de seguridad clase para trabajos de poda y postes.

Caídas de personas a distinto nivel:

- Cinturón de seguridad anticaídas.
- Bolsa portaherramientas.
- Calzado de protección con suela antiperforante.
- Cinturón de seguridad clase para trabajos de poda y postes.

Contactos eléctricos directos:

- Calzado con protección contra descargas eléctricas.
- Casco protector de la cabeza contra riesgos eléctricos.



- Gafas de seguridad contra arco eléctrico.
- Guantes dieléctricos.

Contactos eléctricos indirectos:

- Botas de agua.

Contagios derivados de insalubridad ambiental de la zona. Cuerpos extraños en ojos:

- Gafas de seguridad para uso básico (choque o impacto con partículas sólidas).
- Pantalla facial abatible con visor de rejilla metálica, con atalaje adaptado al casco.
- Gafas de seguridad contra proyección de líquidos.

Exposición a fuentes luminosas peligrosas:

- Gafas de seguridad contra arco eléctrico.
- Gafas de oxicorte.
- Gafas de seguridad contra radiaciones
- Mandil de cuero.
- Manguitos.
- Pantalla facial para soldadura eléctrica, con arnés de sujeción sobre la cabeza y cristales con visor oscuro inactínico.
- Pantalla para soldador de oxicorte,
- Polainas de soldador cubre-calzado.
- Sombreros de paja (aconsejables contra riesgo de insolación).

Golpe por rotura de cable:

- Casco protector de la cabeza contra riesgos mecánicos.
- Pantalla facial abatible con visor de rejilla metálica, con atalaje adaptado al casco.
- Gafas de seguridad para uso básico (choque o impacto con partículas sólidas).

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria:

- Casco protector de la cabeza contra riesgos mecánicos
- Bolsa portaherramientas.



- Calzado con protección contra golpes mecánicos.
- chaleco reflectante para señalistas y estrobadores
- Guantes de protección frente a abrasión.

Pisada sobre objetos punzantes:

- Bolsa portaherramientas.
- Calzado de protección con suela antiperforante.

Hundimientos:

- Casco protector de la cabeza contra riesgos mecánicos.
- Cinturón de seguridad anticaídas.
- Calzado con protección contra golpes mecánicos

Incendios:

- Equipo de respiración autónomo, revisado y cargado.
- Inhalación de sustancias tóxicas:
- Equipo de respiración autónomo, revisado y cargado.
- Mascarilla respiratoria de filtro para humos de soldadura

Inundaciones:

- Botas de agua
- Impermeables, trajes de agua.

Vibraciones:

- Cinturón de protección lumbar.

Sobreesfuerzos:

- Cinturón de protección lumbar.

Ruido:

- Protectores auditivos.

Caídas de personas de altura:

- Cinturón de seguridad anticaídas.

En resumen, las protecciones individuales que se prevén utilizar son:

- Guantes de protección frente a agentes químicos.



- Guantes de protección frente a calor.
- Equipos de protección de las vías respiratorias con filtro mecánico.
- Gafas de seguridad para uso básico (choque o impacto con partículas sólidas).
- Equipo de respiración autónomo, revisado y cargado.
- Casco protector de la cabeza contra riesgos mecánicos
- Cinturón de seguridad anticaídas.
- Bolsa portaherramientas.
- Calzado de protección con suela antiperforante
- Calzado con protección contra descargas eléctricas.
- Casco protector de la cabeza contra riesgos eléctricos
- Gafas de seguridad contra arco eléctrico.
- Guantes dieléctricos.
- Gafas de seguridad contra proyección de líquidos.
- Pantalla facial abatible con visor de rejilla metálica, con atalaje adaptado al casco.
- Gafas de oxicorte.
- Gafas de seguridad contra radiaciones.
- Mandil de cuero
- Manguitos
- Pantalla facial para soldadura eléctrica, con arnés de sujeción sobre la cabeza y cristales con visor oscuro inactivo.
- Pantalla para soldador de oxicorte.
- Polainas de soldador cubre-calzado.
- Calzado con protección contra golpes mecánicos.
- Chaleco reflectante para señalistas y estrobadores.
- Guantes de protección frente a abrasión.
- Mascarilla respiratoria de filtro para humos de soldadura.
- Botas de agua.

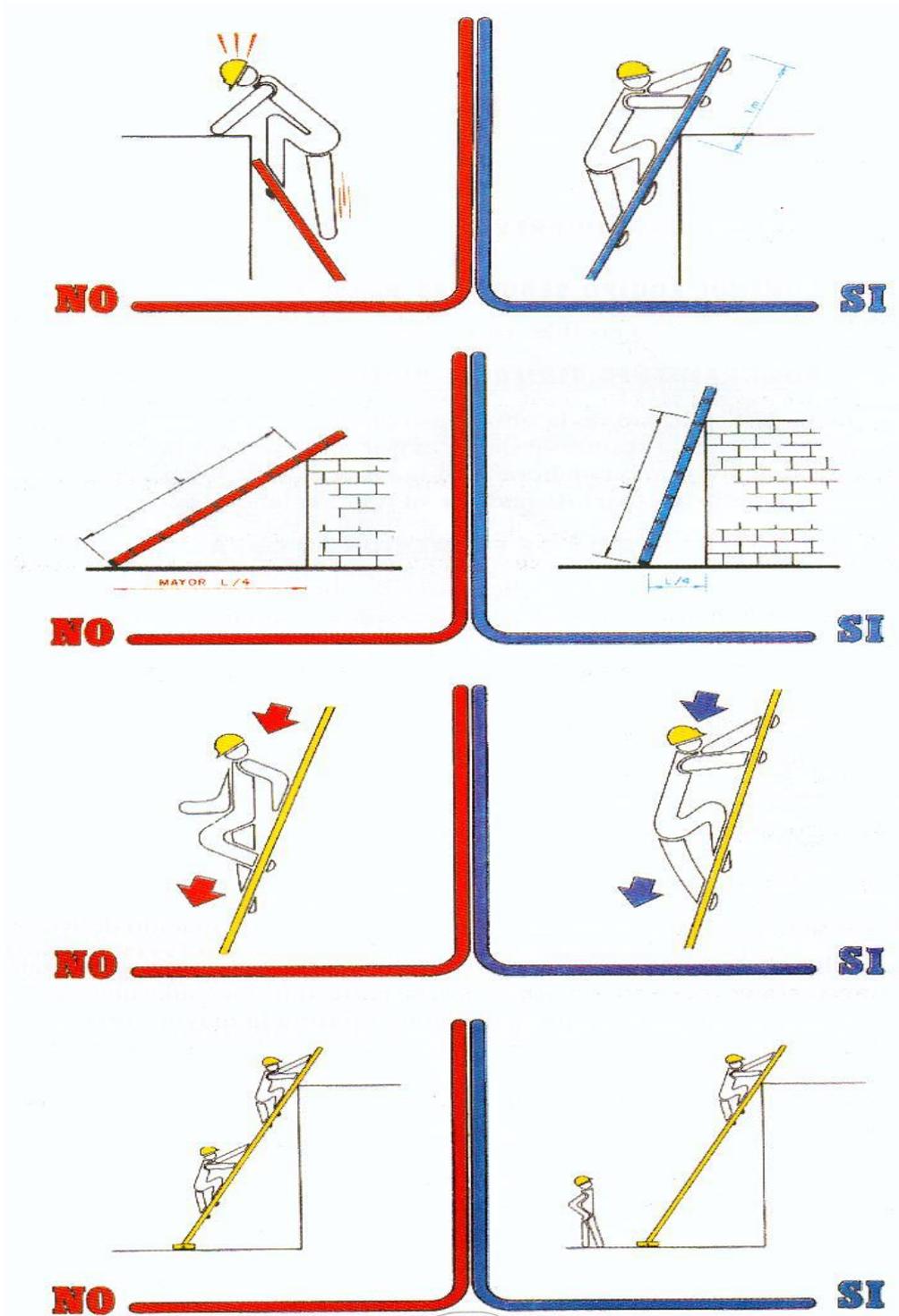
PFV EL BARCIAL 3 MW / 3,6 MWp  
Y SU INFRAESTRUCTURA DE EVACUACIÓN  
6.1. ESYS - Memoria



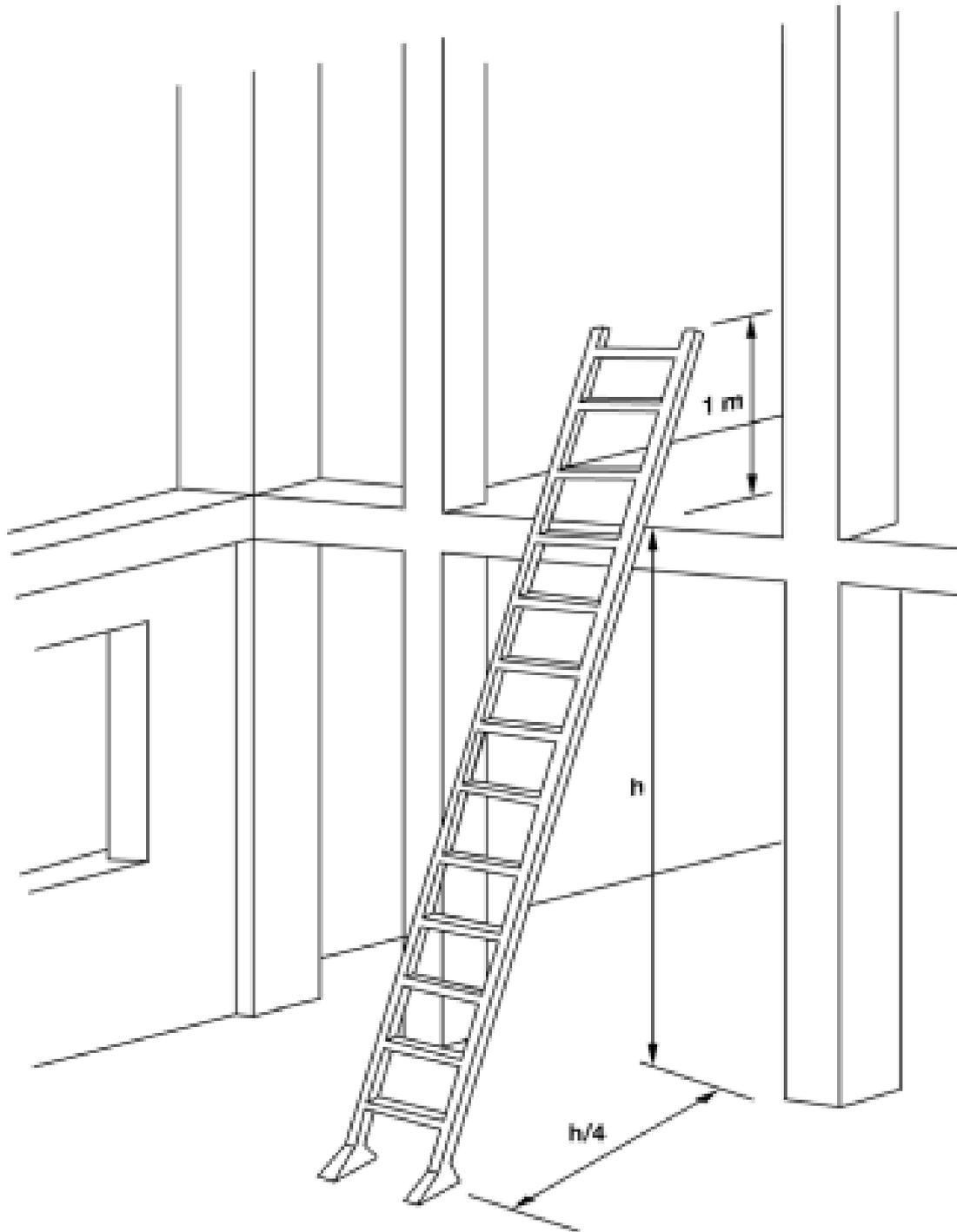
- Impermeables, trajes de agua
- Cinturón de protección lumbar.
- Protectores auditivos.

## 5.6. Indicativos visuales

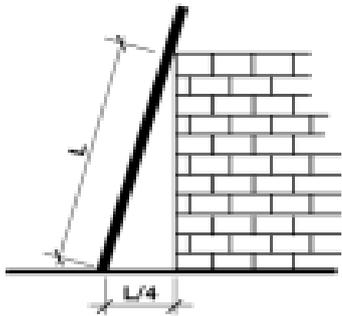
### ESCALERAS DE MANO I



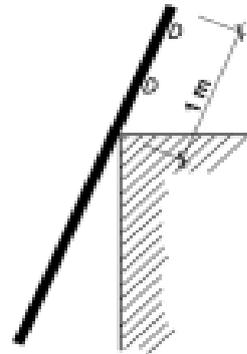
### ESCALERAS DE MANO II



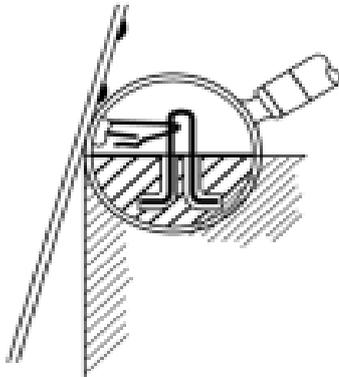
### ESCALERAS DE MANO III



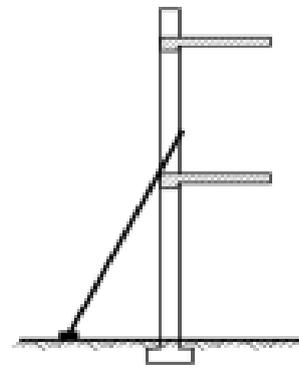
INCLINACIÓN RECOMENDADA



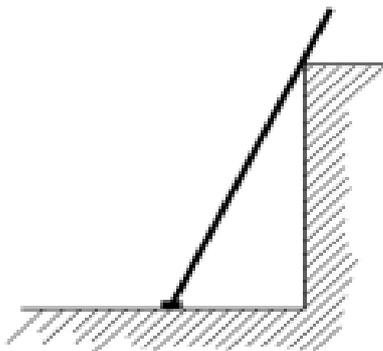
SOBREPASAR 1m. LA COTA MÁXIMA



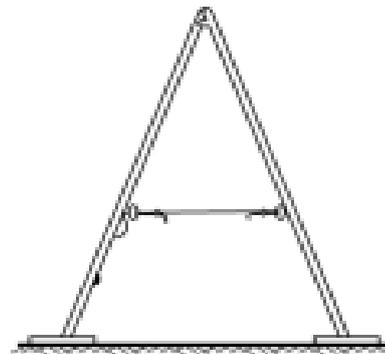
FORMA DE ARRIOSTRAMIENTO



USAR ZAPATAS ANTIDESLIZANTES



UN SOLO USUARIO A LA VEZ



LAS ESCALERAS DE TIJERA DEBEN  
DISPONER DE CUERDA O CADENA Y  
DE ZAPATAS ANTIDESLIZANTES

## SEÑALIZACIÓN I

### SEÑALIZACION

La señalización de seguridad en los lugares de trabajo tiene como misión llamar la atención rápidamente sobre objetos y situaciones que pueden provocar peligros. Así como indicar el emplazamiento de dispositivos y equipos que tengan importancia desde el punto de vista de la seguridad. Las señales de seguridad se dividen en cuatro categorías, teniendo cada una de ellas una forma y color diferentes.

PROHIBICION Lo que no se debe hacer	OBLIGACION Lo que se debe hacer	ADVERTENCIA Precavución Delimitación de zonas peligrosas	SITUACION DE SEGURIDAD Emplazamiento de primeros auxilios Señalización de vías de evacuación
<p><b>SIMBOLOS:</b> Cobocados en el interior de las figuras de seguridad. Según Real Decreto nº 1.403 / 1988 del 9 de Mayo de 1986.</p> <p><b>OTROS SIMBOLOS</b></p>			
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Agua no potable</li> <li>2. Prohibido apagar con agua</li> <li>3. Prohibido encender fuego</li> <li>4. Prohibido fumar</li> <li>5. Prohibido el paso a peatones</li> <li>6. Alto! No pasar</li> <li>7. Prohibido transportar personas</li> <li>8. Prohibido el paso a carretillas</li> <li>9. Prohibido accionar</li> <li>10. No utilizar en caso de emergencia</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>11. Uso obligatorio de mascarilla</li> <li>12. Uso obligatorio de casco</li> <li>13. Uso obligatorio de protectores auditivos</li> <li>14. Uso obligatorio de gafas</li> <li>15. Uso obligatorio de guantes</li> <li>16. Uso obligatorio de botas</li> <li>17. Uso obligatorio de pantalla protectora</li> <li>18. Es obligatorio lavarse las manos</li> <li>19. Uso obligatorio de cinturón de seguridad</li> <li>20. Uso obligatorio de cinturón de seguridad</li> <li>21. Uso obligatorio de protector fijo</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>22. Resgo de incendio</li> <li>23. Resgo de explosión</li> <li>24. Resgo de cargas suspendidas</li> <li>25. Resgo de radiación</li> <li>26. Resgo de intoxicación</li> <li>27. Resgo de corrosión</li> <li>28. Resgo eléctrico</li> <li>29. Peligro indeterminado</li> <li>30. Caída de objetos</li> <li>31. Caídas a distinto nivel</li> <li>32. Caídas al mismo nivel</li> <li>33. Radiaciones láser</li> <li>34. Paso de carretillas</li> <li>35. Resgo biológico</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>36. Equipo primeros auxilios</li> <li>37. Dirección de socorro</li> <li>38. Localización salida de socorro</li> <li>39. Dirección hacia salida de socorro</li> <li>40. Dirección hacia primeros auxilios</li> <li>41. Localización primeros auxilios</li> <li>42. Salida de socorro. Deslizar</li> <li>43. Dirección hacia salida de socorro</li> <li>44. Vía de evacuación</li> <li>45. Salida en caso de emergencia</li> </ol>

## SEÑALIZACIÓN II

**SEÑALES CON ROTULO:** Si la señal de seguridad necesita una información adicional puede ser añadida mediante un rótulo.

**SEÑALES COMBINADAS:** Recomendables cuando el riesgo requiera más de un tipo de señal para comunicar el mensaje de seguridad.

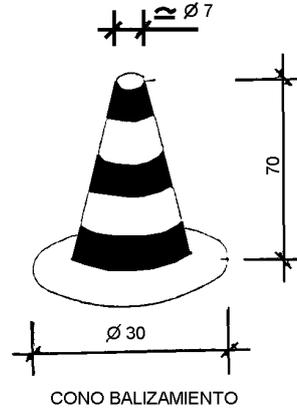
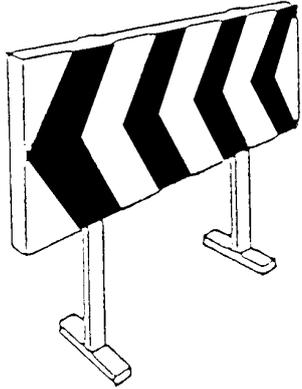
**SEÑALES CONTRA INCENDIOS:** Indican la localización de equipos e instalaciones de extinción.

## SEÑALIZACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS:

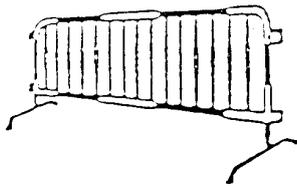
Nota: Las letras E, O, F, F+, T, T+, C, Xn, Xi y N no forman parte del símbolo.

<p><b>E</b></p> <p><b>Explosivo</b></p>	<p><b>O</b></p> <p><b>Comburente</b></p>
<p><b>F</b></p> <p><b>Fácilmente inflamable</b></p>	<p><b>F+</b></p> <p><b>Extremadamente inflamable</b></p>
<p><b>T</b></p> <p><b>Tóxico</b></p>	<p><b>T+</b></p> <p><b>Muy tóxico</b></p>
<p><b>C</b></p> <p><b>Corrosivo</b></p>	<p><b>Xn</b></p> <p><b>Nocivo</b></p>
<p><b>Xi</b></p> <p><b>Irritante</b></p>	<p><b>N</b></p> <p><b>Peligroso para el medio ambiente</b></p>

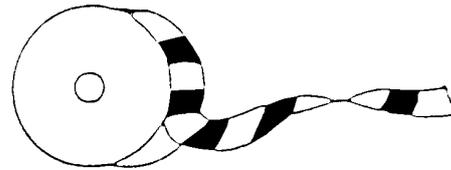
### SEÑALIZACIÓN III



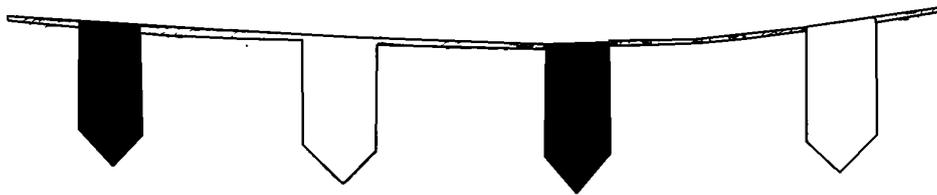
CONO BALIZAMIENTO



VALLAS DESVIO TRAFICO



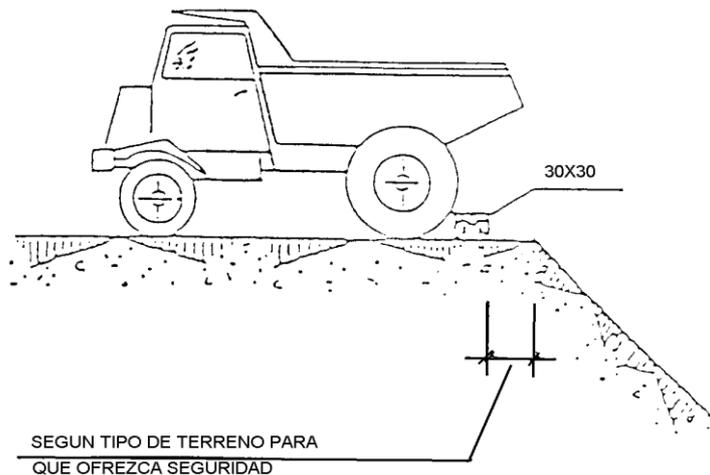
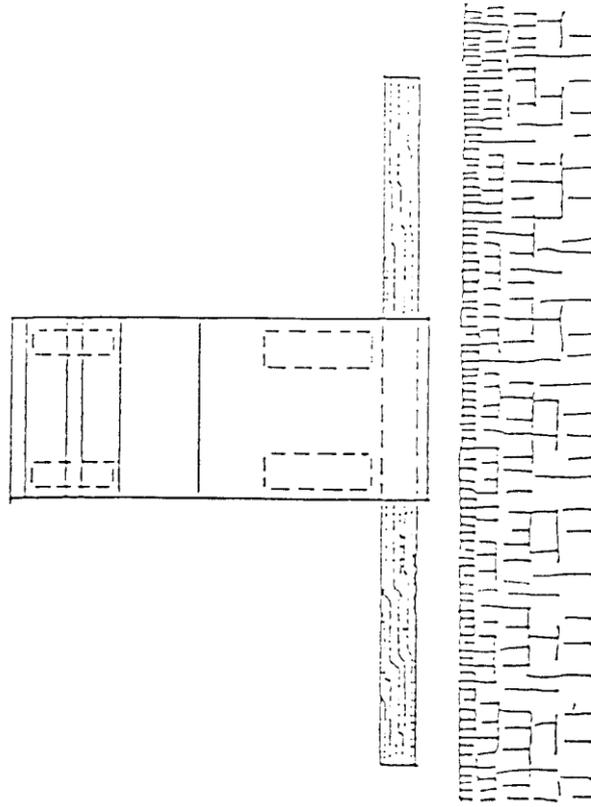
CINTA BALIZAMIENTO



CORDON BALIZAMIENTO

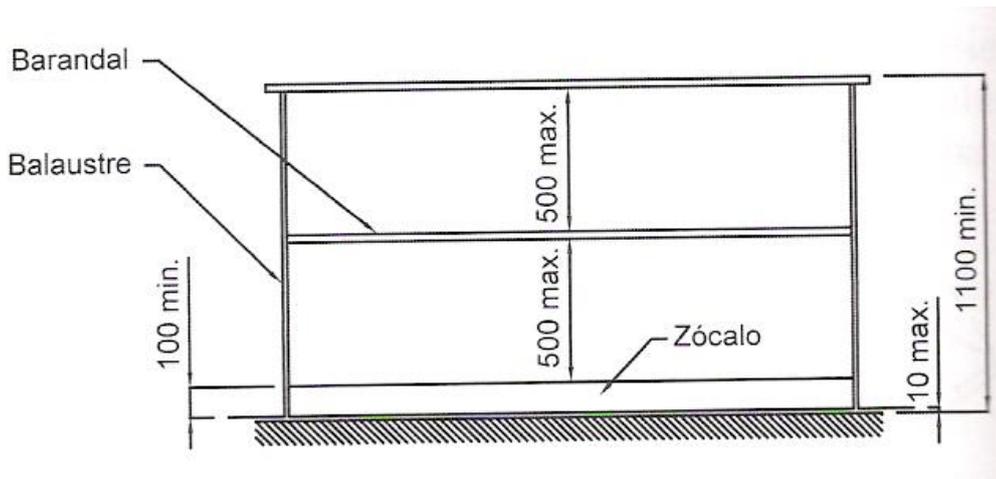
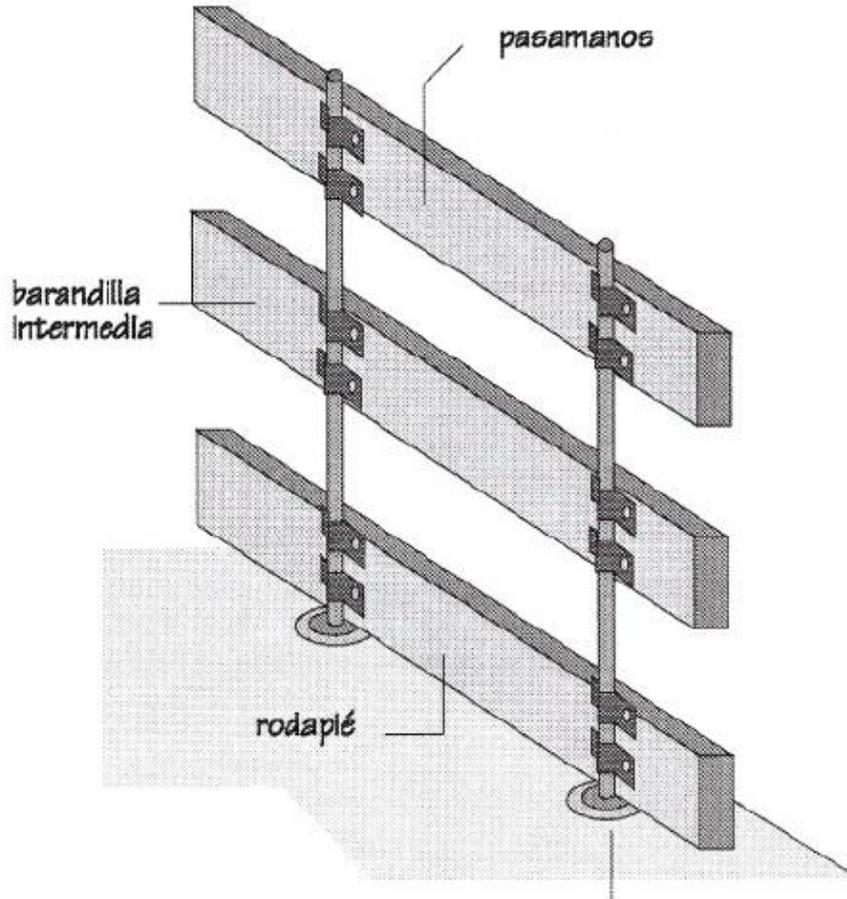


### TOPE DE RETROCESO DE VERTIDO DE TIERRAS

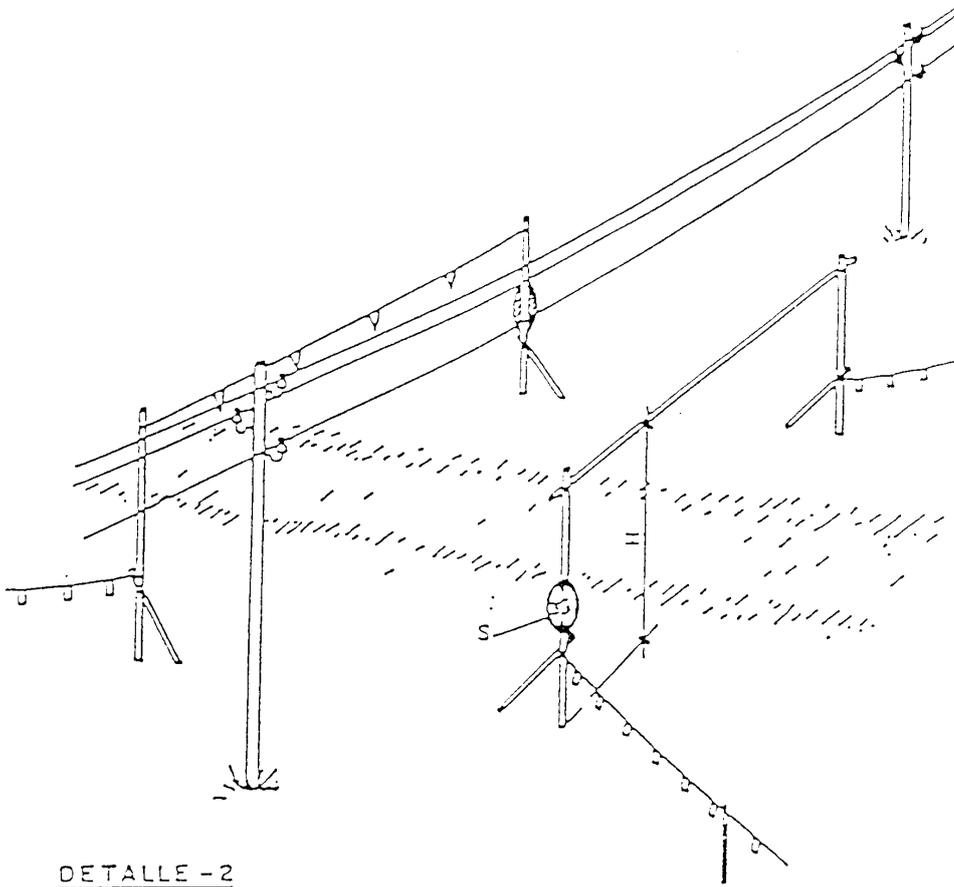


SEGUN TIPO DE TERRENO PARA  
QUE OFREZCA SEGURIDAD

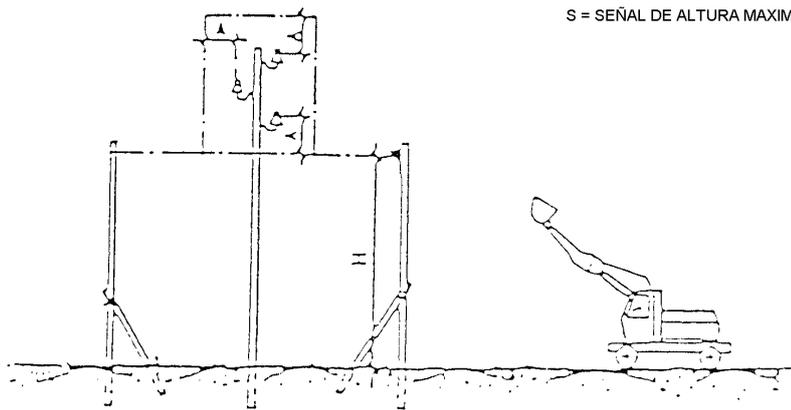
### BARANDILLA DE PROTECCIÓN



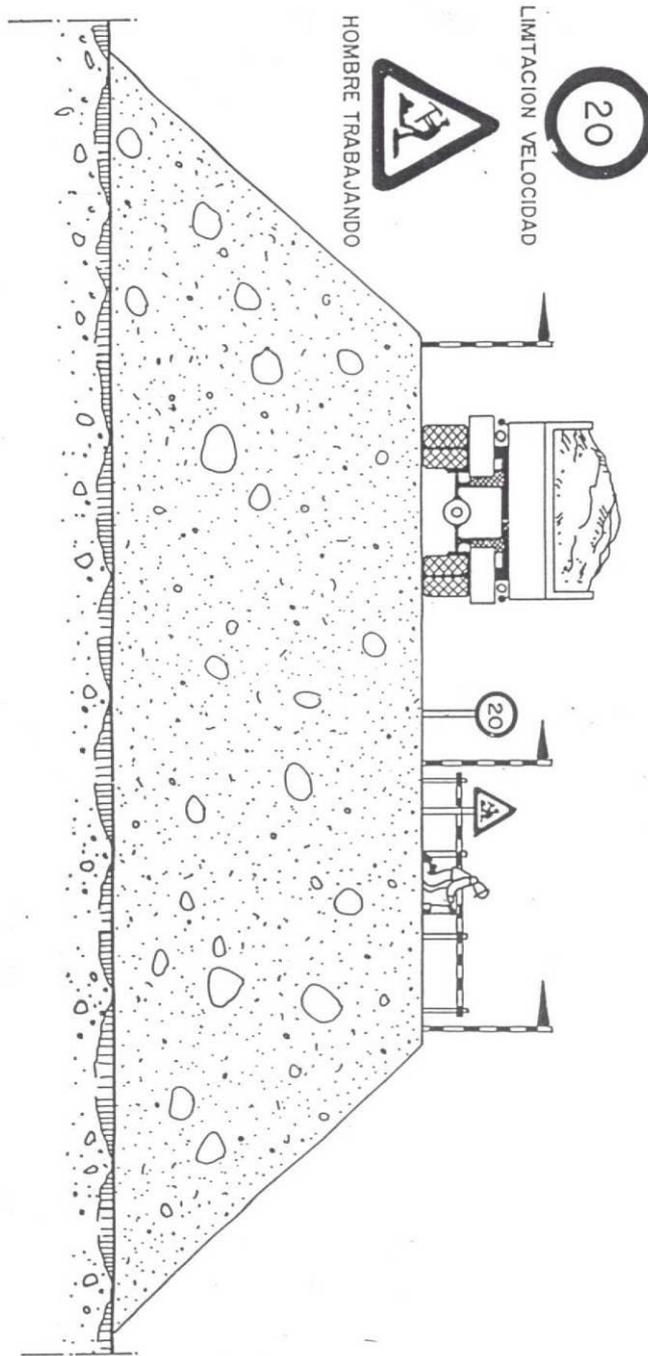
### PÓRTICO DE BALIZAMIENTO EN LÍNEAS ELÉCTRICAS AÉREAS



H = PASO LIBRE  
S = SEÑAL DE ALTURA MAXIMA



### TERRAPLENES Y RELLENOS





## CÓDIGO DE SEÑALES PARA MANIOBRAS I

### CODIGO DE SEÑALES DE MANIOBRAS

Si se quiere que no haya confusiones peligrosas cuando el maquinista o enganchador cambien de una máquina a otra y con mayor razón de un taller a otro, es necesario que todo el mundo hable el mismo idioma y mande con las mismas señales.

Nada mejor para ello que seguir los movimientos que para cada operación se insertan a continuación.

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

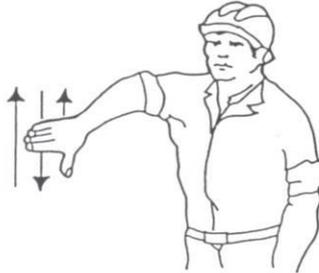


## CÓDIGO DE SEÑALES PARA MANIOBRAS II

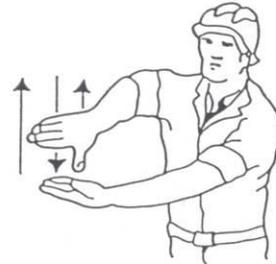
7 Bajar la carga lentamente.



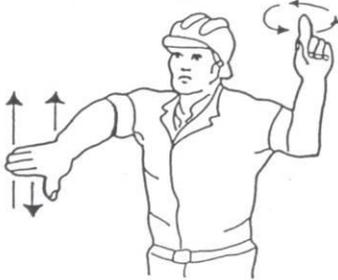
8 Bajar el aguilón o pluma



9 Bajar el aguilón o pluma lentamente



10 Bajar el aguilón o pluma y levantar carga



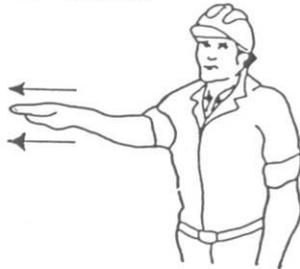
11 Girar el aguilón en la dirección indicada por el dedo



12 Avanzar en la dirección indicada por el señalista



13 Sacar pluma



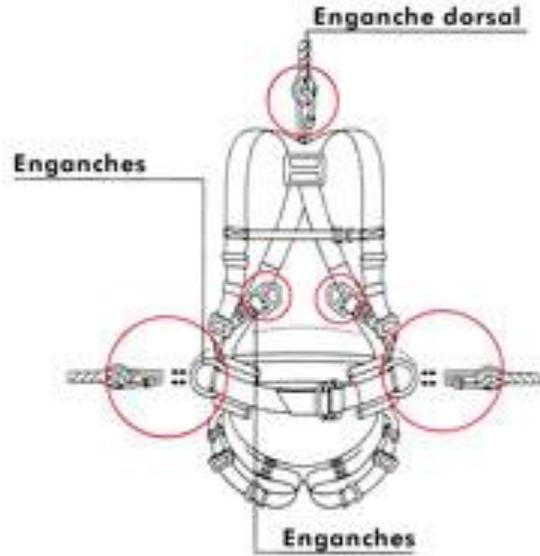
14 Meter pluma



15 Parar

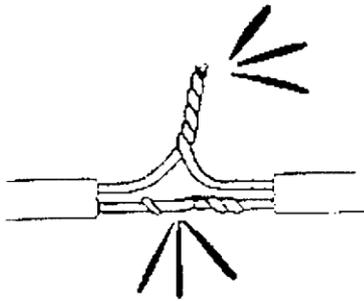
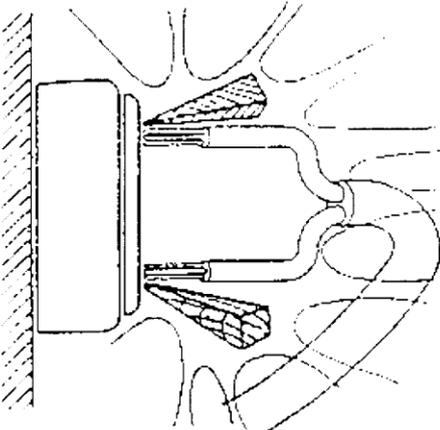
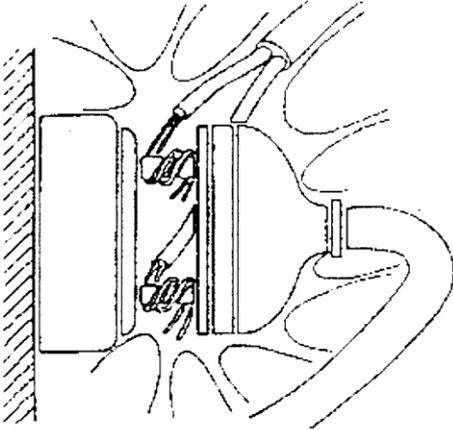


### EQUIPOS PARA TRABAJOS EN ALTURA

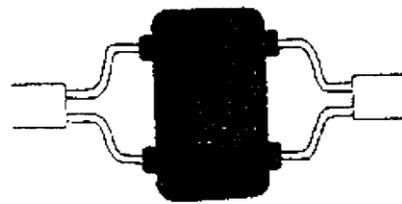
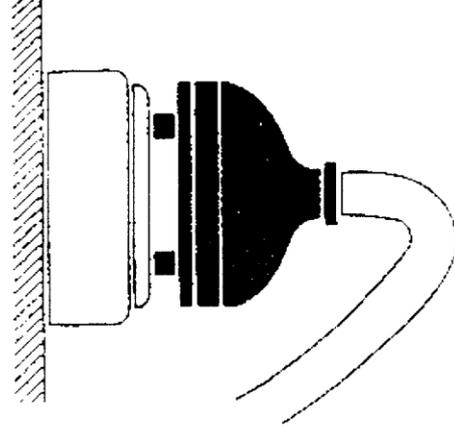
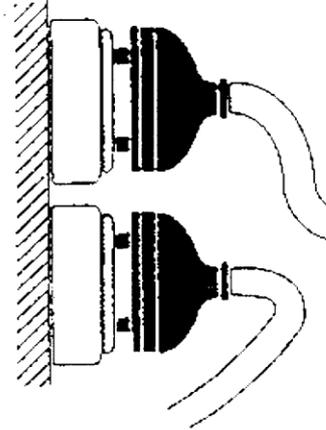


### RIESGOS ELÉCTRICOS I

INCORRECTO

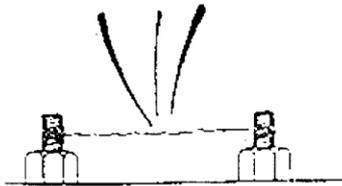
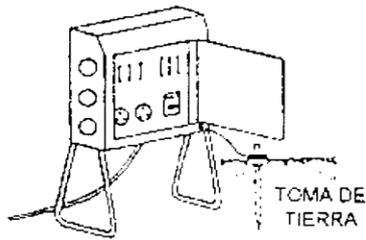
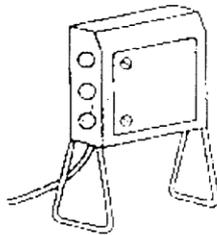
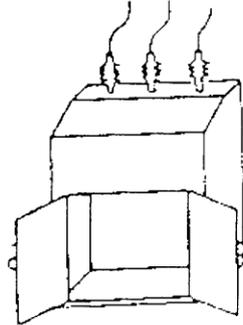


CORRECTO

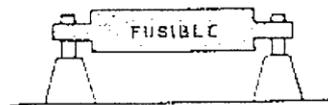
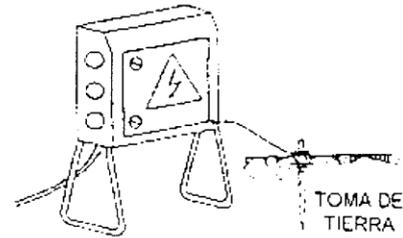
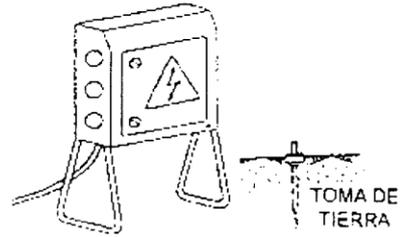
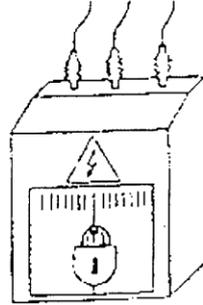


## RIESGOS ELÉCTRICOS II

INCORRECTO

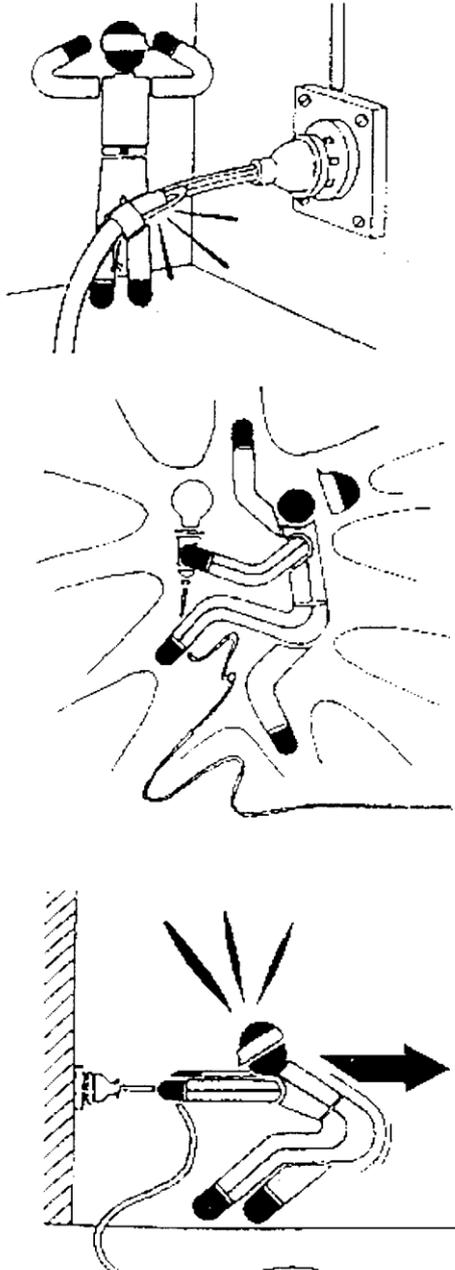


CORRECTO



### RIESGOS ELÉCTRICOS III

INCORRECTO



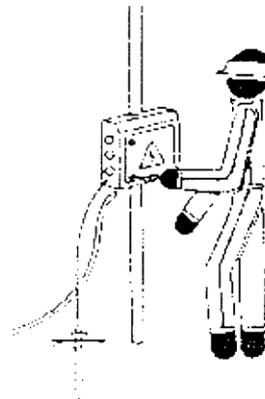
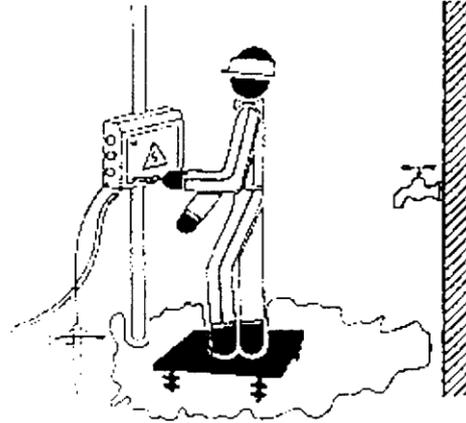
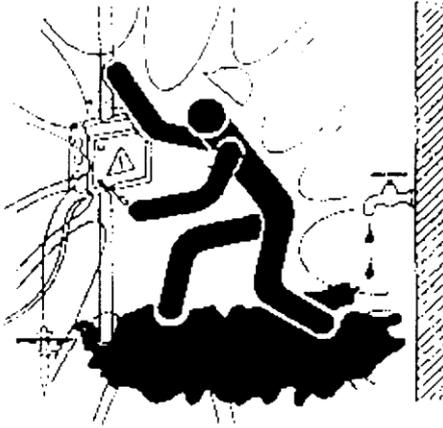
CORRECTO



### RIESGOS ELÉCTRICOS IV

INCORRECTO

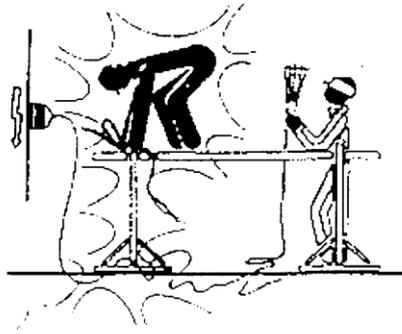
CORRECTO



### RIESGOS ELÉCTRICOS V

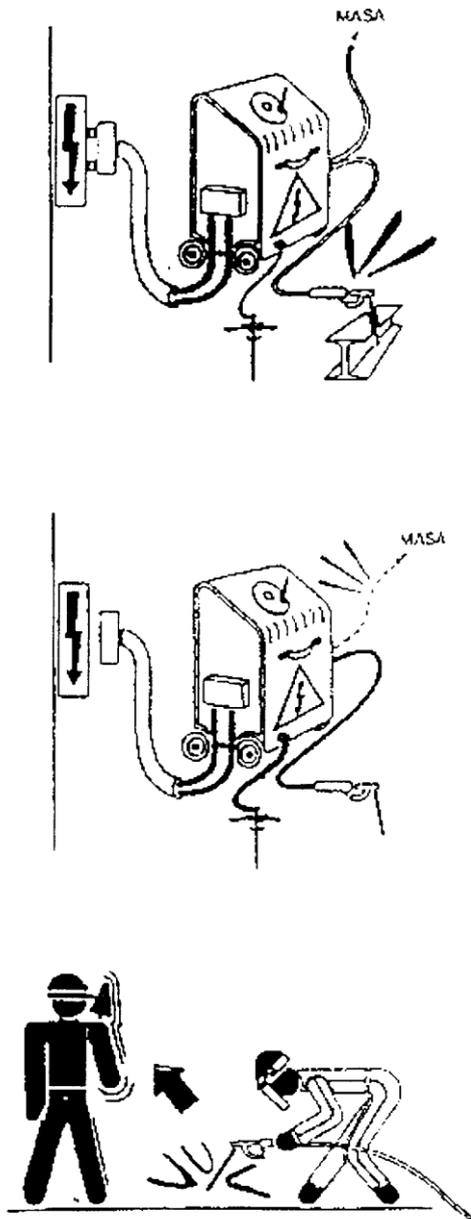
INCORRECTO

CORRECTO

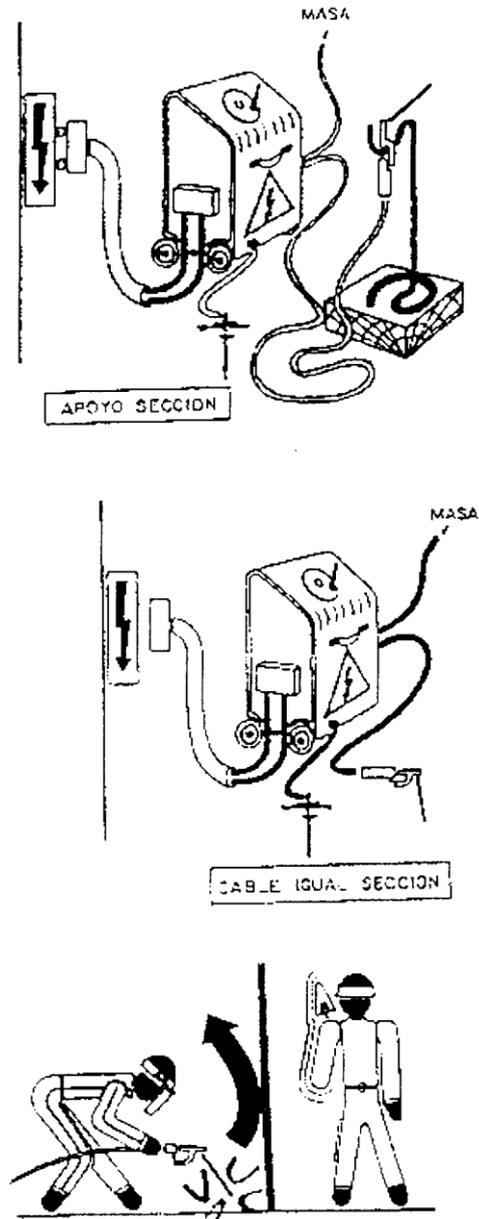


### TRABAJOS DE SOLDADURA

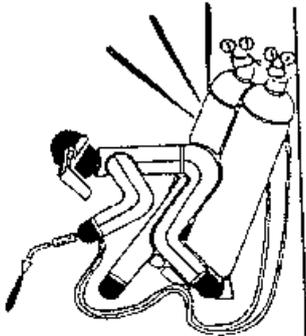
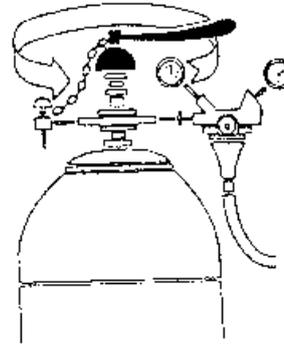
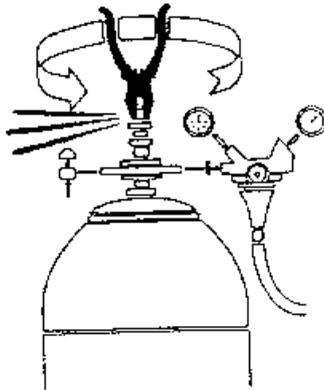
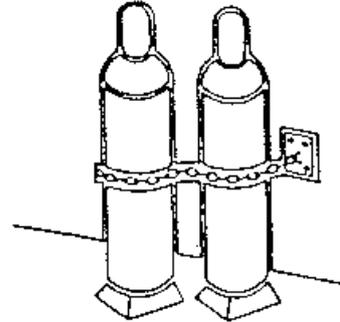
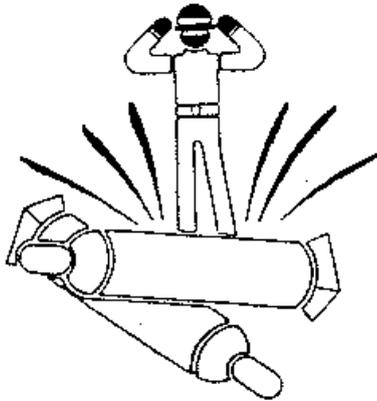
#### INCORRECTO



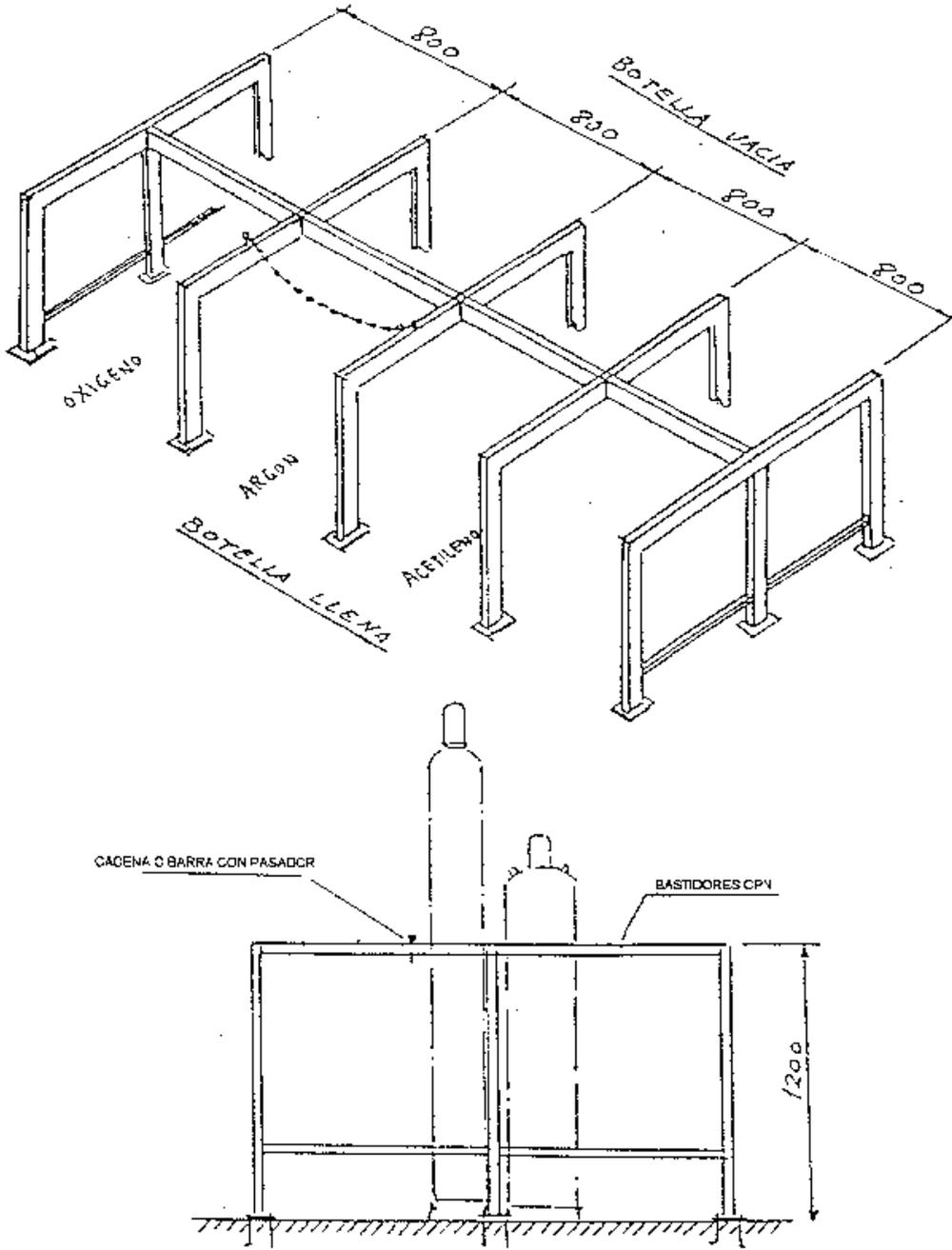
#### CORRECTO



### MANIPULACIÓN Y USO DE BOTELLAS I



### MANIPULACIÓN Y USO DE BOTELLAS II





CARTEL DE TELÉFONOS DE URGENCIA EN OBRA

**NORMAS A SEGUIR  
EN CASO  
DE ACCIDENTES**

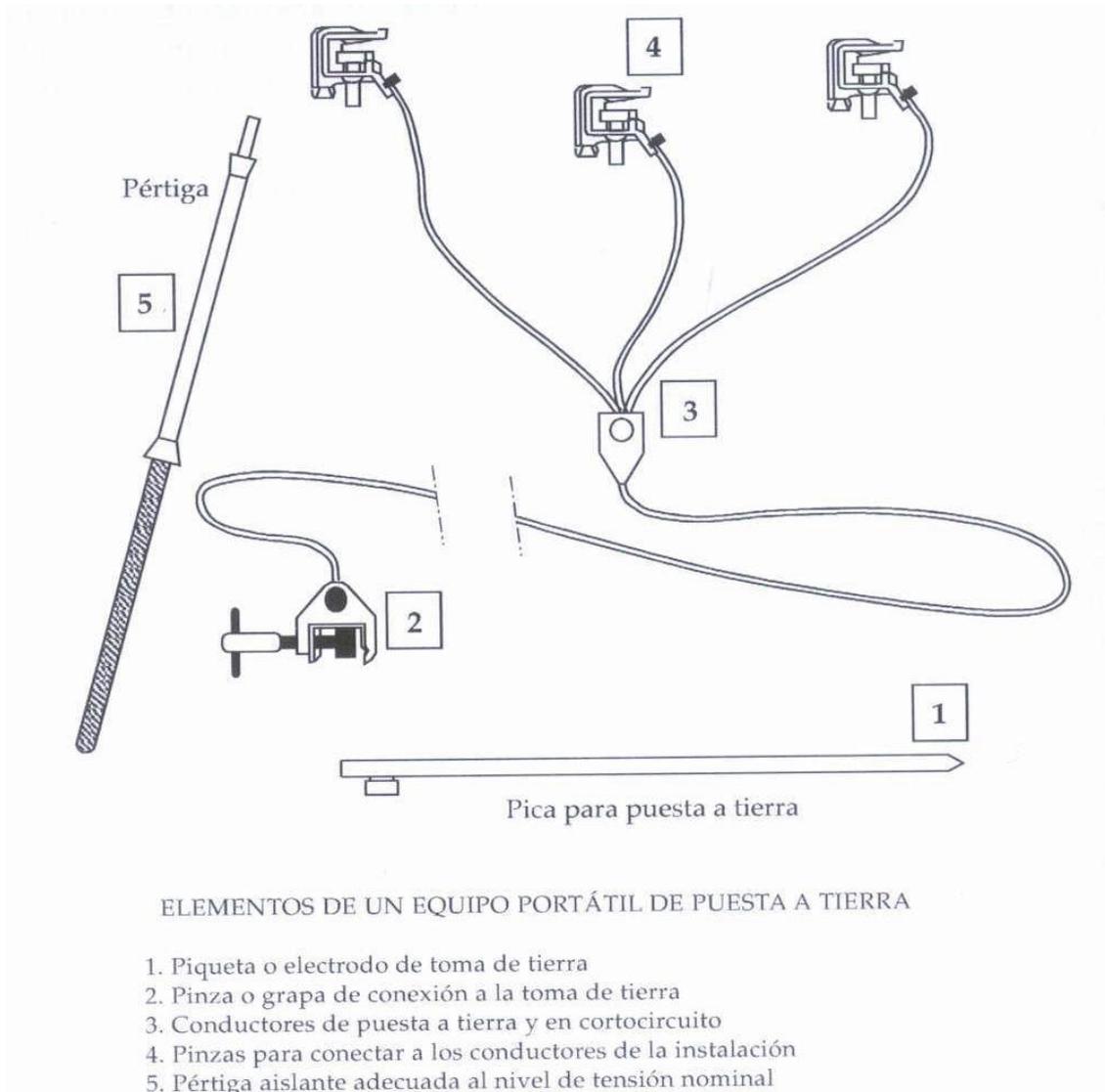
LEVES

GRAVES

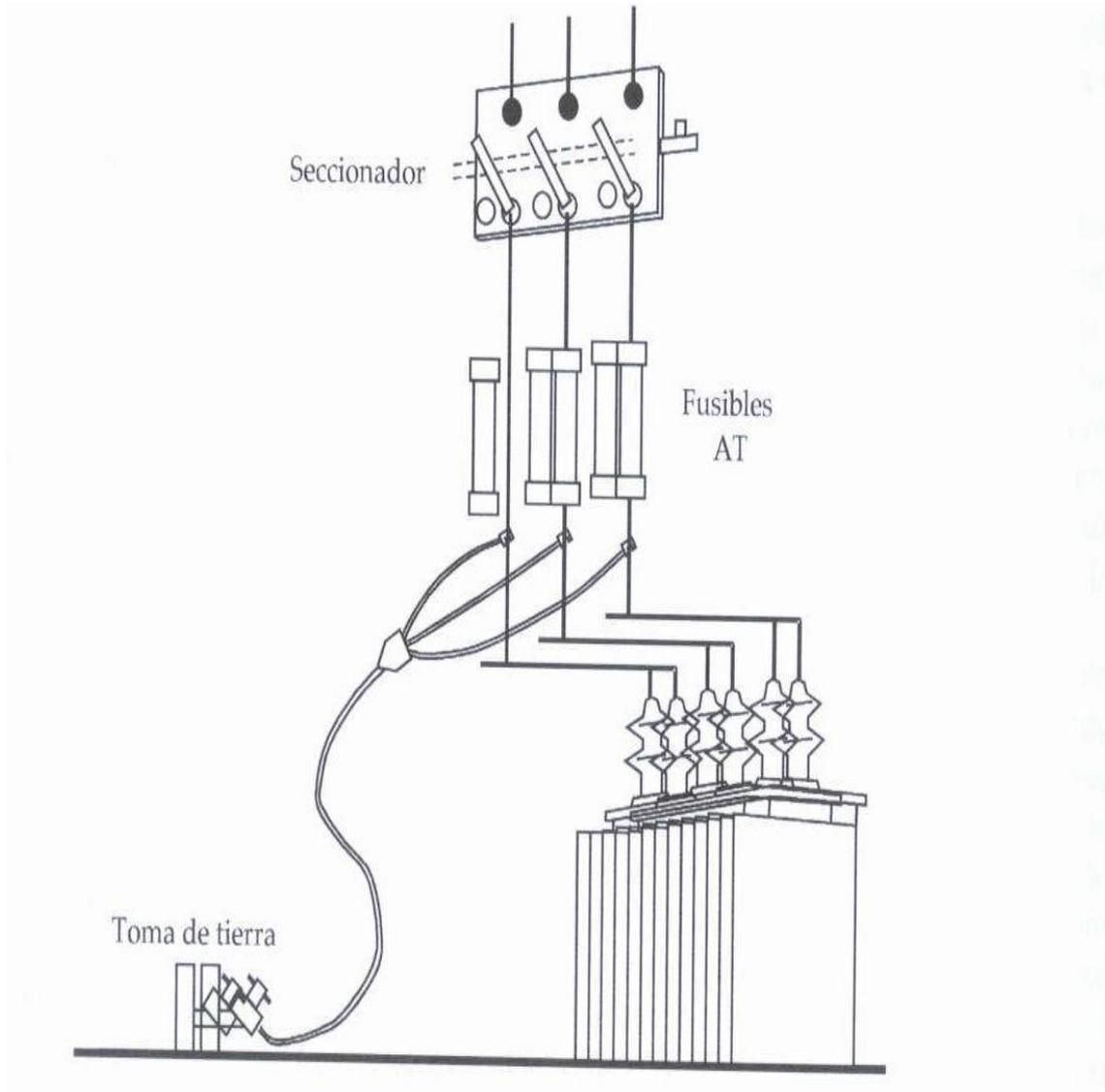
TELEFONOS DE URGENCIA

HOSPITAL	DELEGACION	POLICIA
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
SERVICIO MEDICO	JEFE DE OBRA	BOMBEROS
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
AMBULANCIA	JEFE ADMTVO	
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

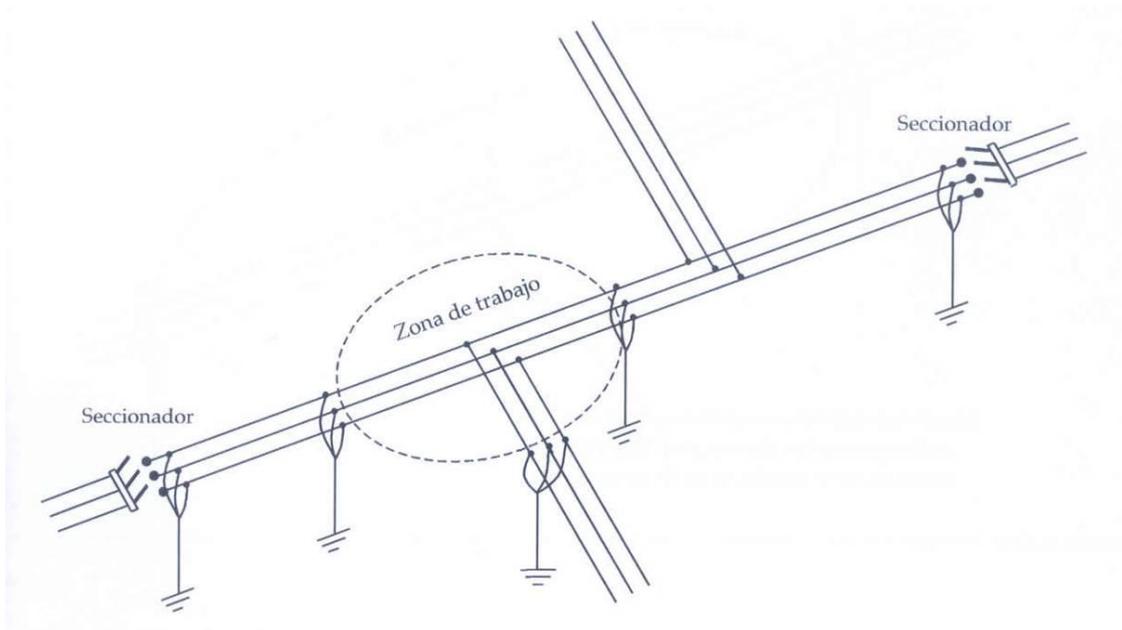
### CABLES DE PUESTA A TIERRA PORTATILES



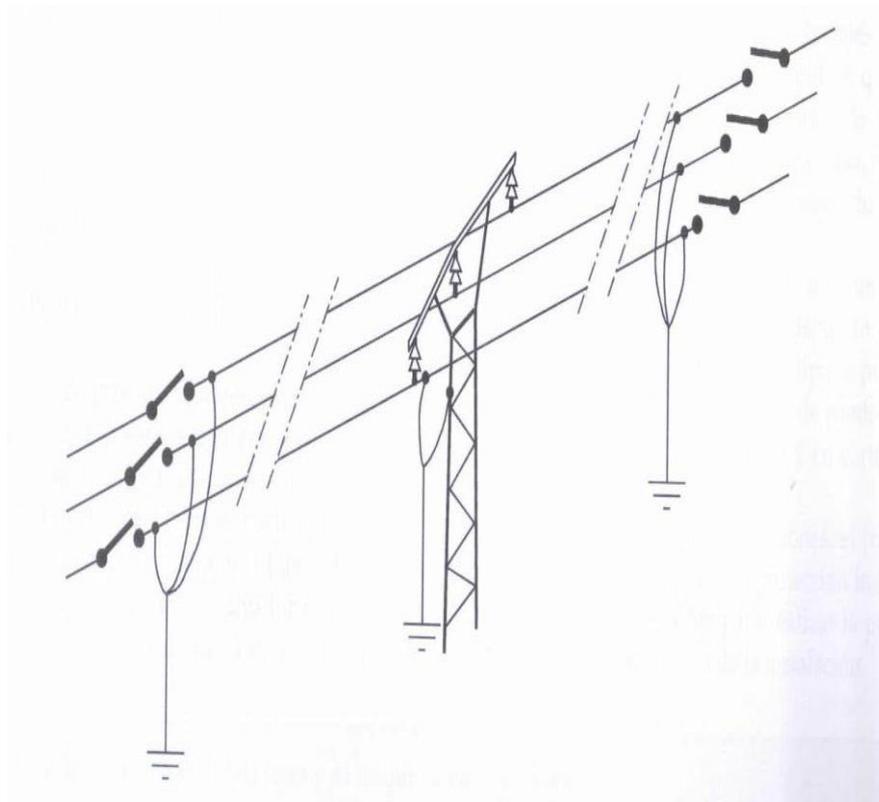
### CABLES DE PUESTA A TIERRA Y EN CORTOCIRCUITO CON TRANSFORMADOR



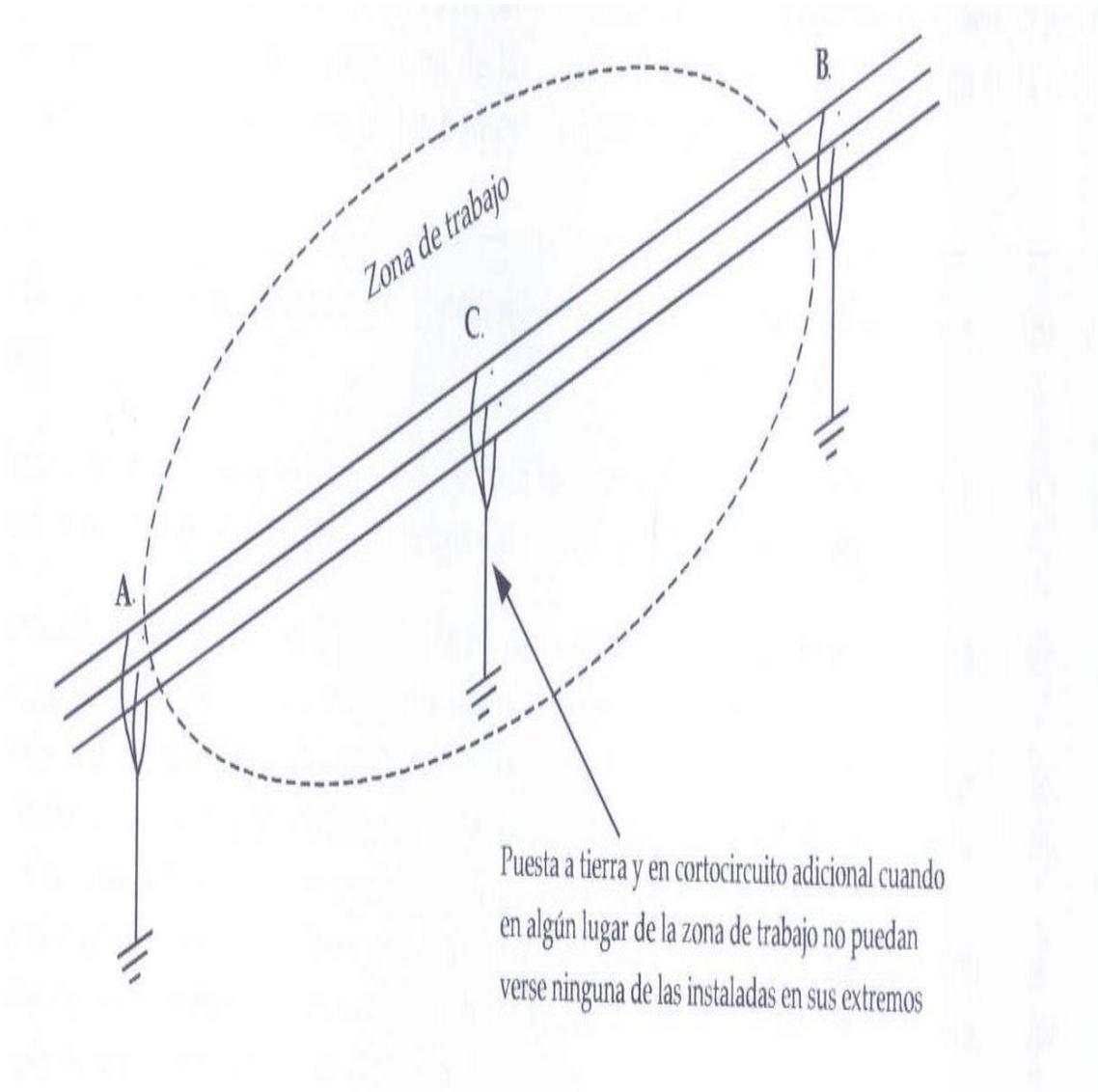
### CREACIÓN DE ZONA DE TRABAJO I



### CREACIÓN DE ZONA DE TRABAJO II



### CREACIÓN DE ZONA DE TRABAJO III



## ANEXO I: NTP-278 Zanjas: prevención del desprendimiento de tierras.

### Introducción

#### *Definición*

En los trabajos llevados a cabo en zanjas se producen con frecuencia accidentes graves o mortales a causa del desprendimiento de tierras. Por ello es necesario adoptar aquellas medidas que garanticen la seguridad de los trabajadores que tienen que llevar a cabo labores en el interior de las mismas.

Se entiende por zanja una excavación larga y angosta realizada en el terreno.

Esta NTP contempla la excavación de zanjas realizadas con medios manuales o mecánicos que cumplan las siguientes características:

- Anchura máxima  $\leq 2$  m.
- Profundidad máxima  $\leq 7$  m.
- Nivel freático inferior a la profundidad o rebajado.
- No se incluyen los terrenos rocosos ni blandos o expansivos.

Con carácter general se deberá considerar peligrosa toda excavación que, en terrenos corrientes, alcance una profundidad de 0,80 m y 1,30 m en terrenos consistentes.

#### *Medidas de prevención*

En todos los casos se deberá llevar a cabo un estudio previo del terreno con objeto de conocer la estabilidad del mismo. La experiencia en el lugar de ubicación de las obras podrán avalar las características de cortes del terreno.

En general se adoptarán las precauciones necesarias para evitar derrumbamientos, según la naturaleza y condiciones del terreno.

Las excavaciones de zanjas se ejecutarán con una inclinación de talud provisional adecuadas a las características del terreno, debiéndose considerar peligrosa toda excavación cuya pendiente sea superior a su talud natural. (Fig. 1)

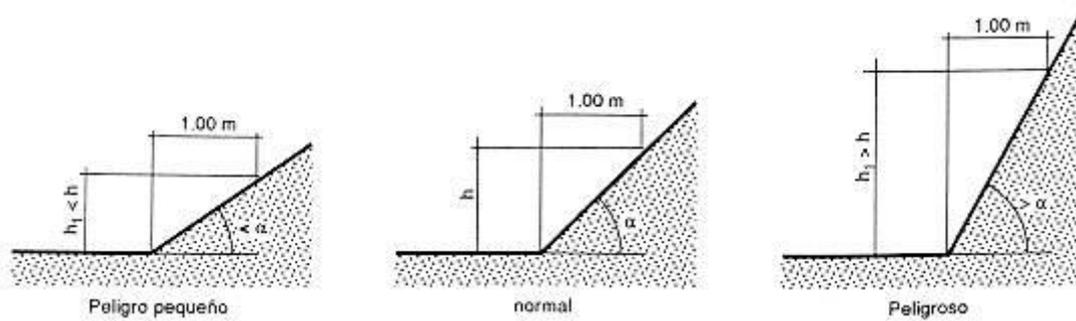


Fig. 1: Talud natural de  $\alpha^\circ$

Dado que los terrenos se disgregan y pueden perder su cohesión bajo la acción de los elementos atmosféricos, tales como la humedad, sequedad, hielo o deshielo, dando lugar a hundimientos, es recomendable calcular con amplios márgenes de seguridad la pendiente de los tajos.

En las excavaciones de zanjas se podrán emplear bermas escalonadas, con mesetas no menores de 0,65 m y contramesetas no mayores de 1,30 m en cortes ataluzados del terreno con ángulo entre  $60^\circ$  y  $90^\circ$  para una altura máxima admisible en función del peso específico aparente del terreno y de la resistencia simple del mismo.

Si se emplearan taludes más acentuados que el adecuado a las características del terreno, o bien se lleven a cabo mediante bermas que no reúnan las condiciones indicadas, se dispondrá una entibación que por su forma, materiales empleados y secciones de éstos ofrezcan absoluta seguridad, de acuerdo a las características del terreno: entibación cuajada, semicujada o ligera.

La entibación debe ser dimensionada para las cargas máximas previsibles en las condiciones más desfavorables.

Las entibaciones han de ser revisadas al comenzar la jornada de trabajo, tensando los cordales que se hayan aflojado. Se extremarán estas prevenciones después de interrupciones de trabajo de más de un día y/o de alteraciones atmosféricas como lluvias o heladas.

Los productos de la excavación que no hayan de retirarse de inmediato, así como los materiales que hayan de acopiarse, se apilarán a la distancia suficiente del boe de la excavación para que no supongan una sobrecarga que pueda dar lugar a desprendimientos o corrimientos de tierras en los taludes, debiéndose adoptar como mínimo el criterio de distancias de seguridad indicado en la Fig. 2.

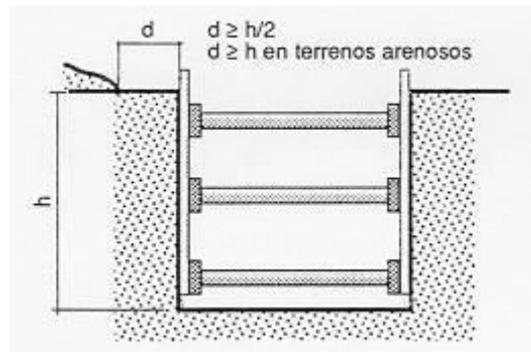


Fig. 2

Cuando en los trabajos de excavación se empleen máquinas, camiones, etc. que supongan una sobrecarga, así como la existencia de tráfico rodado que transmita vibraciones que puedan dar lugar a desprendimientos de tierras en los taludes, se adoptarán las medidas oportunas de refuerzo de entibaciones y balizamiento y señalización de las diferentes zonas.

Cuando las excavaciones afecten a construcciones existentes, se hará previamente un estudio en cuanto a la necesidad de apeos en todas las partes interesadas en los trabajos, los cuales podrán ser aislados o de conjunto, según la clase de terreno y forma de desarrollarse la excavación, y en todo caso se calculará y ejecutará la manera que consoliden y sostengan las zonas afectadas directamente, sin alterar las condiciones de estabilidad del resto de la construcción.

En general las entibaciones o parte de éstas se quitarán sólo cuando dejen de ser necesarias y por franjas horizontales, comenzando por la parte inferior del corte.

En zanjas de profundidad mayor de 1,30 m, siempre que haya operarios trabajando en su interior, se mantendrá uno de retén en el exterior, que podrá actuar como ayudante de trabajo y dará la alarma caso de producirse alguna emergencia.

En la obra se dispondrá de palancas, cuñas, barras, puntales, tabloncillos, etc. que no se utilizarán para la entibación y se reservarán para equipo, de salvamento, así como de



otros medios que puedan servir para eventualidades o socorrer a los operarios que puedan accidentarse.

Si al excavar surgiera cualquier anomalía no prevista, se comunicará a la Dirección técnica. Provisionalmente el contratista adoptará las medidas que estime necesarias.

### Cortes sin entibación: taludes

Para profundidades inferiores a 1,30 m en terrenos coherentes y sin sollicitación de viales o cimentaciones, podrán realizarse cortes verticales sin entibar.

En terrenos sueltos o que estén solicitados deberá llevarse a cabo una entibación adecuada.

Para profundidades mayores el adecuado ataluzado de las paredes de excavación constituye una de las medidas más eficaces frente al riesgo de desprendimiento de tierras.

La tabla 1 sirve para determinar la altura máxima admisible en metros de taludes libres de sollicitaciones, en función del tipo de terreno, del ángulo de inclinación de talud  $\beta$  no mayor de  $60^\circ$  y de la resistencia a compresión simple del terreno (Fig. 3).

Tabla 1: Determinación de la altura máxima admisible para taludes libres de sollicitaciones

Tipo de terreno	Angulo de talud $\beta$	Resistencia a compresión simple $R_u$ en $\text{kg/cm}^2$				
		0,250	0,375	0,500	0,625	$\geq 0,750$
Arcilla y limos muy plásticos	30	2,40	4,60	6,80	7,00	7,00
	45	2,40	4,00	5,70	7,00	7,00
	60	2,40	3,60	4,90	6,20	7,00
Arcilla y limos de plasticidad media	30	2,40	4,90	7,00	7,00	7,00
	45	2,40	4,10	5,90	7,00	7,00
	60	2,40	3,60	4,90	6,30	7,00
Arcilla y limos poco plásticos, arcillas arenosas y arenas arcillosas	30	4,50	7,00	7,00	7,00	7,00
	45	3,20	5,40	7,00	7,00	7,00
	60	2,50	3,90	5,30	6,80	7,00

\*Valores intermedios se interpolarán linealmente

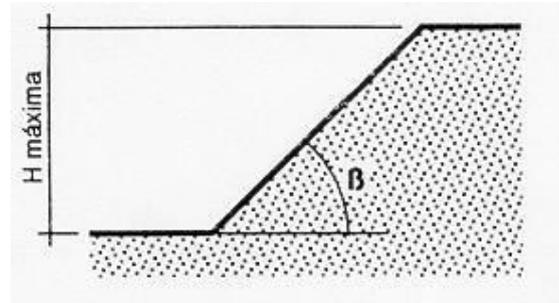


Fig. 3

La altura máxima admisible  $H_{m\acute{a}x.}$  en cortes ataluzados del terreno, provisionales, con ángulo comprendido entre  $60^\circ$  y  $90^\circ$  (talud vertical), sin sollicitación de sobrecarga y sin entibar podrá determinarse por medio de la tabla 2 en función de la resistencia a compresión simple del terreno y del peso específico aparente de éste. Como medida de seguridad en el trabajo contra el "venteo" o pequeño desprendimiento se emplearán bermas escalonadas con mesetas no menores de 0,65 m y contramesetas no mayores de 1,30 m (Fig. 4).

Tabla 2: Altura máxima admisible  $H_{m\acute{a}x.}$  en m\*

Resistencia a compresión simple $R_u$ en Kg/cm <sup>2</sup>	Peso específico aparente $\gamma$ en g/cm <sup>3</sup>				
	2,20	2,10	2,00	1,90	1,80
0,250	1,06	1,10	1,15	1,20	1,25
0,300	1,30	1,35	1,40	1,45	1,50
0,400	1,70	1,80	1,90	2,00	2,10
0,500	2,10	2,20	2,30	2,45	2,60
0,600	2,60	2,70	2,80	2,95	3,10
0,700	3,00	3,15	3,30	3,50	3,70
0,800	3,40	3,60	3,80	4,00	4,20
0,900	3,90	4,05	4,20	4,45	4,70
1,000	4,30	4,50	4,70	4,95	5,20
1,100	4,70	4,95	5,20	5,20	5,20
$\geq 1,200$	5,20	5,20	5,20	5,20	5,20

\* Valores intermedios se interpolarán linealmente

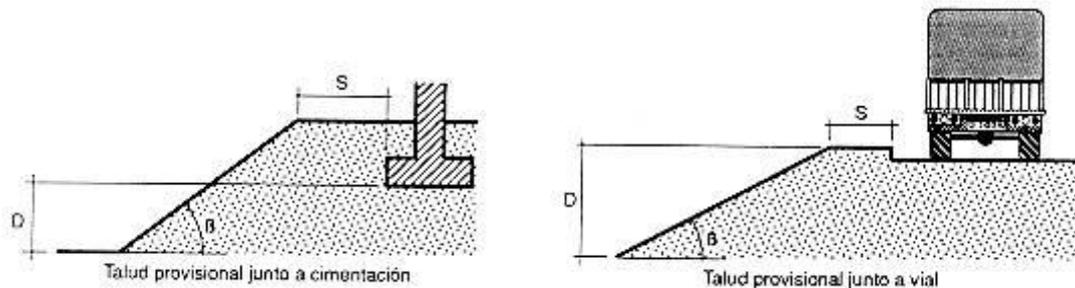


Fig. 4

El corte de terreno se considerará solicitado por cimentaciones, viales y acopios equivalentes, cuando la separación horizontal "S" (Fig. 5), entre la coronación del corte y el borde de la sollicitación, sea mayor o igual a los valores "S" de la tabla 3.

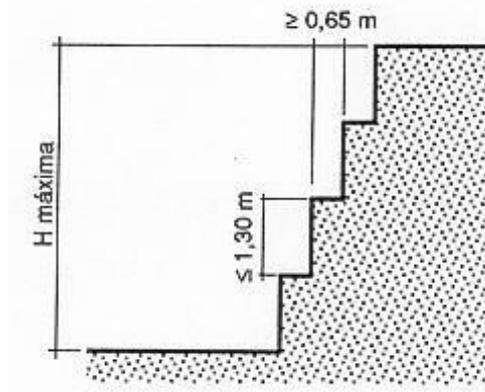


Fig. 5

Tabla 3: Determinación de la distancia de seguridad (S en fig. 5) para cargas próximas al borde de una zanja

Tipo de sollicitación	Angulo de talud	
	$\beta > 60^\circ$	$\beta \leq 60^\circ$
Cimentaciones	D	D
Vial o acopios equivalentes	D	D/2

En excavaciones junto a cimentaciones enrasadas o más profundas, se deberá comprobar si existe peligro de levantamiento del fondo. En general no existe peligro siempre que se verifique (Fig. 6) que:

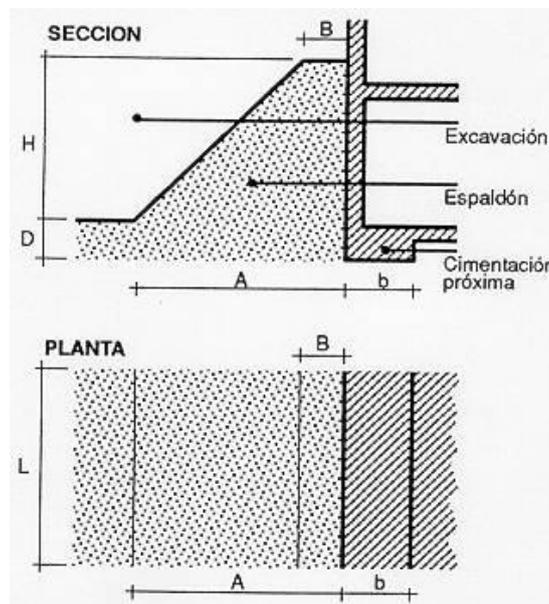


Fig. 6



$$q_s \leq 0,9 (m \cdot R_w + n)$$

siendo:

$q_s$  = Tensión de comprobación que transmite la cimentación al terreno en su plano de apoyo en Kg/cm<sup>2</sup>.

$R_w$  = Resistencia a compresión simple del terreno en Kg/cm<sup>2</sup>.

$m$  = Factor de influencia (tabla 4).

$n$  = Sobrecarga debida al espaldón en Kg/cm<sup>2</sup>. (Tabla 5)

Para valores de  $A < b$ , debe tomarse en general  $n = 0$

Tabla 4: Cálculo del factor de influencia,  $m^*$ .

b/L	D/b									
	0,00	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	4,00	5,00	6,00
< 0,1	1,00	1,19	1,38	1,57	1,76	1,95	2,14	2,52	2,90	3,28
0,1	1,04	1,23	1,42	1,61	1,80	1,99	2,18	2,56	2,94	3,32
0,2	1,03	1,27	1,46	1,65	1,84	2,03	2,22	2,60	2,98	3,36
0,3	1,13	1,32	1,51	1,70	1,89	2,08	2,27	2,65	3,03	3,41
0,4	1,17	1,36	1,55	1,74	1,93	2,12	2,31	2,69	3,07	3,45
0,5	1,22	1,41	1,60	1,79	1,98	2,17	2,36	2,74	3,12	3,50
0,6	1,26	1,45	1,64	1,83	2,02	2,21	2,40	2,78	3,16	3,54
0,7	1,30	1,49	1,68	1,87	2,06	2,25	2,44	2,82	3,20	3,58
0,8	1,35	1,54	1,73	1,92	2,11	2,30	2,49	2,87	3,25	3,63
0,9	1,39	1,58	1,77	1,96	2,15	2,34	2,53	2,91	3,29	3,67
≥ 1,0	1,44	1,63	1,82	2,01	2,20	2,39	2,58	2,96	3,34	3,72

\*Siendo (fig. 6):

$b$  = Ancho de la cimentación en dirección normal al corte en m.

$L$  = Largo de la cimentación en dirección paralela al corte en m.

$D$  = Desnivel entre el plano de apoyo de la cimentación y el fondo de la excavación en m.



Tabla 5: Cálculo de la sobrecarga debida al espaldón,  $n$ , en  $\text{Kg/cm}^2$

Peso específico aparente del terreno $\gamma$ en $\text{g/cm}^3$	$\frac{A+B}{2A} \cdot H$ en m.						
	1	2	3	4	5	6	7
2,20	0,22	0,44	0,66	0,88	1,10	1,32	1,54
2,00	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	1,20	1,40
1,80	0,18	0,36	0,54	0,72	0,90	1,08	1,26
1,60	0,16	0,32	0,48	0,64	0,80	0,96	1,12

Siendo (Tabla 5):

A = Ancho en pie del espaldón en m.

B = Ancho en coronación del espaldón en m.

H = Profundidad del corte en m.

### Cortes con entibación

Cuando no sea posible emplear taludes como medida de protección contra el desprendimiento de tierras en la excavación de zanjas y haya que realizar éstas mediante cortes verticales de sus paredes se deberán entibar éstas en zanjas iguales o mayores a 1,30 m de profundidad. Igual medida se deberá tomar si no alcanzan esta profundidad en terrenos no consistentes o si existe solicitud de cimentación próxima o vial.

El tipo de entibación a emplear vendrá determinada por el de terreno en cuestión, si existen o no solicitudes y la profundidad del corte (Tabla 6).

Tabla 6: Elección del tipo de cimentación

Tipo de terreno	Solicitud	Profundidad P del corte en m. *			
		< 1,30	1,30-2,00	2,00-2,50	> 2,50
Coherente	Sin solicitud	*	Ligera	Semicuajada	Cuajada
	Solicitud de vial	Ligera	Semicuajada	Cuajada	Cuajada
	Solicitud de cimentación	Cuajada	Cuajada	Cuajada	Cuajada
Suelto	Indistintamente	Cuajada	Cuajada	Cuajada	Cuajada

\* Entibación no necesaria en general

La Norma Tecnológica NTE-ADZ/1976 "Acondicionamiento del terreno. Desmontes: Zanjas y pozos", establece el criterio para determinar si el corte en el terreno puede considerarse sin solicitud de cimentación próxima o vial, dándose esta circunstancia cuando se verifique que:

$$P \leq (h + d/2) \text{ ó } P \leq d/2 \text{ respectivamente, (Fig. 7)}$$

Siendo:

P = Profundidad del corte.

h = Profundidad del plano de apoyo de la cimentación próxima. En caso de cimentación con pilotes, h se medirá hasta la cara inferior del encepado.

d = Distancia horizontal desde el borde de coronación del corte a la cimentación o vial.

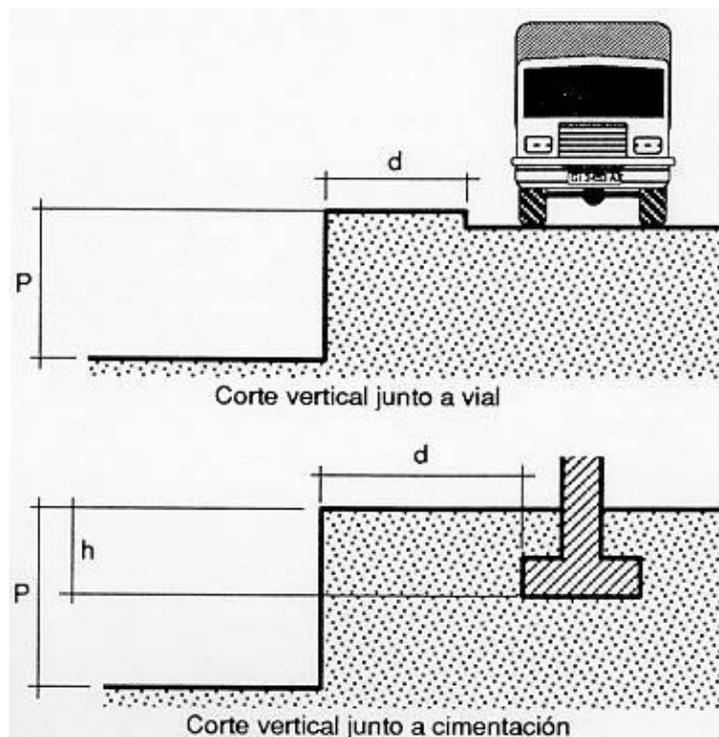


Fig. 7

En algunos casos puede ser interesante emplear una combinación de talud y entibación. (Fig. 8)

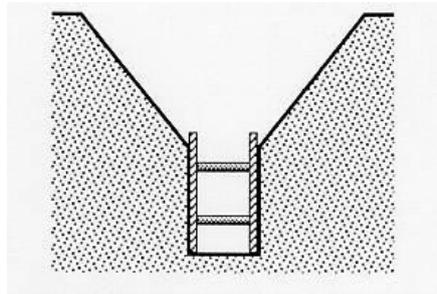


Fig. 8

### Sistemas de entibación usuales

Por entibación se entiende toda fortificación para contención de tierras, realizada generalmente con madera.

#### Entibación con tablas horizontales

Se emplea cuando el corte se lleva a cabo en un terreno con suficiente cohesión que le permite ser autoestable mientras se efectúa la excavación. Mediante la alternancia excavación (0,80 m a 1,30 m) y entibación, se alcanza la profundidad total de la zanja.

(Fig. 9)

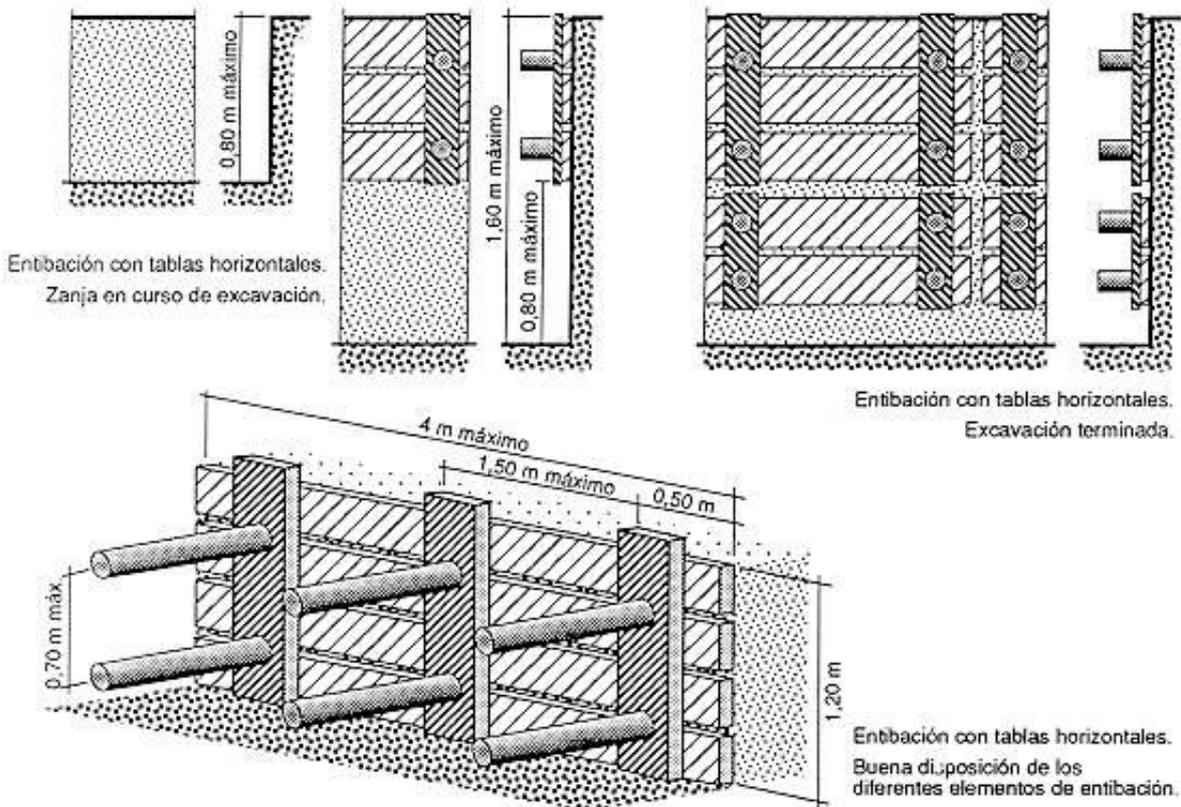


Fig. 9

### Entibación con tablas verticales

Cuando el terreno no presenta la suficiente cohesión o no se tiene garantía de ello, es más aconsejable llevar a cabo la entibación con tablas verticales, que en caso de que el terreno presente una aceptable cohesión y resistencia se excava por secciones sucesivas de hasta 1,50 - 1,80 m de profundidades máximas, en tramos longitudinales variables que en ningún caso deberán pasar de 4 m; y en caso de que el terreno presente poco o ninguna cohesión deberán hincarse las tablas verticales en los citados tramos antes de proceder a la excavación de las tierras alcanzándose la profundidad prevista en sucesivas etapas.

Independientemente de que la entibación se realice con tablas horizontales o verticales, éstas podrán cubrir totalmente las paredes de la excavación (entibación cuajada), el 50% (entibación semicuajada) e incluso menos de esta proporción (entibación ligera).

La Norma Tecnológica NTE-ADZ/1976 permite determinar su empleo en función de la profundidad de excavación, del tipo de terreno y de que exista sollicitación de cimentación o vial (Tabla 6), mediante las tablas nº 7, 8, 9, 10, 11, 12 puede determinarse la separación y grosores de los distintos elementos que constituyen la entibación de los principales casos.

Tabla: 7

ENTIBACION SEMICUAJADA						
↓ E ↓ → q → S		Determinación de la separación vertical S en cm entre ejes de apoyo, en función del grueso mínimo E en mm del Tablero y del empuje total q en kg/cm <sup>2</sup> , o viceversa				
Grueso mínimo del tablero E en mm						Separación vertical S en cm
20	25	30	52	65	76	
0,17	0,27	0,39	1,20	1,87	2,53	30
0,06	0,10	0,14	0,43	0,68	0,92	50
		0,06	0,19	0,30	0,41	75
			0,10	0,16	0,23	100
Grueso mínimo del tablero E en mm						

Tabla 9

ENTIBACION CUAJADA			
↓ E ↓ → q → M		Determinación de la separación horizontal M en cm, en función del grueso mínimo E en mm del tablero y del empuje total q en kg/cm <sup>2</sup> , o viceversa	
Grueso mínimo del tablero E en mm			Separación horizontal M o A en cm
52	65	76	
0,21	0,33	0,46	100
0,13	0,21	0,29	125
0,07	0,15	0,20	150
0,05	0,09	0,15	175
0,03	0,06	0,10	200
Empuje q en kg/cm <sup>2</sup>			



Tabla 8

ENTIBACION SEMICUAJADA				
↓ F ↓ q → S → M		Determinación de las separaciones entre codales, vertical S en cm y horizontal M en cm, en función del grueso mínimo F en mm del cabecero y del empuje total q en kg/cm <sup>2</sup> , o viceversa.		
Grueso mínimo del cabecero F en mm			Separación vertical S + 30 en cm	Separación horizontal M en cm
52	65	76		
0,12	0,20	0,27	50	100
0,08	0,12	0,17	50	125
0,04	0,05	0,12	50	150
	0,05	0,09	50	175
0,10	0,16	0,22	60	100
0,06	0,10	0,14	60	125
	0,07	0,10	60	150
	0,04	0,07	60	175
0,08	0,12	0,18	76	100
0,05	0,08	0,10	75	125
		0,08	75	150
0,07	0,12	0,16	80	100
0,06	0,07	0,10	80	125
	0,05	0,07	80	150
0,06	0,00	0,12	100	100
	0,00	0,08	100	125
0,00	0,00	0,00	100	100
	0,00	0,00	100	125

Empuje q en kg/cm<sup>2</sup>

Tabla 10

ENTIBACION CUAJADA				
↓ F ↓ q → S → M		Determinación de las separaciones entre codales, vertical S en cm y horizontal M en cm, en función del grueso mínimo F en mm del cabecero y del empuje total q en kg/cm <sup>2</sup> , o viceversa.		
Grueso mínimo del cabecero F en mm			Separación vertical S en cm	Separación horizontal M en cm
52	65	76		
0,36	0,56	0,76	30	100
0,20	0,31	0,43	40	
0,12	0,20	0,27	50	
0,09	0,14	0,19	60	
0,26	0,45	0,60	30	125
0,16	0,25	0,34	40	
0,10	0,16	0,22	50	
0,07	0,11	0,15	60	
0,24	0,37	0,50	30	150
0,13	0,21	0,28	40	
0,08	0,13	0,18	50	
0,06	0,09	0,12	60	
0,20	0,32	0,43	30	175
0,11	0,18	0,24	40	
0,07	0,11	0,15	50	
0,05	0,08	0,11	60	
0,18	0,28	0,38	30	200
0,10	0,15	0,21	40	
0,06	0,10	0,13	50	
0,04	0,07	0,09	60	

Empuje q en kg/cm<sup>2</sup>

Tabla 11

ENTIBACION LIGERA				
↓ F ↓ q → S → M		Determinación de las separaciones entre codales, vertical S en cm y horizontal M en cm, en función del grueso mínimo F en mm del cabecero y del empuje total q en kg/cm <sup>2</sup> , o viceversa.		
Grueso mínimo del cabecero F en mm			Separación vertical S en cm	Separación horizontal M en cm
52	65	76		
0,10	0,16	0,23	30	100
0,06	0,10	0,14	30	125
	0,07	0,10	30	150
	0,05	0,07	30	175
		0,05	30	200
0,06	0,10	0,13	50	100
0,04	0,06	0,08	50	125
	0,04	0,06	50	150
		0,04	50	175
0,04	0,06	0,09	75	100
	0,04	0,06	75	125
		0,04	75	150
	0,05	0,06	100	100
		0,04	100	125

Empuje q en kg cm<sup>3</sup>

Tabla 12

ENTIBACIONES CUAJADA, SEMICUAJADA Y LIGERA						
↓ H max ↓ D		Determinación del diámetro mínimo D en cm del codal, de longitud ≤ 2 m, libre de pandeo y de apiastamiento del durmiente, en función del empuje horizontal H en kg que soporta, o viceversa. Siendo en zanjas con entibación: Ligera: H = 1,50 q.M.S. Cujada o semicujada: H = 0,75 q.M.S.				
H max. en kg	1.570	1.900	2.260	2.650	3.080	3.530
D en cm	10	11	12	13	14	15

### Otros sistemas de entibación

Además de los vistos existen otros sistemas que se alejan de los tradicionales, que son seguros frente al riesgo de atrapamiento de personas por desprendimiento de tierras, pero que en general requieren de medios que sólo disponen empresas especializadas, conociéndose con el nombre de entibaciones especiales, tales son el sistema Quillery, el Heidbrader, el Lamers, los que emplean dispositivos deslizantes, etc. Por ser el más accesible al común denominador de las empresas destacaremos aquí el primero de los mencionados.

#### Sistema Quillery

Es aplicable hasta una profundidad recomendable de 3,50 m en terrenos de buena cohesión.

Consiste en unos paneles de revestimiento de longitud 2-2,50 m que se preparan en las proximidades de la zanja y que una vez abierta ésta se introducen en la misma. Si la profundidad sobrepasa los 2-2,50 m se realiza en una primera fase hasta esta profundidad y en una segunda fase se alcanzan los 3,50 m de profundidad máxima recomendable. (Fig. 10)

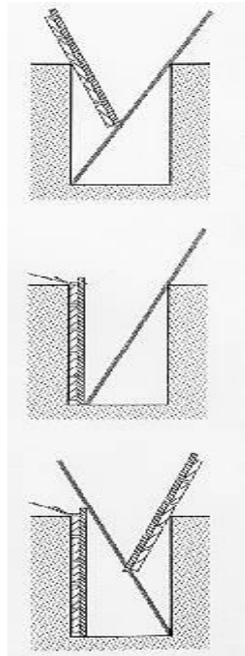


Fig. 10: Colocación de los paneles con ayuda de una pértiga



---

**PROYECTO ADMINISTRATIVO  
PFV EL BARCIAL 3 MW / 3,6 MWp  
Y SU INFRAESTRUCTURA DE EVACUACIÓN**

**DOCUMENTO 6.2: PRESUPUESTO**

Términos Municipales de Zuera (Zaragoza)

---



*En Zaragoza, octubre de 2020*



## ÍNDICE

1	PROTECCIONES INDIVIDUALES .....	2
2	PROTECCIONES COLECTIVAS .....	3
3	PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.....	4
4	PROTECCIÓN INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	4
5	INSTALACIONES DE HIGIENE Y BIENESTAR.....	4
6	MEDICINA PREVENTIVA Y PRIMEROS AUXILIOS.....	5
7	FORMACIÓN Y REUNIONES DE OBLIGADO CUMPLIMIENTO .....	5
8	RESUMEN PRESUPUESTO SEGURIDAD Y SALUD .....	6



## 1 PROTECCIONES INDIVIDUALES

CONCEPTO	UDS	PRECIO UNITARIO (€)	IMPORTE
Chaleco reflectante	30	4,55	136,35 €
Casco de Seguridad con barbuquejo	30	3,24	97,20 €
Gafas antiproyecciones	15	5,22	78,30 €
Mascarilla de papel	60	0,45	27,00 €
Protector Auditivo (tapón)	15	0,63	9,45 €
Protector auditivo (cascos)	15	4,72	70,74 €
Arnés de seguridad	15	45,24	678,65 €
Mono de trabajo	30	18,04	541,08 €
Trajes impermeables	30	7,79	233,55 €
Par de guantes de goma finos	30	2,81	84,24 €
Par de guantes de cuero	30	4,28	128,25 €
Par de guantes anticorte	30	4,61	138,24 €
Par de guantes dieléctricos	6	18,05	108,27 €
Pares de botas de agua	30	18,32	549,45 €
Pares de botas de seguridad	30	13,72	411,48 €
Pares de botas dieléctricas	6	27,09	162,54 €
Pantalla soldador	3	14,69	44,06 €
Gafas sopletero	3	4,91	14,72 €
Pantalla facial	3	6,39	19,17 €
Chaquetas cuero soldador	3	10,12	30,35 €
Pares Manguitos de soldador	3	3,15	9,45 €
Mandil Soldador	3	13,64	40,91 €
<b>TOTAL PROTECCIONES PERSONALES</b>			<b>3.613,44 €</b>



## 2 PROTECCIONES COLECTIVAS

CONCEPTO	UDS	PRECIO UNITARIO (€)	IMPORTE
Mampara antiproyecciones	1	37,05	37,05 €
Cable fiador para sujeción de cinturón en cubiertas y estructuras	30	2,39	71,55 €
Señalización zanja con varilla de 8 mm, 1m y banderola	1.000	0,14	135,00 €
Malla de balizamiento 1m de alto, 50m de largo.	4	22,61	90,43 €
Cinta de balizamiento rollo de 200 m lineales	1	8,22	8,22 €
Señalización y protección de zanjas con chapas en cruces y caminos	20	22,73	454,68 €
Señalización de protección excavación	10	20,03	200,34 €
Señal normalizada de STOP con soporte	10	21,02	210,15 €
Barandilla protección huecos en altura	10	7,06	70,56 €
Carteles indicativos de riesgo con soporte	10	18,41	184,05 €
Carteles indicativos de riesgo sin soporte	10	5,22	52,20 €
Horas mantenimiento y reparación de las protecciones colectivas	60	11,12	666,90 €
<b>TOTAL PROTECCIONES COLECTIVAS</b>			<b>2.181.13 €</b>



### 3 PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

CONCEPTO	UDS	PRECIO UNITARIO (€)	IMPORTE
Extintores de polvo polivalente, incluido el soporte y la colocación	10	47,71	477,09 €
<b>TOTAL EXTINCIÓN DE INCENDIOS</b>			<b>477,09 €</b>

### 4 PROTECCIÓN INSTALACIÓN ELÉCTRICA

CONCEPTO	UDS	PRECIO UNITARIO (€)	IMPORTE
Instalación de puesta a tierra compuesta por cables de cobre y electrodo conectado a tierra.	1	41,54	41,54 €
Armario eléctrico con elementos de protecciones adecuados (diferenciales)	1	463,68	463,68 €
Maquinaria de protección en acceso a cuadro eléctrico de obra formada por soportes de tubos y plataformas de madera, incluido montaje y desmontaje.	1	113,20	113,20 €
<b>TOTAL INSTALACIÓN ELÉCTRICA</b>			<b>618,42 €</b>

### 5 INSTALACIONES DE HIGIENE Y BIENESTAR

CONCEPTO	UDS	PRECIO UNITARIO (€)	IMPORTE
Mes de alquiler de caseta prefabricada para oficina de 6 x 2,40m, incluida la instalación de fuerza y alumbrado	3	81,15	243,46 €
Acometida provisional de electricidad a casetas de obra	1	22,81	22,81 €
Mesa metálica, capacidad 10 personas	1	18,17	18,17 €
Banco de polipropileno para 5 personas con soportes metálicos	2	16,81	33,62 €
Equipo de limpieza y conservación de instalaciones y reposiciones.	6	19,04	114,21 €
Mes de alquiler WC Químico Portátil y mantenimiento.	3	225,70	677,11 €
<b>TOTAL INSTALACIÓN DE HIGIENE Y BIENESTAR</b>			<b>1.109,38 €</b>



## 6 MEDICINA PREVENTIVA Y PRIMEROS AUXILIOS

CONCEPTO	UDS	PRECIO UNITARIO (€)	IMPORTE
Reconocimientos médicos	30	20,86	625,86 €
Botiquín completo	6	83,79	502,74 €
Reposición de material de curas	1	81,16	81,16 €
Día Teléfono móvil de emergencia	30	0,32	9,45 €
<b>TOTAL MEDICINA PREVENTIVA Y PRIMEROS AUXILIOS</b>			<b>1.219,21 €</b>

## 7 FORMACIÓN Y REUNIONES DE OBLIGADO CUMPLIMIENTO

CONCEPTO	UDS	PRECIO UNITARIO (€)	IMPORTE
Horas de formación de seguridad	60	21,18	1.270,62 €
Horas de reuniones de comité de seguridad	12	70,59	847,04 €
Meses de control y asesoramiento de seguridad (Visitas Técnicas de Seguridad)	3	315,72	947,16 €
<b>TOTAL VIGILANCIA Y FORMACIÓN</b>			<b>3.064,82 €</b>



## 8 RESUMEN PRESUPUESTO SEGURIDAD Y SALUD

RESUMEN	IMPORTE
1.- PROTECCIONES INDIVIDUALES	3.613,44 €
2.- PROTECCIONES COLECTIVAS	2.181,13 €
3.- EXTINCIÓN DE INCENDIOS	477,09 €
4.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA	618,42 €
5.- INSTALACIONES DE HIGIENE Y BIENESTAR	1.109,38 €
6.- MEDICINA PREVENTIVA Y PRIMEROS AUXILIOS	1.219,21 €
7.- VIGILANCIA Y FORMACIÓN	3.064,82 €
<b>TOTAL EUROS</b>	<b>12.283,49 €</b>

La suma total del presupuesto de seguridad y salud para el proyecto de ejecución del PFV EL BARCIAL asciende a **DOCE MIL DOSCIENTOS OCHENTA Y TRES EUROS CON CUARENTA Y NUEVE CÉNTIMOS (12.283,49 €)**

Zaragoza, octubre 2020  
Fdo. Pedro Machín Iturria  
Colegiado Nº 2474  
COIIAR



---

**PROYECTO ADMINISTRATIVO**  
**PFV EL BARCIAL 3 MW / 3,6 MWp**  
**Y SU INFRAESTRUCTURA DE EVACUACIÓN**

**DOCUMENTO 6.3: PLIEGO DE CONDICIONES**

Términos Municipales de Zuera (Zaragoza)

---



*En Zaragoza, octubre de 2020*



## ÍNDICE

1	LEGISLACIÓN APLICABLE .....	2
1.1	Aspectos generales .....	2
1.2	Condiciones ambientales .....	3
1.3	Incendios.....	3
1.4	Instalaciones eléctricas .....	3
1.5	Maquinaria .....	4
1.6	Equipos de protección individual (E.P.I) .....	4
1.7	Señalización.....	5
2.	CONDICIONES GENERALES DE LOS MEDIOS DE PROTECCIÓN .....	6
2.1.	Comienzo de las obras.....	6
2.2.	Protecciones personales .....	6
2.2.1.	Prescripción del casco de seguridad no metálico.....	7
2.2.2.	Prescripción del calzado de seguridad.....	9
2.2.3.	Prescripción del protector auditivo .....	10
2.2.4.	Prescripción de guantes de seguridad.....	10
2.2.5.	Prescripción del cinturón de seguridad .....	11
2.2.6.	Prescripción de gafas de seguridad.....	11
2.2.7.	Prescripción de mascarilla antipolvo .....	12
2.2.8.	Prescripción de bota impermeable al agua y a la humedad .....	13
2.2.9.	Prescripción de equipo para soldador.....	14
2.2.10.	Prescripción de guantes aislantes de la electricidad .....	15
2.2.11.	Prescripción de seguridad para la corriente eléctrica de Baja Tensión.....	16
2.2.12.	Prescripción de seguridad para la corriente eléctrica de Alta Tensión.....	17
2.2.13.	Prescripción de Extintores .....	19
2.2.14.	Medios auxiliares de topografía .....	20
2.3.	Protecciones colectivas .....	20
2.4.	Plan de seguridad y salud .....	23
2.5.	Vigilante de seguridad y comité de seguridad e higiene .....	24
2.6.	Instalaciones médicas .....	25
2.7.	Instalaciones de higiene y bienestar.....	25



## 1 LEGISLACIÓN APLICABLE

### 1.1 Aspectos generales

- Reglamento de Seguridad e Higiene en el Trabajo. O.M. 31 de enero de 1940. BOE 3 de febrero de 1940, en vigor capítulo VII
- Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en los Lugares de Trabajo. R.D. 486 de 14 de abril de 1997. BOE 23 de abril de 1997.
- Reglamento de Seguridad e Higiene en el Trabajo en la Industria de la Construcción. O.M. 20 de mayo de 1952. BOE 15 de junio de 1958.
- Prescripciones de Seguridad en la Industria de la Edificación. Convenio O.I.T. 23 de junio de 1937, ratificado el 12 de junio de 1958
- Reglamento de Actividades Molestas, Nocivas, Insalubres y Peligrosas. D. 2414/1961 de 30 de noviembre. BOE 7 de diciembre de 1961.
- Regulación de la Jornada de Trabajo, Jornadas Especiales y Descanso. R.D. 2001/1983 de 28 de Julio. BOE 3 de agosto de 1983
- Establecimiento de Modelos de Notificación de Accidentes de Trabajo. O.M. 16 de diciembre de 1987. BOE 29 de diciembre de 1987.
- Ley de Prevención de Riesgos Laborales. Ley 31/1995 de noviembre. BOE 10 de noviembre de 1995.
- Reglamento de los Servicios de Prevención. R.D. 39/1997 de 17 de enero. BOE 31 de enero de 1997.
- Señalización de Seguridad y Salud en el Trabajo. R.D. 485/1997 de 14 de abril de 1997. BOE 23 de abril de 1997.
- Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en los Centros de Trabajo. R.D. 486/1997 de 14 de abril. BOE 23 de abril de 1997.
- Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud relativas a la Manipulación Manual de Cargas que entrañen Riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores. R.D. 487/1997 de 14 de abril de 1997. BOE 23 de abril de 1997.
- Protección de los trabajadores contra los Riesgos relacionados con la Exposición a Agentes Biológicos durante el trabajo. R.D. 664/1997 de 12 de mayo. BOE de 24 de mayo de 1997.
- Exposición a Agentes Cancerígenos durante el trabajo. R.D. 665/1997 de 12 de mayo. BOE de 24 de mayo de 1997.



- Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud relativas a la Utilización por los trabajadores de Equipos de Protección Individual. R.D. 773/1997 de 30 de mayo. BOE de 12 de junio de 1997.
- Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud para la Utilización por los trabajadores de los Equipos de Trabajo. R.D. 1215/1997 de 18 de Julio. BOE de 7 de agosto de 1997.
- Disposiciones mínimas destinadas a proteger la Seguridad y la Salud de los Trabajadores en las Actividades Mineras. R.D. 1389/1997 de 5 de septiembre. BOE de 7 de octubre de 1997.
- Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las obras de Construcción. R.D. 1627/1997 de 24 de octubre. BOE de 25 de octubre de 1997.

## 1.2 Condiciones ambientales

Protección de los Trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición a ruido durante el trabajo. R.D. 1316/1989 de 27 de octubre. BOE 2 de noviembre de 1989.

## 1.3 Incendios

Norma Básica Edificaciones N.B.E. - C.P.I. / 96. Ordenanzas Municipales.

## 1.4 Instalaciones eléctricas

- Reglamento de Líneas Aéreas de Alta Tensión. D. 3151/1968 de 28 de noviembre. BOE 27 de diciembre de 1968. Rectificado: BOE 8 de marzo de 1969.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión. D. 2413/1973 de 20 de septiembre. BOE 9 de octubre de 1973.
- Instrucciones Técnicas Complementarias.
- R.D. 3275/82, de 12 de noviembre, sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.
- Orden de 18 de octubre de 1984, por las que se aprueban las ITC de Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.
- R.D. 614/2.001, de 8 de junio, sobre protección de la salud y seguridad de los trabajadores delante del riesgo eléctrico.



## 1.5 Maquinaria

- Reglamento de Recipientes a Presión. D. 16 de agosto de 1969. BOE 28 de octubre de 1969. Modificaciones: BOE 17 de febrero de 1972 y 13 de marzo de 1972.
- Reglamento de Aparatos Elevadores para obras. O.M. 23 de mayo de 1977. BOE 14 de junio de 1977. Modificaciones: BOE 7 de marzo de 1981 y 16 de noviembre de 1981.
- Reglamento de Seguridad en las Máquinas. R.D. 1495/1986 de 26 de mayo. BOE 21 de Julio de 1986. Correcciones: BOE 4 de octubre de 1986.
- Aplicación Directiva del Consejo 89/392/CEE, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estado Miembros, sobre máquinas R.D. 1435/1992 de 20 de enero. BOE 8 de febrero de 1995.
- ITC - MIE - AEM2: Grúas Torre desmontables para obras. O. 28 de junio de 1988. BOE 7 de Julio de 1988. Modificación: O. 16 de abril de 1990. BOE 24 de abril de 1990.
- ITC - MIE - AEM3: Carretas Automotrices de manutención. O. 26 de mayo de 1989. BOE 9 de junio de 1989.
- ITC - MIE - MSG1: Máquinas, Elementos de Máquinas o Sistemas de Protección utilizados. O. 8 de abril de 1991. BOE 11 de abril de 1991.
- ITC - MIE AEM4: Grúas móviles.
- Orden de 23 de mayo de 1977, por la que se aprueba el Reglamento de Aparatos Elevadores para Obra.

## 1.6 Equipos de protección individual (E.P.I)

- Comercialización y Libre Circulación intracomunitaria de los Equipos de Protección Individual. R.D. 1407/1992 de 20 de noviembre.
- BOE 28 de diciembre de 1992. Modificado por O.M. de 16 de mayo de 1994 y por R.D. 159/1995 de 3 de febrero.
- BOE 8 de marzo de 1995. Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud relativas a la Utilización por los Trabajadores de Equipos de Protección Individual. R.D. 773/1997 de 30 de mayo de 1997.



## 1.7 Señalización

- Disposiciones Mínimas en Materia de Señalización de Seguridad y Salud en el Trabajo. R.D. 485/1997. BOE 14 de abril de 1997.



## 2. CONDICIONES GENERALES DE LOS MEDIOS DE PROTECCIÓN

### 2.1. Comienzo de las obras

Deberá señalarse en el Libro de Órdenes Oficial, la fecha de comienzo de obra, que quedará refrendada con las firmas del Director de Obra, del Jefe de Obra del contratista y de un representante de la Propiedad.

Asimismo, y antes de comenzar las obras, deben supervisarse las prendas y los elementos de protección individual o colectiva para ver si su estado de conservación y sus condiciones de utilización son óptimos. En caso contrario se desecharán adquiriendo el Contratista otros nuevos.

Todos los elementos de protección personal se ajustarán a las normas de homologación de Ministerio de Trabajo (O.M 15.7.74). Además, y antes de comenzar las obras, el área de trabajo debe mantenerse libre de obstáculos e incluso si han de producirse excavaciones, regarla ligeramente para evitar la producción de polvo. Por la noche debe instalarse una iluminación suficiente (del orden de 120 lux en las zonas de trabajo, y de 10 lux en el resto), cuando se ejerciten trabajos nocturnos. Cuando no se ejerciten trabajos durante la noche deberá mantenerse al menos una iluminación mínima en el conjunto con objeto de detectar posibles peligros y para observar correctamente todas las señales de aviso y de protección.

De no ser así, deben señalar todos los obstáculos indicando claramente sus características como la tensión de una línea eléctrica, la importancia del tráfico en una carretera, etc. e instruir convenientemente a sus operarios. Especialmente al personal que maneja la maquinaria de obra debe tener muy advertido el peligro que representan las líneas eléctricas y que en ningún caso podrá acercarse con ningún elemento de las máquinas a menos de 2 m (sí la línea es superior a los 50.000 voltios la distancia mínima será de 4 m).

Todos los cruces subterráneos, y muy especialmente los de energía eléctrica deben quedar perfectamente señalizados sin olvidar su cota de profundidad.

### 2.2. Protecciones personales

Todas las prendas de protección individual de los operarios o elementos de protección colectiva tendrán fijado un período de vida útil, desechándose a su término.



Todo elemento de protección personal se ajustará a la Normas Técnicas Reglamentarias MT, de homologación del Ministerio de Trabajo (O.M. 17.5.74) (B.O.E 19-5- 1974), siempre que exista Norma. En los casos que no exista Norma de Homologación oficial, serán de calidad adecuada a las prestaciones respectivas que se les pide para lo que se pedirá al fabricante informe de los ensayos realizados. Cuando por circunstancias del trabajo se produzca un deterioro más rápido en una determinada prenda o equipo, se repondrá ésta, independientemente de la duración prevista o fecha de entrega. Toda prenda o equipo de protección que haya sufrido un trato límite, es decir, el máximo para el que fue concebido, por ejemplo por un accidente, será desechado y reemplazado al momento. Aquellas prendas que por su uso hayan adquirido más holguras o tolerancias de las admitidas por el fabricante, serán reemplazadas inmediatamente. Toda prenda o equipo de protección individual, y todo elemento de protección colectiva, estará adecuadamente concebido y suficientemente acabado para su uso y nunca representará un riesgo o daño en sí mismo. Se considera imprescindible el uso de los útiles de protección indicados en el apartado 1.4.1 de la Memoria cuyas prescripciones se exponen seguidamente.

### 2.2.1. Prescripción del casco de seguridad no metálico

Los cascos utilizados por los operarios pueden ser: Clase N, cascos de uso normal, aislantes para baja tensión (1.000 V), o Clase E, distinguiéndose E-AT aislantes para alta tensión (25.000 V), y la clase E-B resistentes a muy baja temperatura (-15°).

El casco constará de casquete, que define la forma general del casco y éste, a su vez, de la parte superior o copa, una parte más alta de la copa, y al borde que se extiende a lo largo del contorno de la base de la copa. La parte del ala situada por encima de la cara podrá ser más ancha, constituyendo la visera.

El arnés o atalaje es el elemento de sujeción que sostendrá el casquete sobre la cabeza del usuario. Se distinguirá lo que sigue: Banda de contorno, parte del arnés que abraza la cabeza y banda de amortiguación, y parte del arnés en contacto con la bóveda craneana. Entre los accesorios señalaremos al barboquejo, o cinta de sujeción, ajustable, que pasa por debajo de la barbilla y se fija en dos o más puntos. Los accesorios nunca restarán eficacia al casco. La luz libre, distancia entre la parte interna de la cima de la copa y la parte superior del atalaje, siempre será superior a 21 milímetros. La altura del arnés, medida desde el borde inferior de la banda de contorno



a la zona más alta del mismo, variará de 75 milímetros a 87 milímetros, de la menor a la mayor talla posible.

La masa del casco completo, determinada en condiciones normales y excluidos los accesorios, no sobrepasará en ningún caso los 450 gramos. La anchura de la banda de contorno será como mínimo de 25 milímetros.

Los cascos serán fabricados con materiales incombustibles y resistentes a las grasas, sales y elementos atmosféricos. Las partes que se hallen en contacto con la cabeza del usuario no afectarán a la piel y se confeccionarán con material rígido, hidrófugo y de fácil limpieza y desinfección.

El casquete tendrá superficie lisa, con o sin nervaduras, bordes redondeados y carecerá de aristas y resaltes peligrosos, tanto exterior como interiormente. No presentará rugosidades, hendiduras, burbujas ni defectos que mermen las características resistentes y protectoras del mismo. Ni las zonas de unión ni el atalaje en sí causarán daño o ejercerán presiones incómodas sobre la cabeza del usuario.

Entre casquete y atalaje quedará un espacio de aireación que no será inferior a cinco milímetros, excepto en la zona de acoplamiento arnés-casquete. El modelo tipo habrá sido sometido al ensayo de choque, mediante percutor de acero, sin que ninguna parte del arnés o casquete presente rotura. También habrá sido sometido al ensayo de perforación, mediante punzón de acero, sin que la penetración pueda sobrepasar los ocho milímetros. Ensayo de resistencia a la llama, sin que llamee más de quince segundos o goteen. Ensayo eléctrico sometido a una tensión de dos kilovoltios, 5 Hz, tres segundos, la corriente de fuga no podrá ser superior a tres mA, en el ensayo de perforación elevando la tensión a 2 kV, quince segundos, tampoco la corriente de fuga sobrepasará los tres mA.

En el caso del casco clase E-AT, las tensiones de ensayo al aislamiento y a la perforación serán de 25 kV y de 30 kV respectivamente. En ambos casos la corriente de fuga no podrá ser superior a 10 mA.

En el caso del casco clase E-B, en el modelo tipo, se realizarán los ensayos de choque y perforación, con buenos resultados habiéndose acondicionado éste a -15 + 2°C. Todos los cascos que se utilicen por los operarios estarán homologados por las especificaciones y ensayos contenidos en la Norma Técnica Reglamentaria MT-1, Resolución de la Dirección General de Trabajo del 14.12.74.



### 2.2.2. Prescripción del calzado de seguridad

El calzado de seguridad que utilizarán los operarios, serán botas de seguridad clase III. Es decir, provistas de puntera metálica de seguridad para protección de los dedos de los pies contra los riesgos debidos a caídas de objetos, golpes y aplastamientos, y suelo de seguridad para protección de las plantas de los pies contra pinchazos.

La bota deberá cubrir convenientemente el pie y sujetarse al mismo, permitiendo desarrollar un movimiento adecuado al trabajo. Carecerá de imperfecciones y estará tratada para evitar deterioros por agua o humedad. El forro y demás partes internas no producirán efectos nocivos, permitiendo, en lo posible, la transpiración. Su peso no sobrepasará los 800 gramos. Llevará refuerzos amortiguadores de material elástico. Tanto la puntera como la suela de seguridad deberán formar parte integrante de la bota, no pudiéndose separar sin que ésta quede destruida. El material será apropiado a las prestaciones de uso, carecerá de rebabas y aristas y estará montado de forma que no entrañe por sí mismo riesgo, ni cause daños al usuario.

Todos los elementos metálicos que tengan función protectora serán resistentes a la corrosión. El modelo tipo sufrirá un ensayo de resistencia al aplastamiento sobre la puntera hasta los 1.500 kg (14.715 N) y la luz libre durante la prueba será superior a 15 milímetros, no sufriendo rotura.

También se ensayarán al impacto, manteniéndose una luz libre mínima y no apreciándose rotura. El ensayo de perforación se hará mediante punzón con fuerza mínima de perforación de 110 kgf (1.079 N), sobre la suela, sin que se aprecie perforación.

Mediante flexómetro, que permita variar el ángulo formado por la suela y el tacón, de 0º a 60º, con frecuencia de 300 ciclos por minuto y hasta 10.000 ciclos, se hará el ensayo de plegado. No se deberá observar ni roturas, ni grietas o alteraciones.

El ensayo de corrosión se realizará en cámara de niebla salina, manteniéndose durante el tiempo de prueba, y sin que presente signos de corrosión. Todas las botas de seguridad clase III que se utilicen por los operarios estarán homologadas por las especificaciones y ensayos contenidos en la Norma Técnica Reglamentaria MT-5, Resolución de la Dirección General de Trabajo del 31.1.1980.



### 2.2.3. Prescripción del protector auditivo

El protector auditivo que utilizarán los operarios, será como mínimo clase E. Es una protección personal utilizada para reducir el nivel de ruido que percibe el operario cuando está situado en ambiente ruidoso. Consiste en dos casquetes que ajustan convenientemente a cada lado de la cabeza por medio de elementos almohadillados, quedando el pabellón externo de los oídos en el interior de los mismos, y el sistema de sujeción por arnés.

El modelo tipo habrá sido probado por un escucha, es decir, persona con una pérdida de audición no mayor de 10 dB, respecto de un audiograma normal en cada uno de los oídos y para una de las frecuencias de ensayo.

Se definirá el umbral de referencia como el nivel mínimo de presión sonora capaz de producir una sensación auditiva en el escucha situado en el lugar de ensayo y sin protector auditivo. El umbral de ensayo será el nivel mínimo de presión sonora capaz de producir sensación auditiva en el escucha en el lugar de prueba y con el protector auditivo tipo colocado, y sometido a prueba. La atenuación será la diferencia expresada en decibelios, entre el umbral de ensayo y el umbral de referencia.

Como señales de ensayo para realizar la medida de atenuación en el umbral se utilizarán tonos puros de las frecuencias que siguen: 125, 250, 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 6000 y 8000 Hz. Los protectores auditivos de clase E cumplirán lo que sigue: para frecuencias bajas de 250 Hz, la suma mínima de atenuación será 10 dB. Para frecuencias medias de 500 a 4.000 Hz, la atenuación mínima de 20 dB, y la suma mínima de atenuación 95 dB. Para frecuencias altas de 6.000 y 8.000 Hz, la suma mínima de atenuación será 35 dB. Todos los protectores auditivos que se utilicen por los operarios estarán homologados por los ensayos contenidos en la Norma Técnica Reglamentaria MT-2, Resolución de la dirección General de Trabajo del 28.6.1975.

### 2.2.4. Prescripción de guantes de seguridad

Los guantes de seguridad utilizados por los operarios, serán de uso general anticorte, antipinchazos y antierosiones para el manejo de materiales, objetos y herramientas. Estarán confeccionados con materiales naturales o sintéticos, no rígidos, impermeables a los agentes agresivos de uso común y de características mecánicas adecuadas. Carecerán de orificios, grietas o cualquier deformación o imperfección que merme sus propiedades. Se adaptarán a la configuración de las manos haciendo confortable su uso. No serán en ningún caso ambidextros.



La talla, medida del perímetro del contorno del guante a la altura de la base de los dedos, será la adecuada al operario. La longitud, distancia expresada en milímetros, desde la punta del medio o corazón hasta el filo del guante, o sea límite de la manga, será en general de 320 milímetros o menos. Es decir, los guantes, en general, serán cortos, excepto en aquellos casos que por trabajos especiales haya que utilizar los medios, 320 milímetros a 430 milímetros, o largos, mayores de 430 milímetros. Los materiales que entren en su composición y formación nunca producirán dermatosis.

#### *2.2.5. Prescripción del cinturón de seguridad*

Los cinturones de seguridad empleados por los operarios, serán cinturones de sujeción clase A, tipo 2. Es decir, cinturón de seguridad utilizado por el usuario para sostenerle a un punto de anclaje anulando la posibilidad de caída libre. Estará constituido por una faja y un elemento de amarre, estando provisto de dos zonas de conexión. Podrá ser utilizado abrazando el elemento de amarre a una estructura.

La faja estará confeccionada con materiales flexibles que carezcan de empalmes y deshilachaduras. Los cantos o bordes no deben tener aristas vivas que puedan causar molestias. La inserción de elementos metálicos no ejercerá presión directa sobre el usuario. Todos los elementos metálicos, hebillas, argollas en S y mosquetón, sufrirán en el modelo tipo, un ensayo a la tracción de 700 kgf (6.867 N) y una carga de rotura no inferior a 1.000 kgf (9.810 N). Serán también resistentes a la corrosión. La faja sufrirá ensayo de tracción, flexión, al encogimiento y al rasgado.

Si el elemento de amarre fuese una cuerda, será de fibra natural, artificial o mixta, de trenzado y diámetro uniforme, mínimo 10 milímetros, y carecerá de imperfecciones. Si fuese una banda debe carecer de empalmes y no tendrá aristas vivas. Este elemento de amarre también sufrirá ensayo a la tracción en el modelo tipo.

#### *2.2.6. Prescripción de gafas de seguridad*

Las gafas de seguridad que utilizarán los operarios serán gafas de montura universal contra impactos, como mínimo clase A, siendo convenientes de clase D.

Las gafas deberán cumplir los requisitos que siguen. Serán ligeras de peso y de buen acabado, no existiendo rebabas ni aristas cortantes o punzantes. Podrán limpiarse fácilmente y tolerarán desinfecciones periódicas sin merma de sus prestaciones. No existirán huecos libres en el ajuste de los oculares a la montura.



Dispondrán de aireación suficiente para evitar en lo posible el empañamiento de los oculares en condiciones normales de uso.

Todas las piezas o elementos metálicos, en el modelo tipo, se someterán a ensayo de corrosión, no debiendo observarse la aparición de puntos apreciables de corrosión. Los materiales no metálicos que entren en su fabricación no deberán inflamarse al someterse a un ensayo de 500°C de temperatura y sometidos a la llama la velocidad de combustión no será superior a 60 m/minuto. Los oculares estarán firmemente fijados en la montura, no debiendo desprenderse a consecuencia de un impacto de bola de acero de 44 gramos de masa, desde 130 cm de altura, repetido tres veces consecutivas.

Los oculares estarán contruidos en cualquier material de uso oftálmico, con tal que soporte las pruebas correspondientes. Tendrán buen acabado, y no presentarán defectos superficiales o estructurales que puedan alterar la visión normal del usuario. El valor de la transmisión media al visible, medida con espectrofotómetro, será superior al 89.

Si el modelo tipo supera la prueba al impacto de bola de acero de 44 gramos, desde una altura de 130 cm, repetido tres veces, será de clase A. Sí supera la prueba de impactos de punzón, será clase B. Si superase el impacto a perdigones de plomo de 4,5 milímetros de diámetros clase C. En el caso que supere todas las pruebas citadas se clasificarán como clase D.

Todas las gafas de seguridad que se utilicen por los operarios estarán homologadas por las especificaciones y ensayos contenidos en la Norma Técnica Reglamentaria MT-16, Resolución de la Dirección General de Trabajo del 14.6.1978.

### *2.2.7. Prescripción de mascarilla antipolvo*

La mascarilla antipolvo que emplearán los operarios estará homologada. La mascarilla antipolvo es un adaptador facial que cubre las entradas a las vías respiratorias, siendo sometido el aire del medio ambiente, antes de su inhalación por el usuario, a una filtración de tipo mecánico.

Los materiales constituyentes del cuerpo de la mascarilla podrán ser metálicos, elastómeros o plásticos, con las características que siguen. No producirán dermatosis y su olor no podrá ser causa de trastornos en el trabajador. Serán incombustibles o de combustión lenta. Los arneses podrán ser cintas portadoras; los materiales de las cintas serán de tipo elastómero y tendrán las características



expuestas anteriormente. Las mascarillas podrán ser de diversas tallas, pero en cualquier caso tendrán unas dimensiones tales que cubran perfectamente las entradas a las vías respiratorias. La pieza de conexión, parte destinada a acoplar el filtro, en su acoplamiento no presentará fugas.

La válvula de inhalación, su fuga no podrá ser superior a 2.400 ml/minuto a la exhalación, y su pérdida de carga a la inhalación no podrá ser superior a 25 milímetros de columna de agua (238 Pa). En las válvulas de exhalación su fuga a la inhalación no podrá ser superior a 40 m1/minuto, y su pérdida de carga a la exhalación no será superior a 25 milímetros de columna de agua (238 Pa). El cuerpo de la mascarilla ofrecerá un buen ajuste con la cara del usuario y sus uniones con los distintos elementos constitutivos cerrarán herméticamente.

Todas las mascarillas antipolvo que se utilicen por los operarios estarán, como se ha dicho, homologadas por las especificaciones y ensayos contenidos en la Norma Técnica Reglamentaria MT-7, Resolución de la Dirección General de Trabajo del 28.7.1975.

#### *2.2.8. Prescripción de bota impermeable al agua y a la humedad*

Las botas impermeables al agua y a la humedad que utilizarán los operarios, será Clase N, pudiéndose emplear también la clase E. La bota impermeable deberá cubrir convenientemente el pie y, como mínimo, al tercio inferior de la pierna, permitiendo al usuario desarrollar el movimiento adecuado al andar en la mayoría de los trabajos.

La bota impermeable deberá confeccionarse con caucho natural o sintético y otros productos sintéticos, no rígidos, y siempre que no afecten a la piel del usuario.

Asimismo, carecerán de imperfecciones o deformaciones que mermen sus propiedades, así como de orificios, cuerpos extraños u otros defectos que puedan mermar su funcionalidad.

Los materiales de la suela y tacón deberán poseer unas características adherentes tales que eviten deslizamientos, tanto en suelos secos como en aquellos que estén afectados por el agua.

El material de la bota tendrá unas propiedades tales que impidan el paso de la humedad ambiente hacia el interior.

La bota impermeable se fabricará, a ser posible, en una sola pieza, pudiéndose adoptar un sistema de cierre diseñado de forma que la bota permanezca estanca.



Podrán confeccionarse con soporte o sin él, sin forro o bien forradas anteriormente, con una o más capas de tejido no absorbente, que no produzca efectos nocivos en el usuario.

La superficie de la suela y el tacón, destinada a tomar contacto con el suelo, estará provista de resaltes y hendiduras, abiertos hacia los extremos para facilitar la eliminación de material adherido.

Las botas impermeables serán lo suficientemente flexibles para no causar molestias al usuario, debiendo diseñarse de forma que sean fáciles de calzar. Cuando el sistema de cierra o cualquier otro accesorio sea metálico deberá ser resistentes a la corrosión.

El espesor de la caña deberá ser lo más homogéneo posible, evitándose irregularidades que puedan alterar su calidad, funcionalidad y prestaciones. El modelo tipo se someterá a ensayos de envejecimiento en caliente, envejecimiento en frío, de humedad, de impermeabilidad y de perforación con punzón, debiendo de superarlos.

Todas las botas impermeables, utilizadas por los operarios, deberán estar homologadas de acuerdo con las especificaciones y ensayos de la Norma Técnica Reglamentaria M-27, Resolución de la Dirección General de Trabajo del 3.12.1981.

#### *2.2.9. Prescripción de equipo para soldador*

El equipo de soldador que utilizarán los soldadores, será de elementos homologados, el que lo esté, y los que no lo estén los adecuados del mercado para su función específica. El equipo estará compuesto por los elementos que siguen. Pantalla de soldador, mandil de cuero, par de manguitos, par de polainas, y par de guantes para soldador.

La pantalla será metálica, de la adecuada robustez para proteger al soldador de chispas, esquirlas, escorias y proyecciones de metal fundido. Estará provista de filtros especiales para la intensidad de las radiaciones a las que ha de hacer frente. Se podrá poner cristales de protección mecánica, contra impactos, que podrán ser cubrefiltros o antecristales. Los cubrefiltros preservarán a los filtros de los riesgos mecánicos, prolongando así su vida. La misión de los antecristales es la de proteger los ojos del usuario de los riesgos derivados de las posibles roturas que pueda sufrir el filtro, y en aquellas operaciones laborales en las que no es necesario el uso de filtro, como descascarillado de la soldadura o picado de la escoria. Los antecristales irán situados entre el filtro y los ojos del usuario.



El mandil, manguitos, polainas y guantes, estarán realizados en cuero o material sintético, incombustible, flexible y resistente a los impactos de partículas metálicas, fundidas o sólidas. Serán cómodos para el usuario, no producirán dermatosis y por sí mismos nunca supondrán un riesgo.

Los elementos homologados, lo estarán en virtud a que el modelo tipo habrá superado las especificaciones y ensayos de las Normas Técnicas Reglamentarias MT-3, MT-19, Resoluciones de la Dirección General de Trabajo.

#### *2.2.10. Prescripción de guantes aislantes de la electricidad*

Los guantes aislantes de la electricidad que utilizarán los operarios, serán para actuación sobre instalaciones de baja tensión hasta 1.000 V o para maniobra de instalación alta tensión hasta 30.000 V.

En los guantes se podrá emplear como materia prima en su fabricación caucho de alta calidad, natural o sintético o cualquier otro material de similares características aislantes y mecánicas, pudiendo llevar o no un revestimiento interior de fibras textiles naturales. En caso de guantes que posean dicho revestimiento, éste recubrirá la totalidad de la superficie interior del guante. Carecerán de costuras, grietas o cualquier deformación o imperfección que merme sus propiedades.

Podrán utilizarse colorantes y otros aditivos en el proceso de fabricación, siempre que no disminuyan sus características ni produzcan dermatosis.

Se adaptarán a la configuración de las manos, haciendo confortable su uso. No serán en ningún caso ambidextros.

Los aislantes de baja tensión serán guantes normales, con longitud desde la punta del dedo medio o corazón al filo del guante menor o igual a 430 milímetros. Los aislantes de alta tensión serán largos, mayor la longitud de 430 milímetros. El espesor será variable, según los diversos puntos del guante, pero el máximo admitido será de 2,6 milímetros.

En el modelo tipo, la resistencia a la tracción no será inferior a 110 kg/cm<sup>2</sup>, el alargamiento a la rotura no será inferior a 600 por 100 y la deformación permanente no será superior al 18 por ciento. Serán sometidos a prueba de envejecimiento, después de la cual mantendrán como mínimo el 80 por 100 del valor de sus características mecánicas y conservarán las propiedades eléctricas que se indican. Los guantes de baja tensión tendrán una corriente de fuga de 8 mA sometidos a una tensión de 5.000 V y una tensión de perforación de 6.500 V, todo ello medido con una fuente de



frecuencia de 50 Hz. Los guantes de alta tensión tendrán una corriente de fuga de 20 mA a una tensión de prueba de 30.000 V y una tensión de perforación de 35.000 V.

Todos los guantes aislantes de la electricidad empleados por los operarios estarán homologados, según las especificaciones y ensayos de la Norma Técnica Reglamentaria MT-4, Resolución de la Dirección General de Trabajo del 28.7.1975.

### *2.2.11. Prescripción de seguridad para la corriente eléctrica de Baja Tensión*

No hay que olvidar que está demostrado estadísticamente, que el mayor número de accidentes eléctricos se produce por la corriente alterna de baja tensión. Por ello, los operarios se protegerán de la corriente de baja tensión por todos los medios que siguen.

No acercándose a ningún elemento de baja tensión, manteniéndose a una distancia de 0,50 m, si no es con las protecciones adecuadas, gafas de protección, casco, guantes aislantes y herramientas precisamente protegidas para trabajar a baja tensión. Si se sospechase que el elemento está bajo alta tensión, mientras el Contratista adjudicatario averigua oficial y exactamente la tensión a que está sometido, se obligará, con señalización adecuada, a los operarios y las herramientas por ellos utilizados a mantenerse a una distancia no menor de 4 m.

Caso de que la obra se interfiera con una línea aérea de baja tensión, y no se pudiera retirar ésta, se montarán los correspondientes pórticos de protección manteniéndose el dintel del pórtico en todas las direcciones a una distancia mínima de los conductores de 0.50 m.

Las protecciones contra contactos indirectos se conseguirán combinando adecuadamente las Instrucciones Técnicas Complementarias MT BT, 039, 031 y 044 del Reglamento Electrotécnico para baja Tensión (esta última citada se corresponde con la norma UNE 20383-75)

Se combina, en suma, la toma de tierra de todas las masas posibles con los interruptores diferenciales, de tal manera que en el ambiente exterior de la obra, posiblemente húmedo en ocasiones ninguna masa tome nunca una tensión igual o superior a 24 Voltios. La tierra se obtiene mediante unas picas de acero recubierto de cobre, de diámetro mínimo 14 milímetros y longitud mínima 2 metros. Caso de varias picas, la distancia entre ellas será como mínimo vez y media su longitud, y siempre sus cabezas quedarán 50 centímetros por debajo del suelo. Si son varias estarán unidas en paralelo. El conductor será cobre de 35 milímetros cuadrados de sección. La



toma de tierra así obtenida tendrá una resistencia inferior a los 20 ohmios. Se conectará a las tomas de tierra de todos los cuadros generales de obra de baja tensión. Todas las masas posibles deberán quedar conectadas a tierra.

Todas las salidas de alumbrado, de los cuadros generales de obra de baja tensión, estarán dotadas con interruptor diferencial de 30 mA de sensibilidad, y todas las salidas de fuerza, de dichos cuadros, estarán dotadas con interruptor diferencial de 300 mA de sensibilidad.

La toma de tierra se volverá a medir en la época más seca del año.

### *2.2.12. Prescripción de seguridad para la corriente eléctrica de Alta Tensión*

Dada la suma gravedad que casi siempre supone un accidente con corriente eléctrica de alta tensión, siempre que un elemento con alta tensión intervenga, o como parte de la obra, o se interfiera con ella, el contratista adjudicatario queda obligado a enterarse oficial y exactamente de la tensión. Se dirigirá para ello a la compañía distribuidora de electricidad o a la entidad propietaria del elemento con tensión.

En función de la tensión averiguada, se considerarán distancias mínimas de seguridad, para los trabajos en la proximidad de instalaciones en tensión medidas entre el punto más próximo con tensión y cualquier parte extrema del cuerpo del operario o de las herramientas por él utilizadas, las que siguen:

- |  |        |
|--|--------|
| - Tensiones desde 1 a 18 kV                | 0,50 m |
| - Tensiones mayores de 18 kV hasta 35 kV   | 0,70 m |
| - Tensiones mayores de 35 kV hasta 80 kV   | 1,30 m |
| - Tensiones mayores de 80 kV hasta 140 kV  | 2,00 m |
| - Tensiones mayores de 140 kV hasta 250 kV | 3,00 m |
| - Tensiones mayores de 250 kV              | 4,00 m |

Caso que la obra se interfiriera con una línea aérea de alta tensión, se montarán los pórticos de protección, manteniéndose el dintel del pórtico en todas las direcciones a una distancia mínima de los conductores de 4 m.

Si esta distancia de 4 m no permitiera mantener por debajo del dintel el paso de vehículos y de operario, se atenderá a la tabla dada anteriormente. En los casos que haya que atravesar por debajo de la catenaria, la distancia medida en todas las direcciones, y más desfavorables, del dintel a los conductores de contacto, no será inferior a 0,50 m. Se fijará el dintel, manteniendo los mínimos dichos, lo más bajo posible, pero de tal manera que permita el paso de vehículos de obra.



Los trabajos en instalaciones de alta tensión se realizarán, siempre, por personal especializado, y al menos por dos personas para que puedan auxiliarse. Se adoptarán las precauciones que siguen:

- Abrir con corte visible todas las fuentes de tensión, mediante interruptores y seccionadores que aseguren la imposibilidad de su cierre intempestivo.
- Enclavamiento o bloqueo, si es posible, de los aparatos de corte.
- Reconocimiento de la ausencia de tensión.
- Poner a tierra y en cortocircuito todas las posibles fuentes de tensión.
- Colocar las señales de seguridad adecuadas delimitando la zona de trabajo.
- Para la reposición de fusibles de alta tensión se observarán, como mínimo, los apartados anteriores.

En trabajos y maniobras en seccionadores e interruptores, se seguirán las siguientes normas:

Para el aislamiento del personal se emplearán los siguientes elementos:

Si los aparatos de corte se accionan mecánicamente, se adoptarán precauciones para evitar su funcionamiento intempestivo. En los mandos de los aparatos de corte, se colocarán letreros que indiquen, cuando proceda, que no puede maniobrarse.

En trabajos y maniobras en transformadores, se actuará como sigue:

El secundario del transformador deberá estar siempre cerrado o en cortocircuito, cuidando que nunca quede abierto. Si se manipulan aceites se tendrán a mano los elementos de extinción. Si el trabajo es en celda, con instalación fija, contra incendios, estará dispuesta para su accionamiento manual. Cuando el trabajo se efectúe en el propio transformador estará bloqueada para evitar que su funcionamiento imprevisto pueda ocasionar accidentes a los trabajadores situados en su cuba.

Una vez separado el condensador o una batería de condensadores estáticos de su fuente de alimentación mediante corte visible, antes de trabajar en ellos, deberán ponerse en cortocircuito y a tierra, esperando lo necesario para su descarga.

En los alternadores, motores asíncronos, dinamos y motores eléctricos, antes de manipular en el interior de una máquina se comprobará lo que sigue:

- Que la máquina está parada.
- Que las bornas de salida están en cortocircuito y a tierra.
- Que la protección contra incendios está bloqueada.



- Que están retirados los fusibles de la alimentación del rotor, cuando éste mantenga en tensión permanente la máquina.
- Que la atmósfera no es inflamable o explosiva

Quedará prohibido abrir o retirar los resguardos de protección de las celdas de una instalación de alta tensión, antes de dejar sin tensión los conductores y aparatos contenidos en ellas. Recíprocamente, se prohíbe dar tensión sin cerrarla previamente con el resguardo de protección.

Solo se establecerá el servicio de una instalación eléctrica de alta tensión, cuando se tenga la completa seguridad de que no queda nadie trabajando en ella.

Las operaciones que conducen a la puesta de servicio se harán en el orden que sigue:

En el lugar de trabajo, se retirarán las puestas a tierra y el material de protección complementario, y el jefe del trabajo, después del último reconocimiento, dará aviso de que el mismo ha concluido.

En el origen de la alimentación, recibida la comunicación de que se ha terminado el trabajo, se retirará el material de señalización y se desbloquearán los aparatos de corte y maniobra.

Cuando por necesidades de obra sea preciso montar equipos de alta tensión, tales como líneas de alta tensión y transformador de potencia, necesitando darles tensión, se pondrá el debido cuidado en cumplir el Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación y especialmente sus instrucciones Técnicas Complementarias MIE-RAT 09 y 13.

### *2.2.13. Prescripción de Extintores*

Los extintores de incendio, emplazados en la obra, estarán fabricados con acero de alta embutibilidad y alta soldabilidad. Se encontrarán bien acabados y terminados, sin rebabas, de tal manera que su manipulación nunca suponga un riesgo por sí misma.

Los extintores estarán esmaltados en color rojo, llevarán soporte para su anclaje y dotados con manómetro. La simple observación de la presión del manómetro permitirá comprobar el estado de su carga. Se revisarán periódicamente y como máximo cada seis meses.



El recipiente del extintor cumplirá el Reglamento de Aparatos a Presión, Real Decreto 1244/1979 del 4 de Abril de 1979 (B.O.E. 29-5-1979).

Los extintores estarán visiblemente localizados en lugares donde tengan fácil acceso y estén en disposición de uso inmediato en caso de incendio. Se instalará en lugares de paso normal de personas, manteniendo un área libre de obstáculos alrededor del aparato.

Los extintores portátiles estarán a la vista. En los puntos donde su visibilidad quede obstaculizada se implantará una señal que indique su localización

Los extintores portátiles se emplazarán sobre paramento vertical a una altura de 1,20 metros, medida desde el suelo a la base del extintor.

El extintor siempre cumplirá la Instrucción Técnica MIE-EP (C.M. 31-5-1982).

Para su mayor versatilidad y evitar dilaciones por titubeos, todos los extintores serán portátiles, de polvo polivalente y de 12 kg de capacidad de carga. Uno de ellos se instalará en el interior de la obra, y precisamente cerca de la puerta principal de entrada y salida.

Si existiese instalación de alta tensión, para el caso que ella fuera el origen de un siniestro, se emplazará cerca de la instalación con alta tensión un extintor. Este será precisamente de dióxido de carbono, CO<sub>2</sub>, de 5 kg de capacidad de carga.

#### 2.2.14. Medios auxiliares de topografía

Estos medios tales como cintas, jalones, miras, etc. serán dieléctricos, dado el riesgo de electrocución por las líneas eléctricas.

### 2.3. Protecciones colectivas

El área de trabajo debe mantenerse libre de obstáculos, y el movimiento del personal en la obra debe quedar previsto estableciendo itinerarios obligatorios.

Se señalarán las líneas enterradas de comunicaciones, telefónicas, de transporte de energía, etc. así como, las conducciones de gas, agua, etc., que puedan ser afectadas durante los trabajos de movimiento de tierras, estableciendo las protecciones necesarias para respetarlas.

Se señalarán y protegerán las líneas y conducciones aéreas que puedan ser afectadas por los movimientos de las máquinas y de los vehículos.

Se deberán señalar y balizar los accesos y recorridos de vehículos, así como los bordes de las excavaciones.



Si la extracción de los productos de excavación se hace con grúas, éstas deben llevar elementos de seguridad contra la caída de los mismos.

Por la noche debe instalarse una iluminación suficiente del orden de 120 lux en las zonas de trabajo y de 10 lux en el resto. En los trabajos de mayor definición se emplearán lámparas portátiles. Caso de hacerse los trabajos sin interrupción de la circulación, tendrá sumo cuidado de emplear luz que no afecte a las señales de tráfico ni a las propias de la obra.

Las medidas de protección de zonas o puntos peligrosos serán, entre otras, las siguientes:

Barandillas y vallas para la protección y limitación de zonas peligrosas. Tendrán una altura de al menos 90 cm y estarán construidas de tubos o redondos metálicos de rigidez suficiente.

Señales. Todas las señales deberán tener las dimensiones y colores reglamentados por la administración competente.

Bandas de separación en calles de gran tráfico. Se colocarán con pies derechos metálicos bien empotrados en el terreno. La banda será de plástico de colores amarillo y negro en trozos de unos 10 cm de longitud. Podrá ser sustituida por cuerdas o varillas metálicas con colgantes de colores vivos cada 10 cm. En ambos casos la resistencia mínima a tracción será de 50 kg.

Conos de separación en carreteras. Se colocarán lo suficientemente próximos para delimitar en todo caso la zona de trabajo o de peligro.

La rampa de acceso se hará con caída hacia el muro de pantalla. Los camiones circularán lo más cerca posible de él.

Los cables de sujeción de cinturón de seguridad y sus anclajes tendrán suficiente resistencia para soportar los esfuerzos a que puedan ser sometidos de acuerdo con su función protectora.

Las plataformas de trabajo tendrán como mínimo 60 mm de ancho y las situadas a más de 2 m del suelo estarán dotadas de barandillas de 90 cm de altura, listón intermedio y rodapié.

Las escaleras de mano deberán ir provistas de zapatas antideslizantes.

Las plataformas voladas tendrán la suficiente resistencia para la carga que deben soportar, estarán convenientemente ancladas y dotadas de barandilla.

Los extintores serán de polvo polivalente, revisándose periódicamente, cumpliendo las condiciones específicamente señaladas en la normativa vigente, y muy especialmente en la NBE/CPI-82.



Todas las transmisiones mecánicas deberán quedar señalizadas en forma eficiente de manera que se eviten posibles accidentes.

Todas las herramientas deben estar en buen estado de uso, ajustándose a su cometido.

Se debe prohibir suplementar los mangos de cualquier herramienta para producir un par de fuerza mayor y, en este mismo sentido, se debe prohibir, también, que dichos mangos sean accionados por dos trabajadores, salvo las llaves de apriete de tirafondos.

En evitación de peligro de vuelco, ningún vehículo irá sobrecargado, especialmente los dedicados al movimiento de tierras y todos los que han de circular por camino sinuosos. Toda la maquinaria de obra, vehículos de transporte y maquinaria pesada de vía estará pintada en colores vivos y tendrá los equipos de seguridad reglamentarios en buenas condiciones de funcionamiento.

Para su mejor control deben llevar bien visibles placas donde se especifiquen la tara y la carga máxima, el peso máximo por eje y la presión sobre el terreno de la maquinaria que se mueve sobre cadenas. También se evitará exceso de volumen en la carga de los vehículos y su mala repartición. Todos los vehículos de motor llevarán correctamente los dispositivos de frenado, para lo que se harán revisiones muy frecuentes. También deben llevar frenos servidos los vehículos remolcados.

La maquinaria eléctrica que haya de utilizarse en forma fija, o semifija, tendrá sus cuadros de acometida a la red provistos de protección contra sobrecarga, cortocircuito y puesta a tierra. Se establecerán reducciones de velocidad para todo tipo de vehículos según las características del trabajo. En la de mucha circulación se colocarán bandas de balizamiento de obra en toda la longitud del tajo. En las cercanías de las líneas eléctricas no se trabajará con maquinaria cuya parte más saliente pueda quedar, a menos de 2 metros de la misma, excepto si está cortada la corriente eléctrica, en cuyo caso será necesario poner una toma a tierra de cobre de 25 milímetros cuadrados de sección mínima conectada una pica bien húmeda o a los carriles. Si la línea tiene más de 50 kV la aproximación será de 4 m.

Deben inspeccionarse las zonas donde puedan producirse fisuras, grietas, erosiones, encharcamientos, abultamientos, etc. por si fuera necesario tomar medidas de precaución, independientemente de su corrección si procede.

El Contratista deberá disponer de suficiente cantidad de todos los útiles y prendas de seguridad y de los repuestos necesarios. Por ser el adjudicatario de la



obra debe responsabilizarse de que los subcontratistas dispongan también de estos elementos y, en su caso, suplir las deficiencias que pudiera haber.

Si se utilizan explosivos se tomarán las precauciones necesarias para evitar desgracias personales y daños en las cosas. Para ello debe señalizarse convenientemente el área de peligro, se pondrá vigilancia en la misma y se harán señales acústicas al comienzo de la voladura y una vez terminada. Debe tenerse muy presente que no se iniciará esta operación hasta que se tenga plena seguridad de que en el área de peligro no queda ninguna persona ajena a la voladura y a los agentes de vigilancia y que éstos estén suficientemente protegidos de interferencias en conducciones de servicios, aéreas o subterráneas.

### **Normas de actuación durante los trabajos**

Los materiales precisos para refuerzos y entibados de las zonas excavadas se acopiarán en obra con la antelación suficiente para que el avance de la apertura de zanja y pozos pueda ser seguido inmediatamente por su colocación.

Los productos de excavación que no se lleven a vertedero, se depositarán a una distancia igual o superior a la mitad de la profundidad de ésta, salvo en el caso de excavación en terreno arenoso en que esa distancia será, por lo menos, igual a la profundidad de la excavación.

Las áreas de trabajo en las que la excavación de cimentaciones suponga riesgos de caídas de altura, se acotarán con barandilla de 0,90 m de altura y rodapié de 0,20 de anchura, siempre que se prevea circulación de personas o vehículos en las inmediaciones.

Siempre que la profundidad de la cimentación excavada sea superior a 1,50 m, se colocarán escaleras que tendrán una anchura mínima de 0,50 m con pendiente no superior a 1:4.

Los laterales de la excavación se sanearán antes del descenso del personal a los mismos, de piedras o cualquier otro material suelto o inestable, empleando esta medida a las inmediaciones de la excavación, siempre que se adviertan elementos sueltos que pudieran ser proyectados o rodar al fondo de la misma.

### **2.4. Plan de seguridad y salud**

De acuerdo con este estudio, empresa adjudicataria de las obras redactará, antes del comienzo de las mismas, un Plan de Seguridad y salud en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen, en función de su propio sistema de



ejecución de la obra, las previsiones contenidas en este estudio. Este Plan, debe ser revisado y aprobado, por el Coordinador de Seguridad y Salud.

Se incluirá en la misma periodicidad de las revisiones que han de hacerse a los vehículos y maquinaria asignada a la obra.

En la oficina principal del Contratista, o en el punto que determine la Dirección de Obra, existirá un libro de incidencias habilitado al efecto, facilitado por el organismo competente.

Este libro constará de hojas cuadruplicadas que se destinarán a:

1. Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia.
2. Dirección de obra de la misma
3. Contratista adjudicatario de la obra y nombre del Coordinador de Seguridad y Salud y representantes de los trabajadores.

De acuerdo al Real Decreto 1627/97, indicado anteriormente podrán hacer anotaciones en dicho libro:

La dirección de Obra.

Los representantes del Contratista.

Los Técnicos de los Gabinetes Provinciales de Seguridad y Salud.

Los miembros del Comité de Seguridad. En su defecto, los Vigilantes de Seguridad y los representantes de los trabajadores.

Únicamente se podrán hacer anotaciones relacionadas con la inobservancia de las instrucciones y recomendaciones preventivas recogidas en el Plan de Seguridad y Salud.

El Contratista enviará en un plazo de 24 horas cada una de las copias a los destinatarios previstos anteriormente.

- Servicio Técnico de Seguridad e Higiene

La empresa constructora dispondrá de asesoramiento en seguridad e higiene.

- Servicio Médico

La empresa constructora dispondrá de un Servicio Médico de Empresa propio o mancomunado.

## 2.5. Vigilante de seguridad y comité de seguridad e higiene

Se nombrará el Vigilante de Seguridad de acuerdo con lo previsto en la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.



Se constituirá el Comité cuando proceda, según la Ordenanza Laboral de Construcción o, en su caso, lo que disponga el Convenio Colectivo Provincial.

## 2.6. Instalaciones médicas

Tanto el botiquín de oficina como el de los tajos, en caso de que exista, se revisarán semanalmente y se repondrá inmediatamente el material consumido.

## 2.7. Instalaciones de higiene y bienestar

En función del personal de oficina, almacenes y taller, se dispondrá de las siguientes instalaciones:

- El vestuario dispondrá de taquillas individuales con llave, asientos y calefacción.
- Los servicios higiénicos tendrán un lavabo y una ducha de agua fría y caliente por cada diez trabajadores, y un W.C. por cada 25 trabajadores, disponiendo de espejos y calefacción.

Para la limpieza y conservación de estos locales, se dispondrá de un trabajador con la dedicación necesaria.

Zaragoza, octubre 2020  
Fdo. Pedro Machín Iturria  
Colegiado Nº 2474  
COIAR