

**PLAN ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURAS PEI-PFot-326
REFERENTE A LAS PSFV AVUTARDA SOLAR Y AZOR SOLAR,
ASÍ COMO LA ST ARROYO DE LA VEGA RENOVABLES
220/30kV Y LA LEAT 220 kV ARROYO DE LA VEGA
RENOVABLES - ARROYO DE LA VEGA REE.**

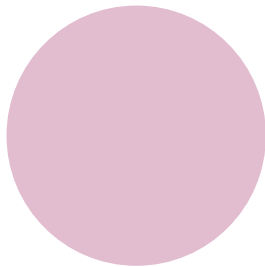
VERSIÓN INICIAL DEL PLAN: DOCUMENTO PARA APROBACIÓN INICIAL

BLOQUE III. DOCUMENTACIÓN NORMATIVA

ANEXO I. PROYECTOS TÉCNICOS (Extractos)

**TÉRMINOS MUNICIPALES DE PARACUELLOS DEL JARAMA,
SAN SEBASTIÁN DE LOS REYES Y ALCOBENDAS.**

COMUNIDAD DE MADRID



JULIO 2023

RH ESTUDIO

ANEXO I. PROYECTOS TÉCNICOS (Extractos)

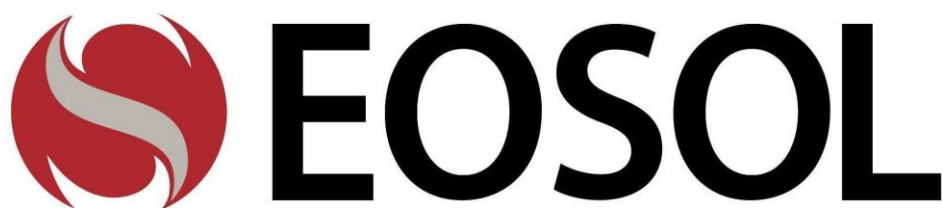
PSFV AVUTARDA SOLAR

PSFV AZOR SOLAR

ST ARROYO DE LA VEGA RENOVABLES 220/30kV

LAAT 220kV ARROYO DE LA VEGA RENOVABLES - ARROYO DE LA VEGA REE

PSFV AVUTARDA SOLAR



Memoria descriptiva

Proyecto Técnico Administrativo FV AVUTARDA SOLAR de 57,13 MWp y 50,09 MVA E INFRAESTRUCTURA DE EVACUACIÓN EN 30 kV

Habilitación Colegiado: 1546 RUBEN PASCUAL HERNANDEZ
Profesional

20/04
2023

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA
VISADO: 230626



| | | | | | |
|--|------------|---|--|----------|----------|
| 0 | 18/04/2023 | Emisión inicial | R.C.G | I.R.A. | M.G.C. |
| Rev. | Fecha | Propósito/descripción | Realizado | Revisado | Aprobado |
| Cliente  | | Ingeniería  | Código: 0101IGN00880-100-EOS-PMT-REP-0001 | | |

ÍNDICE

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | JUSTIFICACIÓN | 5 |
| 1.1 | ANTECEDENTES | 5 |
| 1.2 | OBJETO Y ALCANCE | 6 |
| 1.3 | PROMOTOR | 7 |
| 2 | NORMATIVA Y RECOMENDACIONES APLICADAS | 7 |
| 2.1 | DIRECTIVAS COMUNITARIAS | 7 |
| 2.2 | INSTALACIONES ELÉCTRICAS | 7 |
| 2.3 | NORMATIVA SECTORIAL | 9 |
| 2.4 | MEDIO AMBIENTE Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO | 10 |
| 2.5 | OBRA CIVIL Y ESTRUCTURAS | 10 |
| 2.6 | INDUSTRIAL | 11 |
| 2.7 | SEGURIDAD E HIGIENE | 11 |
| 2.8 | SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS | 12 |
| 2.9 | OTRAS | 12 |
| 3 | EMPLAZAMIENTO | 14 |
| 3.1 | UBICACIÓN DE LA INSTALACIÓN | 14 |
| 3.2 | ÁMBITO DE ACTUACIÓN | 16 |
| 3.3 | ACCESOS | 17 |
| 3.4 | ÁREA Y COORDENADAS DE LA IMPLANTACIÓN | 19 |
| 3.5 | COORDENADAS DE LA INFRAESTRUCTURA DE EVACUACIÓN DE 30 kV | 20 |
| 3.6 | TOPOGRAFÍA | 21 |
| 3.6.1.1 | PERFIL DEL HORIZONTE | 22 |
| 4 | DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS | 23 |
| 4.1 | DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA Y SU INFRAESTRUCTURA DE EVACUACIÓN EN 30 kV | 23 |
| 4.2 | DESCRIPCIÓN DE LA SUBESTACIÓN ELEVADORA (NO OBJETO DEL PROYECTO) | 28 |
| 4.3 | DIMENSIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA E INFRAESTRUCTURA DE EVACUACIÓN EN 30 kV | 28 |
| 4.3.1 | Configuración eléctrica | 28 |
| 4.3.2 | Diseño del cableado eléctrico | 31 |
| 4.3.3 | Red de puesta a tierra (PaT) | 31 |
| 4.3.4 | Obras civiles | 32 |
| 4.3.4.1 | Caminos de acceso | 33 |
| 4.3.4.2 | Caminos internos | 33 |
| 4.3.4.3 | Edificios | 33 |
| 4.3.4.4 | Fijaciones | 34 |

Habilitación Colegiado: 1546 RUBEN PASCUAL HERNANDEZ
Profesional

20/04
2023

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA
VISADO: 230626



| | | |
|----------|---|-----------|
| 4.3.4.5 | Cimentaciones | 34 |
| 4.3.4.6 | Zonas de acopio..... | 34 |
| 4.3.4.7 | Canalizaciones eléctricas..... | 34 |
| 4.3.4.8 | Vallado Perimetral | 35 |
| 4.3.4.9 | Drenajes..... | 36 |
| 4.3.4.10 | Movimiento de tierras..... | 36 |
| 5 | EQUIPOS PRINCIPALES | 36 |
| 5.1 | MÓDULO FOTOVOLTAICO | 37 |
| 5.2 | ESTRUCTURA FIJA | 39 |
| 5.3 | INVERSOR DE STRING..... | 40 |
| 5.4 | TRANSFORMADOR..... | 41 |
| 5.5 | CENTRO DE TRANSFORMACIÓN | 42 |
| 5.6 | CABLEADO DE BAJA TENSIÓN..... | 44 |
| 5.6.1 | Cableado de baja tensión CC..... | 45 |
| 5.6.2 | Cableado de baja tensión CA | 45 |
| 5.7 | CABLEADO DE MEDIA TENSIÓN..... | 46 |
| 5.8 | SISTEMA DE PROTECCIONES..... | 47 |
| 5.9 | SISTEMA DE CONTROL / SCADA..... | 47 |
| 5.10 | SISTEMA DE MEDIDA | 48 |
| 5.11 | INSTALACIONES AUXILIARES..... | 48 |
| 5.11.1 | Servicios Auxiliares..... | 48 |
| 5.11.2 | Sistemas Antiintrusismo | 49 |
| 5.11.3 | Estaciones meteorológicas..... | 49 |
| 6 | RECURSO SOLAR..... | 51 |
| 7 | RELACIÓN DE ORGANISMOS AFECTADOS | 51 |
| 8 | CRUZAMIENTOS Y PARALELISMOS..... | 52 |
| 8.1 | LISTADO DE CRUZAMIENTOS Y PARALELISMOS..... | 52 |
| 8.2 | CONDICIONES GENERALES PARA CRUZAMIENTOS..... | 54 |
| 9 | EFFECTOS MEDIOAMBIENTALES..... | 54 |
| 9.1 | BALANCE DE CARBONO..... | 55 |
| 9.2 | RECURSOS UTILIZADOS | 56 |
| 9.3 | RESIDUOS GENERADOS..... | 56 |
| 9.4 | GESTIÓN DE RESIDUOS..... | 57 |
| 9.4.1 | Residuos peligrosos..... | 57 |
| 9.4.2 | Residuos sólidos | 59 |
| 9.5 | LIMPIEZA Y RESTAURACIÓN..... | 59 |

Habilitación Colegiado: 1546 RUBEN PASCUAL HERNANDEZ
Profesional

20/04
2023

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA
VISADO: 230626



| | | |
|-----------|--|-----------|
| 9.6 | RADIO INTERFERENCIA | 59 |
| 9.7 | CAMPOS ELÉCTRICOS Y MAGNÉTICO | 60 |
| 9.8 | RUIDO ACÚSTICO | 60 |
| 10 | SEGURIDAD Y SALUD..... | 60 |
| 11 | GESTIÓN DE RESIDUOS..... | 61 |
| 12 | RELACIÓN DE BIENES Y DERECHOS AFECTADOS | 62 |
| 13 | CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE LAS OBRAS | 62 |
| 14 | PRESUPUESTO DE INSTALACIONES PROYECTADAS..... | 63 |

| |
|--|
| Colegiado: 1546 RUBEN PASCUAL HERNANDEZ Habilitación Profesional |
| 20/04 2023 |
| COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA VISADO: 230626  |

1 JUSTIFICACIÓN

1.1 ANTECEDENTES

En octubre de 2020, se elaboró el “Proyecto Básico Administrativo” de la Planta Fotovoltaica FV Avutarda SOLAR de 125 MWp en los TTMM de Paracuellos de Jarama y Cobeña (Madrid)

En cumplimiento del primer hito administrativo según lo dispuesto en el artículo 1.1.b) del Real Decreto-ley 23/2020, de 23 de junio, con fecha 11 de diciembre de 2020, fue expedida por la dirección General de Política Energética y Minas la Admisión a Trámite de solicitud AAP de las plantas fotovoltaicas Avutarda Solar de 125 MWp y Azor Solar de 125 MWp y las infraestructuras de evacuación asociadas. Esto dio lugar a la apertura del expediente “PFot-326-AC” por parte del Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico para el citado grupo de plantas fotovoltaicas y sus correspondientes infraestructuras eléctricas, el cual ya ha iniciado la fase de tramitación al haber sido trasladado al Área de Industria y Energía de la Delegación del Gobierno en Madrid.

En julio de 2021 se elaboró el “Proyecto Básico Administrativo Anteproyecto Instalación FV Avutarda Solar 162,50 MWp/125,00 MW instalados e Infraestructura de Evacuación 30 kV”, en los términos municipales de Paracuellos de Jarama y Cobeña (Madrid) redactado por D. Jorge Juan Nieto Ramos, colegiado nº 09227 del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid (COIIM). En dicho proyecto se aprovechaba para adecuar la potencia instalada de la planta fotovoltaica Avutarda Solar a la definida en el artículo 3 del Real Decreto 1183/2020, de 29 de diciembre, de acceso y conexión a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica. Acorde a esta nueva definición de potencia instalada (“la menor entre la suma de las potencias máximas de los módulos y la suma de las potencias máxima de los inversores”), la potencia instalada nominal, es decir, aquella que es capaz de soportar en un régimen permanente de trabajo (35°C) de la PFV Avutarda Solar pasaba a 125,00 MW, la potencia pico en paneles a 162,50 MWp y la potencia máxima de generación permitida en el punto de conexión seguía establecida en 125 MWn.

Dicho proyecto técnico se presentó a exposición pública, y posteriormente se han recogido las distintas alegaciones presentadas por los agentes afectados e interesados. Una vez finalizado el proceso de Información Pública y Consultas a Organismos, y recibida la Declaración de Impacto Ambiental por parte de la Subdirección General de Evaluación Ambiental del MITERD, publicada en el BOE el día 31 de enero de 2023, el promotor adapta el proyecto, mediante la presente adenda, a los condicionantes de la misma, reduciendo la superficie de la planta en la zona coincidente con zona con presencia de aves.

Habilitación Colegiado: 1546 RUBEN PASCUAL HERNANDEZ

Profesional

20/04
2023

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA
VISADO: 230626



1.2 OBJETO Y ALCANCE

El presente documento se redacta con objetivo de describir los criterios generales de diseño que se han llevado a cabo en la elaboración del “Proyecto Básico Administrativo Planta Fotovoltaica FV Avutarda Solar de 57,13 MWp / 50,09 MWn, en los TTMM de Paracuellos de Jarama (Comunidad de Madrid)”, de cara a cumplir con los condicionantes recibidos en la Declaración de Impacto Ambiental, en este caso relacionados con la reducción del área de ocupación de la planta solar fotovoltaica.

Asimismo, destacar que las modificaciones llevadas a cabo no se consideran sustanciales en la medida que no implican nuevas afecciones sobre organismos públicos ni sobre nuevos propietarios, y los impactos producidos por esta nueva versión del proyecto tras el proceso de información pública se verán reducidos.

El presente proyecto recoge la descripción técnica de la instalación de generación eléctrica con tecnología solar fotovoltaica denominada FV AVUTARDA SOLAR, así como de la infraestructura de evacuación de 30 kV que conectará la planta con la subestación de transformación de nombre SET Arroyo de la Vega Renovables 220/30 kV.

La evacuación de energía generada en la PSFV Avutarda Solar se realizará mediante las líneas soterradas de 30 kV, hasta la SET Arroyo de la Vega Renovables 220/30 kV. Desde ahí la energía transcurre por líneas de alta tensión hasta llegar a Arroyo de la Vega 220 kV (REE)

El presente Proyecto ha sido elaborado con el objeto de presentar la solicitud de Autorización Administrativa de Construcción (AAC) y Declaración de Utilidad Pública (DUP) de la Instalación FV AVUTARDA SOLAR y su Infraestructura de Evacuación en 30 kV ante el Área de Industria y Energía de la Delegación de Gobierno en Madrid como órgano sustantivo. Todo lo anterior en cumplimiento de lo establecido en la Ley 24/2013, del Sector Eléctrico en su artículo 53, así como en el 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, en sus artículos 115, 123 y 130.

La instalación fotovoltaica FV AVUTARDA SOLAR está compuesta por un total de 86.560 módulos de 660 Wp de potencia máxima, instalados sobre 1.227 estructuras fijas 2Vx32 y 251 estructuras fijas 2Vx16, conectados a un total de 233 inversores de 215 kVA, repartidos en 7 centros de transformación de 6.500 kVA y 1 de 3.250 kVA. Estos centros de transformación estarán unidos entre sí mediante una red interna de cableado subterráneo de media tensión.

La subestación elevadora SET Arroyo de la Vega Renovables 220/30 kV y la planta fotovoltaica FV AVUTARDA SOLAR son conectadas mediante la infraestructura de evacuación en 30 kV, que es aquella canalización externa a la planta fotovoltaica que permite evacuar la energía generada en la planta a la subestación.

1.3 PROMOTOR

El titular de la planta es Avutarda Solar S.L. con C.I.F. B-88174933, una sociedad cuyo objeto es la promoción, construcción, operación, mantenimiento y explotación de instalaciones generadoras de electricidad a través de tecnología solar fotovoltaica.

Los datos principales del promotor se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 1 : Datos del promotor del proyecto

| PROMOTOR | |
|-----------|--|
| Nombre | Avutarda Solar, S.L. |
| NIF | B-88174933 |
| Dirección | C/Cardenal Marcelo Spínola 4, 1º D -28016 Madrid |

A efectos de notificaciones, el interlocutor será:

Tabla 2 : Datos del interlocutor del proyecto

| INTERLOCUTOR | |
|--------------|--|
| Nombre | IGNIS DESARROLLO S.L. |
| CIF | B87973327 |
| Dirección | C/Cardenal Marcelo Spínola, 4, 1º Dcha. – 28016 Madrid, España |
| Teléfono | 91 005 9775 |
| e-mail | arroyodelavega@ignis.es |

2 NORMATIVA Y RECOMENDACIONES APLICADAS

2.1 DIRECTIVAS COMUNITARIAS

- Directiva (UE) 2018/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de diciembre de 2018, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables.
- Reglamento (UE) 2016/631 de la Comisión, de 14 de abril de 2016, que establece un código de red sobre requisitos de conexión de generadores a la red.

2.2 INSTALACIONES ELÉCTRICAS

- 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 01a 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.
- 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 ITC-BT 51
- Real Decreto 1053/2014, de 12 de diciembre, por el que se aprueba una nueva Instrucción Técnica Complementaria (ITC) BT 52 del Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- Real Decreto 560/2010, de 7 de mayo, por el que se modifican diversas normas reglamentarias en materia de seguridad industrial para adecuarlas a la Ley 17/2009, de 23 de noviembre, sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio, y a la Ley 25/2009, de 22 de diciembre, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio. (BOE 22.05.10)
- 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)
- Orden ECO/797/2002, de 22 de marzo, por la que se aprueba el procedimiento de medida y control de la continuidad del suministro eléctrico.
- Normas administrativas y técnicas para funcionamiento y conexión a las redes eléctricas de Centrales de Autogeneración Eléctrica (Orden Ministerial de 5 de septiembre de 1985).
- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.
- Real Decreto-ley 23/2020, de 23 de junio, por el que se aprueban medidas en materia de energía y en otros ámbitos para la reactivación económica.
- Real Decreto 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.
- Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de energía eléctrica en régimen especial.
- Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.

Habilitación Colegiado: 1546 RUBEN PASCUAL HERNANDEZ
Profesional

20/04
2023

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA
VISADO: 230626



- Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.
- Decreto 50/2006, de 8 de junio, por el que se autoriza la participación de la Comunidad de Madrid en la constitución de la Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid
- Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía Eléctrica.
- Normas UNE y Recomendaciones UNESA que sean de aplicación. - Condiciones y Ordenanzas Municipales impuestas por las entidades públicas afectadas.
- Ley 54/1997 de 27 de noviembre del Sector Eléctrico (BOE nº 285 de 28 de noviembre de 1997)
- Normas relativas a la Seguridad y Salud en el Trabajo, Construcción y Protección contra incendios en las instalaciones eléctricas de Alta y Baja Tensión.
- Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía, aprobado por R.D. de 12 de marzo de 1.954 con las correspondientes modificaciones hasta la fecha.

2.3 NORMATIVA SECTORIAL

- Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.
- Real Decreto Ley 6/2009 por el que se adoptan determinadas medidas en el sector energético, se aprueba el bono social y en el que se establece un mecanismo de registro de pre-asignación de retribución para las instalaciones de régimen especial.
- 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
- Orden Ministerial ITC/3860/2007, de 28 de diciembre, por la que se revisan las tarifas eléctricas a partir del 1 de enero de 2008
- Orden Ministerial de 29 de diciembre de 1997, por la que se desarrollan algunos aspectos del Real Decreto 2019/1997, de 26 de diciembre, por el que se organiza y regula el mercado de producción de energía eléctrica.
- Real Decreto 2019/1997, de 26 de diciembre, por el que se organiza y regula el mercado de producción de energía eléctrica.

Habilitación Colegiado: 1546 RUBEN PASCUAL HERNANDEZ

Profesional

20/04
2023

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA
VISADO: 230626



- Ley 17/2007, de 4 de julio, por la que se modifica la Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico, para adaptarla a lo dispuesto en la Directiva 2003/54/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de junio de 2003, sobre normas comunes para el mercado interior de la electricidad.
- Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico. Disposiciones adicionales sexta, séptima, vigésima primera y vigésima tercera.
- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.

2.4 MEDIO AMBIENTE Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO

- Ley 21/2013, de 9 de diciembre de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental y su modificación por la Ley 9/2018, de 5 de diciembre de Evaluación Ambiental.
- Resolución de 9 de enero de 2020, por la que se ordena la publicación del acuerdo de convalidación del Decreto.
- Se aplicarán la Normativa urbanística vigente aplicable a este tipo de instalaciones en los Términos Municipales de Paracuellos de Jarama y Cobeña, incluyendo sus modificaciones y correcciones.

2.5 OBRA CIVIL Y ESTRUCTURAS

- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. (BOE N. 74 DE 28/3/2006) y sus exigencias básicas.
- Real Decreto 256/2016 de 10 junio, que aprueba la Instrucción para la recepción de cementos (RC-16).
- Real Decreto 470/2021, de 29 de junio de 2021, por el que se aprueba el Código Estructural.
- Pliego de Prescripciones Técnicas Generales PG-3/75, aprobado por O.M. de 6 de febrero de 1976, y sus revisiones posteriores.
- Orden FOM/2523/2014, de 12 de diciembre, por la que se actualizan determinados artículos del pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes, relativos a materiales básicos, a firmes y pavimentos, y a señalización, balizamiento y sistemas de contención de vehículos.
- Norma 6.1 IC: Secciones de firme de la Instrucción de Carreteras. Ministerio de Fomento. Gobierno de España, 2003.

Habilitación Colegiado: 1546 RUBEN PASCUAL HERNANDEZ
Profesional

20/04
2023

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA
VISADO: 230626



- Real Decreto 997/2002, de 27 de septiembre, por el que se aprueba la norma de construcción sismorresistente: parte general y edificación (NCSE-02).
- Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.
- Ley de ordenación de la Edificación.
- Normas Básicas de la Edificación.
- Instrucción del Hormigón estructural EHE.
- Normas Tecnológicas de la Edificación que sean de aplicación.
- Ley 37/2015, de 29 de septiembre, de carreteras

2.6 INDUSTRIAL

- Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas.
- Ley de Prevención de riesgos Laborales.

2.7 SEGURIDAD E HIGIENE

- ITC-33 REBT. Instalaciones provisionales y temporales de obras.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras.
- Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, sobre 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 de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud.
- 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.

Habilitación Colegiado: 1546 RUBEN PASCUAL HERNANDEZ

Profesional

20/04
2023

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA
VISADO: 230626



2.8 SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS

- Reglamento de Seguridad contra incendios en establecimientos industriales. Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de Seguridad contra incendios en los establecimientos industriales. B.O.E. núm. 303 de 3 de 17 de diciembre (en adelante, R.S.C.I. en E.I.).
- CORRECCIÓN de errores y erratas del Real Decreto 2267/2004, 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales. (BOE núm. 55 de 5 de marzo de 2005).

2.9 OTRAS

- Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental.
- Real Decreto 1074/2015 de 27-11-2015, por el que se modifican distintas disposiciones en el sector eléctrico.
- Real Decreto Ley 15/2018 de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores.
- Real Decreto Ley 1/2019 medidas urgentes para adecuar las competencias de la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia a las exigencias derivadas del derecho comunitario en relación a las Directivas 2009/72/CE y 2009/73/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de julio de 2009, sobre normas comunes para el mercado interior de la electricidad y del gas natural.
- 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.
- Exigencias de los Organismos Oficiales, de la Administración Central, Comunidades Autónomas y Ayuntamientos.
- Ordenanzas, Regulaciones y Códigos Nacionales, Autonómicos y Locales, que sean de aplicación.
- Ordenanzas Municipales de las localidades afectadas
- Cualquier disposición de nueva aparición que pueda complementar y/o modificar las anteriores.

Se observan en todo momento, durante la ejecución de la obra, las siguientes normas y reglamentos

- Real Decreto 824/1982 de 26 de marzo, que establece los diámetros de las mangueras contra incendios y sus racores de conexión. BOE de 01-05-82.

Habilitación Colegiado: 1546 RUBEN PASCUAL HERNANDEZ
Profesional

20/04
2023

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA
VISADO: 230626



- Real Decreto 473/1988, de 30 de marzo, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la directiva del Consejo de las Comunidades Europeas 76/767/CEE sobre aparatos a presión.
- Ley 21/1992, de 16 de julio, de Industria. BOE núm. 176 de 23 de julio.
- Real Decreto 1942/1993 de 5 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios. (BOE núm. 298 de 14 de diciembre de 1993) y corrección en BOE núm. 109 de 7 de mayo de 1994.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.

Habilitación Colegiado: 1546 RUBEN PASCUAL HERNANDEZ

Profesional

20/04
2023COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA
VISADO: 230626

3 EMPLAZAMIENTO

3.1 UBICACIÓN DE LA INSTALACIÓN

El presente proyecto se encuentra localizado en el término municipal de Paracuellos de Jarama, en la Comunidad de Madrid (España), tal como se muestra en la siguiente ilustración.



Ilustración 1 : Ubicación de la instalación a nivel peninsular.

| | |
|---|--|
| Colegiado: 1546 RUBEN PASCUAL HERNANDEZ Habilitación Profesional | 20/04 2023 |
| | COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA VISADO: 230626  |

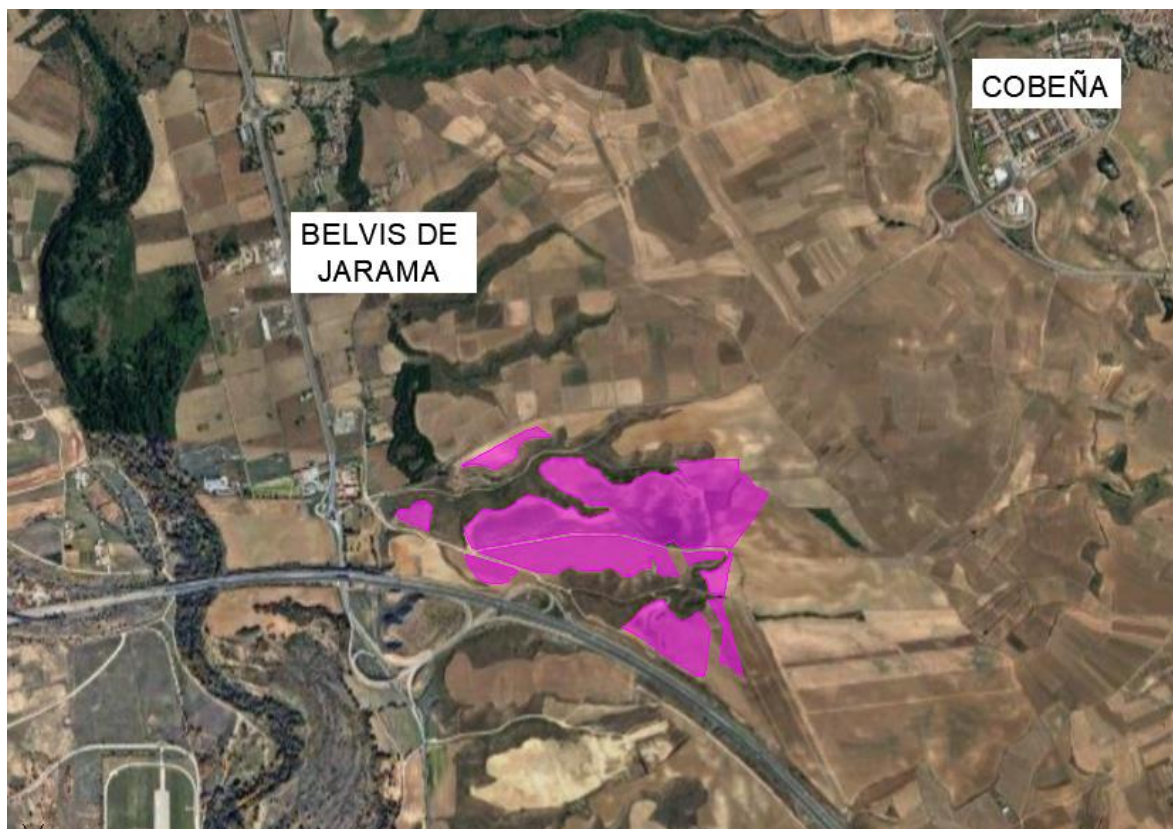


Ilustración 2 : Municipios cercanos a la instalación.

El municipio se sitúa al nordeste de la capital de la Comunidad de Madrid, a unos 26 km. Ambos municipios son colindantes entre sí con Belvis de Jarama, municipio próximo a la ubicación del proyecto.

Las características del emplazamiento se recogen en la siguiente tabla:

Tabla 3: Características emplazamiento.

| Características de la localización de la instalación fotovoltaica | |
|---|-----------------------|
| Términos municipales | Paracuellos de Jarama |
| Región | Comunidad de Madrid |
| País | España |
| Latitud | +40,54 |
| Longitud | -3, 53° |
| Altitud | 657 m.s.n.m. |

La elección del emplazamiento para el presente proyecto se ha llevado a cabo después de realizar un minucioso análisis de viabilidad, en el que se han tenido en consideración todas las cuestiones relacionadas con la categoría urbanística del suelo y los usos permitidos, posibles restricciones medioambientales y las condiciones particulares del entorno.

De este modo, se han considerado las restricciones derivadas de la existencia de infraestructuras de interés general, la presencia de núcleos de población, el planeamiento urbanístico, las zonas catalogadas como yacimientos arqueológicos, las vías pecuarias, montes públicos, red hidrológica, Espacios Naturales Protegidos y Red Natura 2000, así como otras cuestiones relacionadas con las características topográficas del entorno, presencia de vegetación, zonas inundables o zonas de importancia para las aves esteparias.

La planta objeto de este proyecto se sitúa en una zona próxima a la subestación Arroyo de la Vega de REE, ubicada en el término municipal de San Sebastián de los Reyes (Madrid).

Se accede al emplazamiento a través de la carretera M-103, que comunica Belvis de Jarama con Cobeña y, a partir de esta, por caminos rurales que dan acceso a las parcelas consideradas.

Estos caminos están siendo utilizados actualmente por maquinaria agrícola, por lo que cuentan con las dimensiones adecuadas para el tránsito de la maquinaria necesaria para la ejecución de la obra.

El código de provincia y el código del término municipal donde se sitúan los terrenos son los siguientes:

Tabla 4: Códigos de provincia

| CÓDIGOS | | |
|---------------------------|-----------------------|-----|
| Código Provincia: | Madrid | 28 |
| Código Término Municipal: | Paracuellos de Jarama | 104 |

3.2 ÁMBITO DE ACTUACIÓN

El ámbito de actuación de la instalación fotovoltaica se corresponde con los terrenos en los que se llevará a cabo la instalación de los elementos que constituyen la planta solar, incluyendo entre ellos los módulos fotovoltaicos, la estructura de soporte, los inversores de string, los centros de transformación y todo el cableado interior necesario para la interconexión de estos, tanto en baja como en media tensión.

El mencionado ámbito de actuación de la instalación fotovoltaica se sitúa sobre las parcelas catastrales relacionadas en la Tabla 5, en la que se indica su referencia catastral, municipio,

polígono y parcela, incluyendo entre ellas las correspondientes a los terrenos por los que discurre la red interna de media tensión.

Tabla 5: Referencias catastrales planta.

| REFERENCIA CATASTRAL | POLÍGONO | PARCELA | TÉRMINO MUNICIPAL |
|----------------------|----------|---------|-----------------------|
| 28104A00109015 | 001 | 09015 | Paracuellos de Jarama |
| 28104A00300001 | 003 | 00001 | Paracuellos de Jarama |
| 28104A00309001 | 003 | 09001 | Paracuellos de Jarama |
| 28104A00320001 | 003 | 20001 | Paracuellos de Jarama |
| 28104A01400004 | 014 | 00004 | Paracuellos de Jarama |
| 28104A01500001 | 015 | 00001 | Paracuellos de Jarama |
| 28104A01550001 | 015 | 50001 | Paracuellos de Jarama |

El ámbito de actuación de la infraestructura de evacuación en 30 kV, se corresponde con los terrenos que recorre la línea, o conjunto de líneas utilizadas para la evacuación en media tensión. Estas líneas van desde que salen del ámbito de actuación de la instalación fotovoltaica hasta que alcanzan la subestación de elevación, es decir, son unas conducciones en 30 kV externas a la instalación fotovoltaica.

El mencionado ámbito de actuación de la infraestructura de evacuación en 30 kV se sitúa sobre las parcelas catastrales relacionadas en la Tabla 6, en la que se indica su referencia catastral, polígono, parcela y municipio.

Tabla 6: Referencias catastrales infraestructura de evacuación 30 kV.

| REFERENCIA CATASTRAL | POLÍGONO | PARCELA | TÉRMINO MUNICIPAL |
|----------------------|----------|---------|-----------------------|
| 28104A00300001 | 003 | 00001 | Paracuellos de Jarama |
| 28104A00309002 | 003 | 09002 | Paracuellos de Jarama |
| 28104A00310001 | 003 | 10001 | Paracuellos de Jarama |
| 28104A01400004 | 014 | 00004 | Paracuellos de Jarama |
| 28104A01409006 | 014 | 09006 | Paracuellos de Jarama |
| 28104A01500001 | 015 | 00001 | Paracuellos de Jarama |
| 28104A01509001 | 015 | 09001 | Paracuellos de Jarama |
| 28104A01509052 | 015 | 09052 | Paracuellos de Jarama |
| 28104A01510001 | 015 | 10001 | Paracuellos de Jarama |
| 28104A01510009 | 015 | 10009 | Paracuellos de Jarama |

3.3 ACCESOS

Se accede al emplazamiento desde la carretera M-103 y a través de un camino existente que tiene varias bifurcaciones, sobre el que se realizará el debido acondicionamiento para dotarlo

de las características adecuadas que permitan el tránsito de la maquinaria necesaria para la ejecución de las obras y el posterior mantenimiento de la instalación, siguiendo en todo momento las directrices y recomendaciones que marque el Ayuntamiento. Los accesos a la planta se pueden ver en la Ilustración 3.



Ilustración 3 : Accesos.

Las coordenadas U.T.M de los accesos de la instalación fotovoltaica se muestran en la Tabla 7.

Tabla 7: Coordenadas U.T.M. de los accesos.

| Acceso | X | Y |
|----------|-------------|--------------|
| Acceso 1 | 454167,3559 | 4488898,7065 |
| Acceso 2 | 453822,9279 | 4488505,5041 |
| Acceso 3 | 454136,2830 | 4488354,1337 |
| Acceso 4 | 454528,2658 | 4488479,1245 |
| Acceso 5 | 454878,7107 | 4488447,8113 |
| Acceso 6 | 455082,3929 | 4488427,8825 |
| Acceso 7 | 455090,2969 | 4488405,4525 |

| Acceso | X | Y |
|-----------|-------------|---------------|
| Acceso 8 | 455212,4215 | 4488403,0037 |
| Acceso 9 | 455134,1480 | 4488145,8092 |
| Acceso 10 | 455078,2705 | 4488115,9888 |
| Acceso 11 | 455083,9179 | 4487842,31344 |

3.4 ÁREA Y COORDENADAS DE LA IMPLANTACIÓN

El área de la implantación donde se construirá la instalación fotovoltaica, entendida como el terreno que quedará delimitado por los distintos recintos vallados, tiene una superficie total de 605.431,4928 m² (60,54 ha).



Ilustración 4 : Superficie instalación.

Las coordenadas del vallado que delimita la superficie de la instalación aparecen en el plano adjunto **"0101IGN00880-100-EOS-CIV-DWG-0003 Vallado. Planta"**.

Las coordenadas de los centros de transformación son las siguientes:

Habilitación Colegiado: 1546 RUBEN PASCUAL HERNANDEZ

Profesional

20/04
2023

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA
 VISADO: 230626



Tabla 8: Coordenadas centros de transformación

| PUNTO | X | Y |
|-------|-------------|--------------|
| CT1 | 454531,7050 | 4488739,4031 |
| CT2 | 455070,8748 | 4488735,2995 |
| CT3 | 454013,5539 | 4488503,6277 |
| CT4 | 454357,9181 | 4488488,1997 |
| CT5 | 454496,5332 | 4488470,3217 |
| CT6 | 454751,0329 | 4488498,7822 |
| CT7 | 455070,8748 | 4488517,7995 |
| CT8 | 454989,9338 | 4488004,8957 |

3.5 COORDENADAS DE LA INFRAESTRUCTURA DE EVACUACIÓN DE 30 kV

Las coordenadas de la infraestructura de evacuación de que va desde el vallado hasta la subestación SET Arroyo de la Vega Renovables 220/30 kV, aparecen en la siguiente tabla:

Tabla 9: Coordenadas U.T.M de la infraestructura de evacuación

| PUNTO | X | Y |
|-------|-------------|--------------|
| P01 | 453222,0550 | 4488604,4100 |
| P02 | 453233,7221 | 4488604,4100 |
| P03 | 453243,2295 | 4488580,2316 |
| P04 | 453299,2175 | 4488543,6653 |
| P05 | 453326,8319 | 4488531,3175 |
| P06 | 453377,7749 | 4488494,4223 |
| P07 | 453384,3612 | 4488462,2999 |
| P08 | 453527,3283 | 4488471,4343 |
| P09 | 453646,5312 | 4488545,8646 |
| P10 | 453692,1516 | 4488564,1398 |
| P11 | 453833,0008 | 4488525,9813 |
| P12 | 454002,4311 | 4488516,2328 |
| P13 | 454497,6793 | 4488500,1543 |
| P14 | 454497,4920 | 4488479,6004 |
| P15 | 454992,5289 | 4488425,3240 |
| P16 | 454997,1103 | 4488403,7792 |
| P17 | 455025,7818 | 4488351,6862 |
| P18 | 455078,9373 | 4488308,1555 |
| P19 | 455120,9101 | 4488220,9247 |
| P20 | 455121,2943 | 4488190,1055 |
| P21 | 455124,7133 | 4488163,1643 |

Colegiado: 1546 RUBEN PASCUAL HERNANDEZ

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Navarra

Habilitación Profesional

VISADO: 230626

20/04 2023

COIINIA

| PUNTO | X | Y |
|-------|-------------|--------------|
| P22 | 455070,6921 | 4488130,2603 |

En la siguiente imagen, se puede ver el trazado en verde de la infraestructura de evacuación de 30 kV, desde que sale del vallado hasta la subestación SET Arroyo de la Vega Renovables 220/30 kV.



Ilustración 5 : Infraestructura de evacuación de 30 kV

Para más detalle sobre la ubicación de los puntos y sus coordenadas, ver el plano adjunto **"0101IGN00880-100-EOS-ELE-DWG-0013 Plano general líneas de evacuación"**.

3.6 TOPOGRAFÍA

Se ha realizado un análisis de la topografía para estudiar si el terreno es adecuado para la construcción de la instalación fotovoltaica. En este caso no existen pendientes importantes que afecten al proyecto.

En la siguiente ilustración pueden verse las pendientes de la planta.

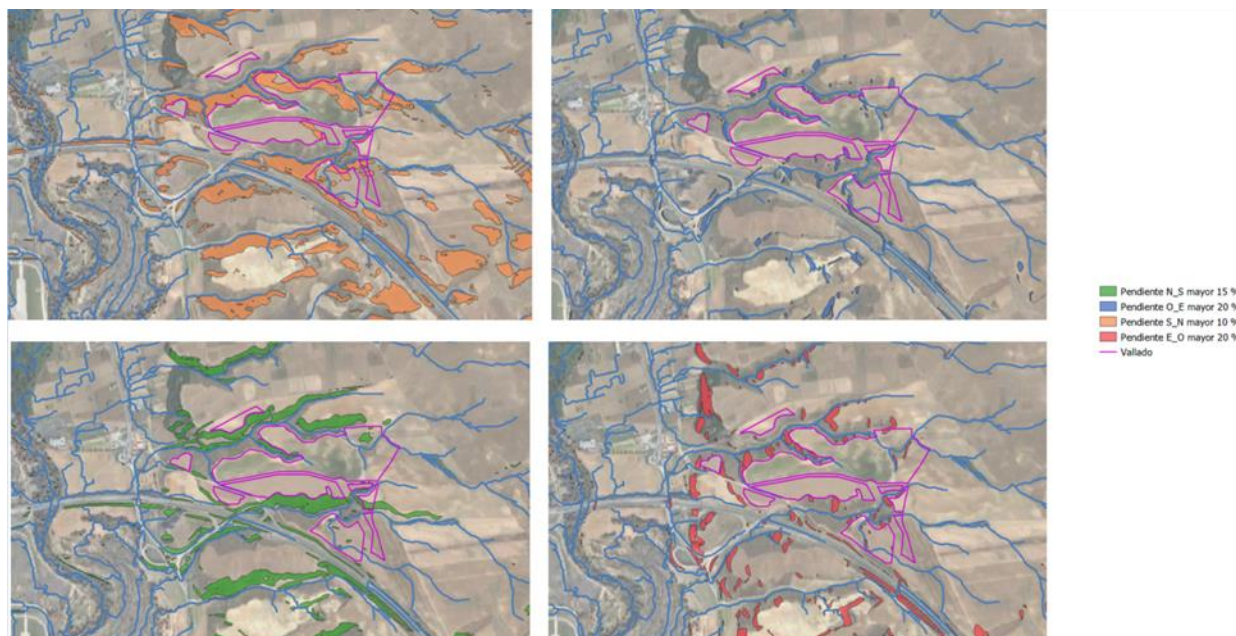


Ilustración 6: Pendientes de la implantación.

3.6.1.1 PERFIL DEL HORIZONTE

La irradiancia que llega a los módulos será diferente en función de los elementos que la rodeen, como colinas o montañas. Estas obstrucciones físicas bloquean la componente directa de la irradiancia durante algunos periodos del día, y también tienen impacto en la componente difusa. Por ello, se considera que el rendimiento energético de la planta se ve afectado por el perfil del horizonte.

La línea del horizonte tiene una elevación promedio de $2,2^\circ$ y una elevación máxima de $3,8^\circ$. Los datos utilizados para calcular el perfil del horizonte son de PVsyst.

En la Ilustración 7 se muestra el valor de la elevación bloqueada en el rango de azimut completo.

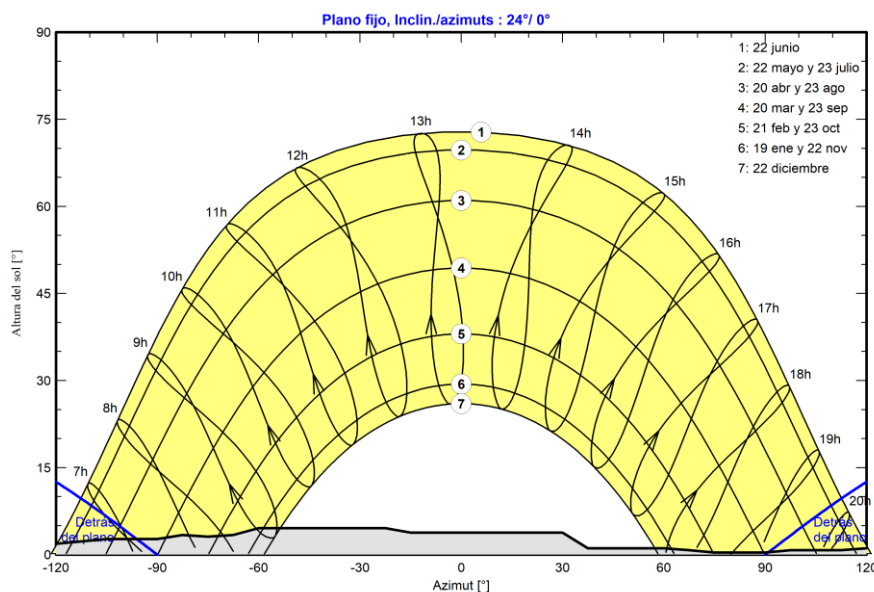


Ilustración 7 : Perfil del horizonte

4 DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS

4.1 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA Y SU INFRAESTRUCTURA DE EVACUACIÓN EN 30 KV

La Planta Fotovoltaica FV AVUTARDA SOLAR, ubicada en el término municipal de Paracuellos de Jarama (Comunidad de Madrid), es una instalación con una potencia en paneles de 57,13 MWp y una potencia instalada en inversores de 50,09 MVA.

La Planta Fotovoltaica transforma la energía proveniente del sol en energía eléctrica en corriente continua que, posteriormente, se convierte en energía eléctrica en corriente alterna en baja tensión a través de unos equipos llamados inversores. La energía en corriente alterna en baja tensión es elevada a media tensión mediante transformadores eléctricos ubicados en los centros de transformación, donde la energía proveniente de cada transformador se une haciendo entrada/salida en las celdas de media tensión, ubicadas también en centros de transformación. Los circuitos de media tensión a la salida de los Centros de Transformación discurren a lo largo de la planta de forma subterránea, agrupándose todos ellos para llegar hasta la subestación elevadora denominada SET Arroyo de la Vega Renovables 220/30 kV, ubicada en el término municipal de Paracuellos de Jarama.

Las características principales de la instalación fotovoltaica se muestran en la tabla siguiente:

Tabla 10: Características de la planta.

| Características FV AVUTARDA SOLAR | |
|-----------------------------------|-------------------------------|
| MODELO ESTRUCTURA | Gonvarri SolarSteel RACKSMART |
| NÚMERO DE ESTRUCTURAS | 1.478 |
| PITCH (m) | 7,5 |
| MODELO MÓDULO | VERTEX TSM DEG21C.20 |
| POTENCIA MÓDULO (Wp) | 660 |
| NÚMERO DE MÓDULOS | 86.560 |
| MÓDULOS POR STRING | 32 |
| POTENCIA PICO (Wp) | 57.129.600 |
| MODELO INVERSOR | HUAWEI SUN2000-215KTL-H3 |
| POTENCIA a 33°C (kVA) | 215 |
| NÚMERO DE INVERSORES | 233 |
| POTENCIA INSTALADA (VA) | 50.095.000 |
| Nº DE CENTROS DE TRANSFORMACIÓN | 8 |
| SOBREDIMENSIONAMIENTO | 1,14 |

Se ha seleccionado un módulo de 660 Wp por lo que esta configuración calculada supone la conexión de cadenas de 32 módulos en serie.

A continuación, se explica el procedimiento de cálculo de la potencia pico de la planta fotovoltaica con paneles bifaciales, asegurando, que, en su cálculo, no se debe tener en cuenta el factor de bifacialidad del panel.

El módulo fotovoltaico propuesto para el proyecto fotovoltaico es el modelo VERTEX TSM-DEG21C.20 con característica de construcción bifacial y células monocristalinas del fabricante Trinasolar, considerándose un total de 86.560 unidades.

La potencia de cada módulo es la indicada en la ficha técnica como se muestra a continuación, según fabricante del módulo:

Habilitación Colegiado: 1546 RUBEN PASCUAL HERNANDEZ
Profesional

20/04
2023

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA
VISADO: 230626



COIINA

ELECTRICAL DATA (STC)

| | | | | | | |
|--------------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Peak Power Watts-PMAX (Wp)* | 640 | 645 | 650 | 655 | 660 | 665 |
| Power Tolerance-PMAX (W) | 0 ~ +5 | | | | | |
| Maximum Power Voltage-VMPP (V) | 37.3 | 37.5 | 37.7 | 37.9 | 38.1 | 38.3 |
| Maximum Power Current-IMPP (A) | 17.19 | 17.23 | 17.27 | 17.31 | 17.35 | 17.39 |
| Open Circuit Voltage-Voc (V) | 45.1 | 45.3 | 45.5 | 45.7 | 45.9 | 46.1 |
| Short Circuit Current-Isc (A) | 18.26 | 18.31 | 18.35 | 18.40 | 18.45 | 18.50 |
| Module Efficiency η_m (%) | 20.6 | 20.8 | 20.9 | 21.1 | 21.2 | 21.4 |

STC: Irradiance 1000W/m², Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5. *Measuring tolerance: $\pm 3\%$.

Ilustración 8 : Potencia Nominal-PMAX (Wp) del módulo

En la imagen se puede observar la potencia nominal máxima de la cara frontal del módulo en condiciones STC (660 W). A continuación, se calcula la potencia nominal máxima del módulo aplicando un factor bifacialidad de 5, 10 y 15%.

Tabla 51: Potencia nominal máxima del módulo para diferentes porcentajes de bifacialidad

| BIFACIALIDAD | POTENCIA NOMINAL MÁXIMA |
|--------------|---|
| 5% | $660 + (660 \times 0,05) = 693 \text{ W}$ |
| 10% | $660 + (660 \times 0,1) = 726 \text{ W}$ |
| 15% | $660 + (660 \times 0,15) = 759 \text{ W}$ |

Las potencias nominales máximas del módulo en condiciones STC una vez aplicados estos factores, van desde 693 W hasta 759 W. Esta ganancia bifacial depende de distintos factores como son el tipo de estructura sobre la que va montado el módulo, su altura, su inclinación y el efecto albedo en el terreno, es decir, que la ganancia bifacial no es una constante del módulo ya que depende de factores ajenos a la construcción del propio módulo.

En la siguiente tabla se indica la potencia pico total teórica de la instalación con cada ganancia bifacial.

Tabla 12: Potencia pico para diferentes porcentajes de bifacialidad

| GANANCIA | POTENCIA PICO |
|----------|--|
| 0% | $86.560 \times 660 = 57.129.600 \text{ W}$ |
| 5% | $86.560 \times 693 = 59.986.080 \text{ W}$ |
| 10% | $86.560 \times 726 = 62.842.560 \text{ W}$ |
| 15% | $86.560 \times 759 = 65.699.040 \text{ W}$ |

El proceso de medición de potencia nominal para módulos fotovoltaicos bifaciales se detalla en la norma IEC TS 60904-1-2:2019, y no define como tal una potencia nominal resultado de sumar la potencia de ambas caras, sino que define un factor denominado bifacialidad, que representa la relación entre las características principales de potencia medida en condiciones STC de la parte trasera y frontal.

En el caso del módulo seleccionado para el proyecto, el factor de bifacialidad tiene un valor de $70 \pm 5\%$, tal y como se especifica en la ficha técnica.

La realidad es que la ganancia bifacial va a depender en última instancia de factores externos al módulo, como indica el fabricante en la hoja de características, y no debería considerarse la potencia nominal como la suma de ambas caras ya que, bajo esta falsa premisa, dentro de la misma instalación se tendrían módulos con distintas ganancias y por ende con distintas potencias, a pesar de tratarse del mismo fabricante y familia de módulo.

Por lo expuesto, se considera que la potencia pico exacta de la instalación es 57.129.600 W.

Asimismo, las características principales de la instalación de evacuación de 30 kV se muestran en la 13.

Tabla 13: Características de la Infraestructura de Evacuación en 30 kV.

| Infraestructura de Evacuación en 30 kV | |
|--|---|
| LOCALIZACIÓN | Paracuellos de Jarama (Comunidad de Madrid) |
| TENSIÓN | 30 kV |
| MATERIAL | Aluminio |
| AISLAMIENTO | HEPR |
| SECCIÓN | 120/240/400/630 mm ² |

La planta cuenta con estructuras de 2 filas de 32 y 16 módulos cada una, totalizando 64 y 32 módulos por estructura. Se trata de estructuras fijas distribuidas por toda la superficie de la planta. Las estructuras están separadas 7,5 m entre sí (separación Norte-Sur) para evitar el sombreado de los módulos durante la operación. Las cadenas se agruparán, según la topología de cada bloque o subplanta y se conectará cada uno de ellos a un inversor.

Desde dicho inversor se evacuará la energía generada, mediante conductores de corriente alterna hasta el armario de baja tensión del centro de transformación.

Mediante los inversores, a través de su electrónica de potencia, se convertirá la energía en corriente continua procedente de los módulos fotovoltaicos en energía en corriente alterna en baja tensión para que, posteriormente, los transformadores ubicados en el centro de transformación sean los que eleven a media tensión, en concreto a 30kV, para su evacuación hasta la subestación elevadora mediante una red subterránea. Dicha red subterránea,

compuesta de tres circuitos, llevará la energía generada hasta la subestación SET Arroyo de la Vega Renovables 220/30 kV.

Los circuitos serán de aluminio, aislamiento HEPR y de tensión nominal 30 kV, e irán enterrados en zanjas por motivos de seguridad y para minimizar el impacto ambiental y paisajístico.

Se conectan varios circuitos de media tensión, que van recogiendo la energía producida en los diferentes centros de transformación, agrupándolos de manera progresiva por el interior de la instalación hasta un punto común del que partirán enterrados hasta la SET Arroyo de la Vega Renovables 220/30 kV. Esto se consigue a través de las celdas de media tensión ubicadas en cada uno de los centros de transformación, realizando una entrada-salida del circuito de media tensión que corresponda. Las características generales del cableado y zanjas se detallan en los apartados correspondientes de esta memoria.

En las siguientes tablas se recogen los distintos tramos y sus características.

Tabla 14: Tramos CT-6 a SE con sus características.

| | INICIO | FIN | L TOTAL (m) | TIPO | NIVEL DE TENSIÓN | TIPO CABLE | CALIBRE (mm2) |
|---------------|--------|------|-------------|------|------------------|------------|---------------|
| CIRCUITO MV-1 | PS-6 | PS-7 | 257 | HEPR | 18/30 kV | Al | 120 |
| | PS-7 | PS-5 | 494 | HEPR | 18/30 kV | Al | 240 |
| | PS-5 | SE | 1852 | HEPR | 18/30 kV | Al | 630 |

Tabla 15: Tramos CT-4 a SE con sus características

| | INICIO | FIN | L TOTAL (m) | TIPO | NIVEL DE TENSIÓN | TIPO CABLE | CALIBRE (mm2) |
|---------------|--------|------|-------------|------|------------------|------------|---------------|
| CIRCUITO MV-2 | PS-4 | PS-2 | 689 | HEPR | 18/30 kV | Al | 120 |
| | PS-2 | PS-1 | 460 | HEPR | 18/30 kV | Al | 400 |
| | PS-1 | SE | 1009 | HEPR | 18/30 kV | Al | 630 |

Tabla 16: Tramos CT-8 a SE con sus características

| | INICIO | FIN | L TOTAL (m) | TIPO | NIVEL DE TENSIÓN | TIPO CABLE | CALIBRE (mm2) |
|---------------|--------|------|-------------|------|------------------|------------|---------------|
| CIRCUITO MV-3 | PS-8 | PS-3 | 1173 | HEPR | 18/30 kV | Al | 120 |
| | PS-3 | SE | 1617 | HEPR | 18/30 kV | Al | 240 |

La potencia de los inversores se ha dimensionado de tal manera que la instalación fotovoltaica sea capaz, al mismo tiempo, de suministrar toda la potencia activa disponible y de cumplir con el requerimiento más restrictivo de potencia reactiva según el Código de Red, a máxima temperatura y sin la necesidad de equipos adicionales para la compensación de potencia reactiva.

Adicionalmente, la planta dispondrá de estaciones de medida de datos meteorológicos situadas estratégicamente a lo largo de la instalación, con el objeto de suministrar al sistema de monitorización y al sistema de gestión de las estructuras los datos necesarios para su control y seguridad.

4.2 DESCRIPCIÓN DE LA SUBESTACIÓN ELEVADORA (NO OBJETO DEL PROYECTO)

La subestación elevadora es SET Arroyo de la Vega Renovables 220/30 kV. Desde la planta fotovoltaica sale una red subterránea compuesta por una zanja de 3 circuitos, en 30 kV, que evacúan la energía generada hasta dicha subestación.

En SET Arroyo de la vega Renovables 220/30 kV se eleva la tensión hasta 220 kV, y mediante una línea de alta tensión, se conecta con Arroyo de la Vega 220 kV (REE).

4.3 DIMENSIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA E INFRAESTRUCTURA DE EVACUACIÓN EN 30 KV

4.3.1 Configuración eléctrica

Como ya se ha mencionado, la instalación fotovoltaica, mediante los módulos fotovoltaicos, genera electricidad en corriente continua (DC).

La instalación eléctrica en baja tensión estará conformada por:

- Un sistema de corriente continua cableado desde los módulos hasta los inversores.
- Un sistema de corriente alterna (AC) cableado desde los inversores hasta los centros de transformación.
- El sistema de AC estará a su vez formado por otros dos sistemas, uno para el transporte interior y la evacuación de la energía transformada en los inversores; y otro para la alimentación de los equipos y servicios auxiliares.

Las principales características de la configuración eléctrica se recogen en la Tabla 67.

| | | |
|--|--------------------------|--|
|  COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA VISADO: 230626 | 20/04 2023 | Rubén Pascual Hernández Colegiado: 1546 Ingeniero Industrial |
| | Habilitación Profesional | |

Tabla 67: Configuración eléctrica planta.

| | Inversor String | | | |
|--|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Potencia Pico Planta (Wp) | 57.129.600 | | | |
| Potencia Instalada Inv. Planta (40°C) (VA) | 50.095.000 | | | |
| Modelo módulo FV | VERTEX TSM-DEG21C.20 | | | |
| Potencia módulo FV (Wp) | 660 | | | |
| Nº modulos / string | 32 | | | |
| Nº modulos total | 86.560 | | | |
| Modelo estructura | Estructura fija 2Vx32/2Vx16 | | | |
| Nº strings / estructura | 2/1 | | | |
| Nº estructuras total | 1.478 | | | |
| Tilt | 24 | | | |
| Pitch (m) | 7,5 | | | |
| Modelo inversor | HUAWEI SUN2000-215KTL-H3 | | | |
| Potencia inversor (W) | 215.000 | | | |
| Modelo centro transformación | STS-3000K-H1 / STS-6000K-H1 | | | |
| Potencia centro transformación (W) @40°C | 3.250.000/6.500.000 | | | |
| Nº inversores | 233 | | | |
| CONFIGURACIÓN BLOQUES DE POTENCIA | | | | |
| Bloque de potencia | Tipo 1 | Tipo 2 | Tipo 3 | Tipo 4 |
| Número inversores | 31 | 31 | 31 | 16 |
| Nº strings / inversor | 12/13 | 12/13 | 10/11 | 12 |
| Nº strings / bloque de potencia | 392 | 382 | 325 | 192 |
| Número módulos / bloque de potencia | 12.600 | 6.552 | 6.912 | 5.904 |
| Potencia pico / bloque de potencia | 8.279.040 | 8.067.840 | 8.864.000 | 4.055.040 |
| Potencia Instalada inv. / bloque de potencia | 6.665.000 | 6.665.000 | 6.665.000 | 3.440.000 |
| Nº bloques de potencia | 1 | 3 | 3 | 1 |

Con esta configuración y teniendo en cuenta los criterios de intensidad máxima admisible y caída de tensión se tiene como conclusión que: todas las secciones, tanto de BT como de MT, cumplen con el primer criterio, es decir, la intensidad máxima permitida por el conductor es mayor a la intensidad que circulará por el mismo.

En ambos niveles de tensión se ha respetado que:

- Caída de tensión BT: inferior al 1% tanto en AC como en DC.
- Caída de tensión MT: inferior 1%.

4.3.2 Diseño del cableado eléctrico

En el cálculo del cableado eléctrico se busca minimizar las longitudes y secciones del cable. Las secciones se calculan de acuerdo a la norma IEC 60502-2.

Los factores que se tienen para el cálculo de la sección son:

- Caída de tensión (tal y como se ha explicado en el apartado anterior).
- Calentamiento del cable.
- Intensidad de cortocircuito.

El cableado seleccionado y sus características se muestran en la Tabla 18.

Tabla 18: Resumen de las secciones de cable seleccionadas.

| Sección | Material conductor | Material aislante | Tipo de instalación |
|---------------------------------------|--------------------|-------------------|------------------------|
| De String a Inversor | | | |
| 6 mm ² | Cu | XLPE o ERP | Enterrado bajo tubo |
| 10 mm ² | Cu | XLPE o ERP | Enterrado bajo tubo |
| De Inversor a CT | | | |
| 300 mm ² | Al | XLPE o ERP | Directamente enterrado |
| 400 mm ² | Al | XLPE o ERP | Directamente enterrado |
| De CT a SE Monterías 220/30 kV | | | |
| 120 mm ² | Al | HEPR | Directamente enterrado |
| 240 mm ² | Al | HEPR | Directamente enterrado |
| 400 mm ² | Al | HEPR | Directamente enterrado |
| 630 mm ² | Al | HEPR | Directamente enterrado |

4.3.3 Red de puesta a tierra (PaT)

Todas las partes metálicas de la instalación estarán conectadas a la red de tierra para evitar tensiones de contacto peligrosas.

La red de tierras será de cobre o aleación de cobre para asegurar su resistencia a la corrosión con los siguientes materiales:

- Cables: cobre desnudo de sección 35 mm² en la malla principal.
- Electrodo de tierra: de acero recubierto de cobre con 0,25 mm de espesor de recubrimiento de cobre 14" de diámetro y 2 m de longitud.
- Conectores: de cobre o aleación de cobre de fusión, en conexiones enterradas.

Se realizará una malla de PaT mediante tendido de conductor de 35 mm² de cobre desnudo enterrado. Este conductor unirá cada uno de los seguidores a los que se conectarán las puestas a tierra de los paneles.

Los paneles irán todos conectados a la red de tierra mediante conductor aislado de cobre (Cu) 16 mm². Los centros de transformación irán igualmente conectados a la red.

Para la formación de las mallas de PaT se realizará un tendido perimetral del conductor de 35 mm² alrededor de las estructuras de paneles de cada uno de los inversores, con tramos intermedios y en paralelo a las canalizaciones de corriente continua. La profundidad de la instalación de tierras será como mínimo de 50 cm.

Se dispondrá de picas de tierra tanto en los inversores como en los centros de transformación.

Para la puesta a tierra de servicio de los transformadores y con el objeto de evitar tensiones peligrosas en BT, el neutro del sistema de BT se conectará a una toma de tierra independiente del sistema de herrajes de MT con un cable de cobre aislado (0,6/1 kV). El sistema de tierras se unirá mediante cable desnudo de cobre de 50 mm².

4.3.4 Obras civiles

Los parámetros considerados para las obras civiles requeridas para construir la planta fotovoltaica se muestran en la Tabla 19.

Tabla 19: Resumen parámetros para obras civiles.

| OBRAS CIVILES | |
|---|---------|
| Distancia entre filas | 7,5 m |
| Distancia entre filas consecutivas | 0,2 m |
| Ancho viales internos | 4 m |
| Longitud viales internos | 2.117 m |
| Ancho viales de acceso | 6 m |
| Longitud viales de acceso | 194 m |
| Sección máxima de zanjas internas (BT y MT) | 1,2 m |

| OBRAS CIVILES | |
|--|----------------------|
| Profundidad máxima de zanjas (BT y MT) | 1,42 m |
| Longitud de zanjas (BT y MT) | 20.423,49 m |
| Número de hincados por estructura | 5/7 |
| Superficie destinada a zona de acopio | 263,8 m ² |

Las zanjas internas se realizarán principalmente aprovechando los recorridos de los viales.

4.3.4.1 Caminos de acceso

Los accesos a la instalación se realizarán por caminos rurales existentes y desde la carretera M-103, tal y como se describe en el apartado 3.3 de esta misma memoria.

4.3.4.2 Caminos internos

Los viales del interior del recinto se realizarán para permitir el acceso de vehículos a los diferentes edificios de la planta y a los inversores. Los viales interiores se ejecutarán con una base de 10 cm de espesor de zahora artificial ZA-20 sobre una subbase de 20 cm de espesor de material seleccionado. En caso de ser necesario se realizarán cunetas de drenaje.

El ancho de estos caminos internos será de 4 metros y su trazado se configurará a partir de la estructura de los caminos de acceso de nueva obra. Se garantizará el pertinente bombeo en sección para el correcto desagüe de precipitaciones.

4.3.4.3 Edificios

La planta fotovoltaica cuenta con un edificio de control para el personal de operación y mantenimiento y contará con un almacén. En concreto, contará con una superficie de 437 m².

El edificio constará con la suficiente superficie como para que las labores de control y supervisión se desarrollen de manera correcta albergando el correspondiente equipo e instalaciones para el uso del personal de operación y mantenimiento.

El edificio dispone de:

- I. Almacén
- II. Sala de control y supervisión
- III. Sala de reuniones/Despacho (x2)
- IV. Sala de comunicación servidores
- V. Cocina/Comedor
- VI. Zona de vestuarios

Así mismo, se dispone de la superficie apropiada albergar material en el almacén de aproximadamente 197 m².

4.3.4.4 Fijaciones

La fijación de los seguidores se realizará por el método de hincado a 1,5 metros de profundidad, salvo que la resistencia del terreno que resulte del estudio geotécnico de la zona sea muy baja, en cuyo caso se resolverá con dados de hormigón.

4.3.4.5 Cimentaciones

La cimentación de los vallados se ejecutará como pozos de cimentación cilíndricos de hormigón en masa de las características y dimensiones indicadas en planta. Las dimensiones de los pozos de cimentación de postes centrales y postes para las puertas serán de diferentes dimensiones tal y como se indica en planos.

La cimentación para la estación de potencia será ejecutada como zanjas de cimentación, bajo los laterales del sentido más amplio de la estación de potencia como se indica en planos.

4.3.4.6 Zonas de acopio

Durante la ejecución de la obra, se dispondrá de una zona de acopio de un área de 264 m², la cual servirá para la disposición de distintos materiales.

Esta zona estará ubicada al noroeste del parque, dentro del vallado, y quedará dispuesta en las proximidades del acceso 9.

4.3.4.7 Canalizaciones eléctricas

Las zanjas para los cables tendrán como máximo 1,42 m de profundidad y 0,8 m de anchura. El lecho de zanja deberá ser liso y estar libre de aristas vivas, cantos, piedras, etc.

En función del tipo de zanja que se vaya a disponer en el tramo, el tratamiento del fondo de zanja será distinto. En caso de que el relleno de la zanja este compuesto por material de excavación en superficie y material seleccionado en la parte inferior, será necesario disponer de una capa de arena de río lavada de 10 cm de espesor, sobre la cual se depositará el cable a instalar. En caso de que el material de la parte inferior sea hormigón en masa y no un relleno seleccionado, se omitirá la cama de área de río.

En las zanjas en las que se disponga material seleccionado como relleno, se dispondrá sobre éste una protección mecánica. Se continuará rellenando con 15 cm material de excavación, se compactará con medios manuales. Tras esta tongada se dispondrá a lo largo del trazado del cable una cinta de señalización para advertir de la presencia de conductor eléctrico. Por último, se continuará rellenando 20 cm con material de excavación hasta la cota de superficie donde se compactará con medios mecánicos. En el caso de las zanjas de media tensión que se disponga material seleccionado como relleno, se colocará la cubierta mecánica 30 cm por debajo de la cota de superficie, al igual que la cinta señalizadora.

En las zanjas en las que se disponga hormigón en masa, se omitirá sobre éste la protección mecánica. Se continuará rellenando con tongadas de máximo 20 cm material de excavación, compactadas mediante medios manuales. A 30-20 cm de la cota de superficie se ubicará a lo largo del trazado del cable una cinta de señalización para advertir de la presencia de conductor eléctrico, tal y como se indica en detalles de plano. Por último, se continuará rellenando 30 (o 20) cm con material de excavación hasta la cota de superficie donde se compactará con medios mecánicos.

4.3.4.8 Vallado Perimetral

La longitud total del vallado es 11.225 metros. Todo el recinto de la instalación estará protegido por un cerramiento realizado con malla de acero galvanizado con trama 30/10, altura 1,38 m y las dos filas inferiores trama 30/15. Se mantendrá una distancia mínima al suelo de 15 cm. Deberá carecer alambres de espinos y de elementos cortantes o punzantes y no interrumpirá los cursos naturales de agua ni favorecerá la erosión ni el arrastre de tierras. La altura mínima del vallado será de 1,5 m y máxima de 2 m.

Los postes de línea metálicos serán de 2,5 pulgadas de diámetros y 1,2 mm de espesor, anclados al terreno mediante pedestales de hormigón en masa cilíndricos de 24 cm de diámetro por 50 cm de profundidad y estarán colocados a una distancia máxima de 3 metros. Las puertas de acceso, como parte del cerramiento perimetral, cumplirán las mismas características de altura. Para los postes de la puerta los pedestales serán de 2,5 pulgadas de diámetro y 1,2 m de profundidad. Los tubos de retención diagonales serán de 1,5 pulgadas de diámetro y un espesor de 0,9 mm.

El cerramiento deberá ser completamente permeable en su parte inferior a los vertebrados terrestres hasta el tamaño de un zorro, y deberá contar con pasos tipo gatera para mamíferos terrestres de mayor tamaño como mínimo cada 50 m y en todas los ángulos e intersecciones con roquederos. Incluirá señalización mediante placas metálicas de color blanco silladas al menos cada 10 m a tresbolillo para evitar colisión de aves en vuelo rasante.

Adicionalmente, se incluirán todas las medidas que resulten del Estudio de Impacto Ambiental en cuanto al perímetro del vallado y a los dispositivos anticolidión.

Los accesos, se señalizarán debidamente de forma que se advierta en todo momento de los riesgos existentes a todos los que trabajan o circulan por la obra. En dicho acceso, en sitio visible, se colocarán carteles prohibiendo la entrada a personas ajenas a la obra. Se deberá colocar, como mínimo, la siguiente señalización:

- Prohibido aparcar en la zona de entrada de vehículos.
- Prohibido el paso de peatones por la entrada de vehículos.
- Obligatoriedad del uso del casco en el recinto de la obra.

Habilitación Colegiado: 1546 RUBEN PASCUAL HERNANDEZ

Profesional

20/04
2023

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA
VISADO: 230626



- Prohibición de entrada a toda persona ajena a la obra.
- Peligro, salida de camiones.

No se permitirá la entrada en la obra a visitantes o personas ajenas, salvo que estén debidamente autorizados o vayan acompañados de una persona competente y lleven el equipo de protección adecuado.

4.3.4.9 Drenajes

Para garantizar el drenaje del parque fotovoltaico se ejecutará una red de cunetas paralela a los viales con el objetivo de protegerlos del agua de escorrentía. En este caso, las cunetas serán sin revestimiento, con un talud 1H/1V y unas dimensiones de 1 metros de ancho por 0,4 metros de calado. Se dispondrán cunetas con revestimiento si la pendiente longitudinal es superior al 3%, una vez se cuente con topografía detallada de la zona.

De forma complementaria, se dispondrán obras de drenaje transversal (ODT) en puntos concretos de los viales, para garantizar el paso de agua de una zona a otra y evitar así la acumulación del agua de escorrentía de las cuencas de aportación.

En este caso, de manera preliminar, se dispondrán badenes con dimensiones TR B100xV30 6,66/1.

4.3.4.10 Movimiento de tierras

Los movimientos de tierras se han diseñado de tal manera que eviten embalsamientos de agua y favorezcan la evacuación de las aguas de escorrentía, así como evitar la generación de desniveles importantes entre estructuras que pudieran ocasionar sombras entre ellas.

Las tolerancias de la estructura consideradas para este proyecto son:

- Máxima pendiente asumible N-S: 17%.
- Máxima pendiente asumible E-O: ilimitado.

Para más información se puede consultar el documento **"0101IGN00880-100-EOS-CIV-REP-0001 ANEXO I Cálculos civiles"**.

5 EQUIPOS PRINCIPALES

Los equipos principales utilizados para convertir la energía solar en electricidad son:

- Módulos fotovoltaicos**, que convierten la radiación solar en corriente continua.
- Estructura fija**, que sirve de soporte y con un tilt establecido que permiten mayor eficiencia y aceptabilidad al terreno, pudiendo hacer instalaciones en zonas de pendientes elevadas.

- c) **Inversores de string**, que convierten la DC del campo solar a AC.
- d) **Transformadores de potencia**, que elevan el nivel de tensión de baja tensión a media tensión.
- e) **Centros de transformación**, donde en este caso se alojan los cuadros de baja tensión y el transformador.
- f) **Cableado de baja tensión**, en corriente continua, para la formación de las cadenas de módulos fotovoltaicos hasta su llegada a los inversores de strings y en corriente alterna, para transportar la energía desde los inversores de string hasta los centros de transformación.
- g) **Cableado de media tensión (30 kV)**, empleado para la conexión entre los diferentes centros de transformación, el transporte interior de la energía generada en el ámbito de actuación de la instalación fotovoltaica y, en su caso, la evacuación hacia la subestación elevadora.
- h) **Otros equipos**, necesarios para los sistemas de protecciones, sistemas de control, sistemas de medida e instalaciones auxiliares.

En la presente memoria se denomina “Media tensión” a la red de 30 kV que une los diferentes centros de transformación entre sí y con la subestación. Sin embargo, en algunos planos o proyectos estos circuitos podrían ir referenciados como “alta tensión” ya que en España la tensión mayor a 1 kV está regulada por el Reglamento de Instalaciones de alta tensión.

5.1 MÓDULO FOTOVOLTAICO

Un generador fotovoltaico es el conjunto de módulos fotovoltaicos encargados de transformar, sin ningún paso intermedio, la energía procedente de la radiación solar en energía eléctrica. Esta conversión a energía eléctrica se hace por medio de corriente continua que será transformada a corriente alterna en el inversor.

El módulo fotovoltaico seleccionado será el modelo VERTEX TSM-DEG20C.20, fabricado por TrinaSolar o similar. Tiene una potencia máxima de 660 W, la tecnología de las células es monocristalina y cuenta con tecnología bifacial. Es decir, están diseñados especialmente para captar la energía recibida del sol por sus dos lados, y así aumentar su capacidad de producción.

Las características del módulo fotovoltaico elegido se muestran en la Tabla 20.

Habilitación Colegiado: 1546 RUBEN PASCUAL HERNANDEZ
Profesional

20/04
2023

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA
VISADO: 230626



Tabla 20: Datos módulo fotovoltaico.

| Características del módulo fotovoltaico | |
|---|----------------|
| Características principales | |
| Tecnología | Monocrystalino |
| Tipo de módulo | Bifacial |
| Máxima tensión | 1500 V |
| Standard test conditions (STC) | |
| Potencia máxima | 660 W |
| Tensión MPP | 38,1 V |
| Corriente MPP | 17,35 A |
| Tensión a circuito abierto | 45,9 V |
| Corriente de cortocircuito | 18,45 A |
| Coeficientes de temperatura | |
| Coeficiente de potencia | -0,34 %/°C |
| Coeficiente de tensión | -0,25 %/°C |
| Coeficiente de corriente | 0,04 %/°C |
| Características mecánicas | |
| Largo | 2.384 mm |
| Ancho | 1303 mm |
| Grosor | 35 mm |
| Peso | 38,7 kg |

Habilitación Colegiado: 1546 RUBEN PASCUAL HERNANDEZ

Profesional

20/04
2023

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA
VISADO: 230626





Ilustración 9 : Módulo fotovoltaico.

5.2 ESTRUCTURA FIJA

Los módulos solares fotovoltaicos se montan sobre una estructura que está orientada este-oeste. Estas estructuras se conocen como fijas, y están fijadas al suelo. El diseño de las estructuras fijas permite instalar más potencia que con estructuras seguidoras, ya que, en el mismo espacio entran más cantidad de estructuras y permiten rangos de pendientes más amplios.

La estructura fija seleccionada para el proyecto es la RackSmart de SolarSteel, del fabricante Gonvarri. Las principales características de la estructura seleccionada pueden verse en la Tabla 21.

Tabla 21: Características principales de la estructura fija.

| Características del seguidor de un eje | |
|--|-------|
| Configuración | 2V |
| Ángulo de inclinación (Tilt) | 24° |
| Número de módulos por fila | 32/16 |
| Distancia entre filas | 7,5 m |

Para evitar sombras entre las diferentes estructuras, se ha diseñado una distancia de 7,5 m entre alineaciones en dirección Norte-Sur.

La estructura soporte de los paneles fotovoltaicos se instala o bien perforando previamente un agujero con una cimentación de hormigón o hincando directamente. En condiciones normales, se utilizará el segundo método de instalación evitando así el uso de hormigón.

5.3 INVERSOR DE STRING

El inversor convierte la corriente continua producida por los módulos fotovoltaicos en corriente alterna.

Para la evacuación de la potencia proyectada en la presente instalación, será necesaria la instalación de 8 Centros de Transformación, con un total de 233 inversores de 215 kVA de potencia máxima.

Los inversores operan de forma totalmente automática. Su sistema de control se basa en la toma de datos de tensión, frecuencia y potencia producida por los módulos para su operación mediante electrónica de potencia. El inversor, puesto que, aunque sea mínimo, tiene un consumo de la red, sólo arranca cuando los módulos solares generan energía suficiente para ello. En el momento en que se genera ese mínimo de energía, el inversor comienza a inyectar a la red. El inversor está diseñado para cumplir los códigos de red de Red Eléctrica de España, así como limitar la potencia en el punto de conexión a la potencia concedida en el permiso de acceso.



Ilustración 10 : Inversor de string.

El inversor seleccionado será el SUN2000-215KTL-H3 de Huawei o similar. Las principales características del inversor seleccionado se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 22: Características principales del inversor.

| Características del inversor | |
|--|---------------|
| Características principales | |
| Tipo | STRING |
| Máxima eficiencia de conversión de DC a AC | ≥99.0 % |
| Entrada (DC) | |
| Rango búsqueda MPPT | 500 – 1.500 V |
| Tensión máxima de entrada | 1500 V |
| Salida (AC) | |
| Potencia máxima a 33 °C | 215 kVA |
| Tensión de salida | 800 V |
| Frecuencia de salida | 50 Hz |

La potencia de los inversores se ha dimensionado de tal manera que la instalación fotovoltaica sea capaz, al mismo tiempo, de suministrar toda la potencia activa disponible y de cumplir con el requerimiento más restrictivo de potencia reactiva según el Código de Red, a máxima temperatura y sin la necesidad de equipos adicionales para la compensación de potencia reactiva.

5.4 TRANSFORMADOR

El transformador de potencia eleva la tensión de la salida de AC del inversor para reducir las pérdidas eléctricas en los circuitos de 30 kV de la instalación fotovoltaica.

Las principales características del transformador de potencia del centro de transformación escogido se muestran en la siguiente tabla:

Colegiado: 1546 RUBEN PASCUAL HERNANDEZ
 Colegiado: 230626

Colegiado: 230626

Colegiado: 230626

Colegiado: 230626

Tabla 23: Características del transformador.

| Características centro de transformación | | |
|--|---------------------|---------------------|
| Modelo | STS-6000K-H1 | STS-3000K-H1 |
| Potencia (40°C) | 6.500 kVA | 3.250 kVA |
| Potencia (50°C) | 5.920 kVA | 2.960 kVA |
| Sistema de refrigeración | ONAN | ONAN |
| Tipo de transformador | Sumergido en aceite | Sumergido en aceite |
| Relación de transformación | Dy11-y11 | Dy11 |

5.5 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

Los centros de transformación (CT) o Power Block son edificios o contenedores interiores. En estos centros la energía recolectada mediante los módulos solares se incrementa a un nivel más alto para que el transporte sea más fácil, pasando de baja a media tensión (30kV). En los centros de transformación se alojan los transformadores y las celdas de media tensión.

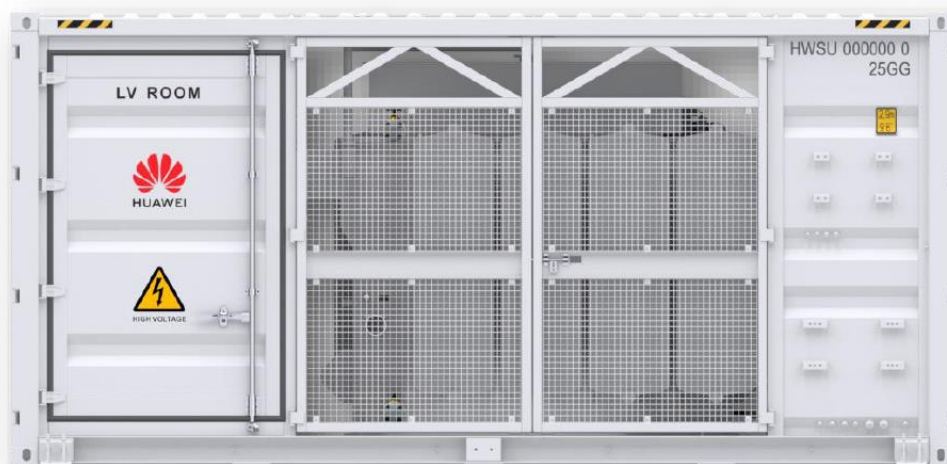


Ilustración 11 : Centro de transformación STS-6000K-H1 y STS-3000k-H1.

El centro de transformación se suministrará con celdas de media tensión conteniendo interruptores que incluyen una unidad de protección de transformador, una unidad de alimentación directa de entrada, una unidad de alimentación directa de salida y las placas eléctricas. Además, los elementos cumplirán con los requisitos de las normas y reglamentos aplicables para las condiciones de servicio especificadas.

Las cimentaciones del Centro de Transformación serán hormigonadas.

Las características principales del centro de transformación seleccionado se muestran en la Tabla 74.

Tabla 74: Características centros de transformación.

| Características centros de transformación | | |
|---|----------------------|----------------------|
| Modelo | STS-6000K-H1 | STS-3000K-H1 |
| Potencia (40°C) | 6.500 kVA | 3.250 kVA |
| Tipo de transformador | Sumergido en aceite | Sumergido en aceite |
| Relación de transformación | Dy11y11 | Dy11 |
| Dimensiones | 6.058x2.896x2.438 mm | 6.058x2.896x2.438 mm |

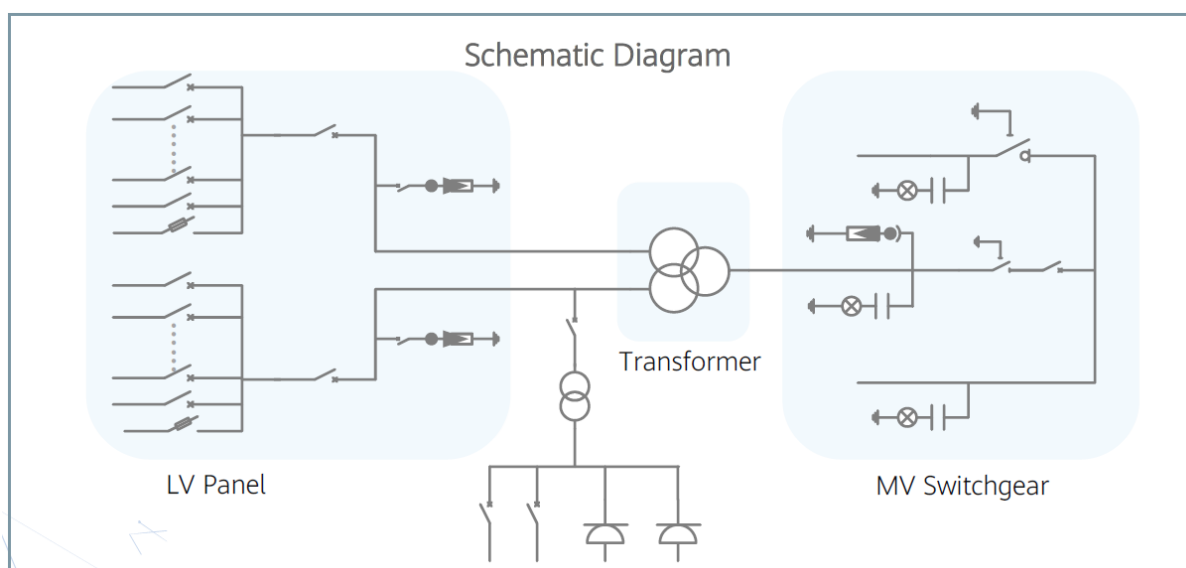


Ilustración 12 : Esquema unifilar Centro de Transformación STS-6000K-H1.

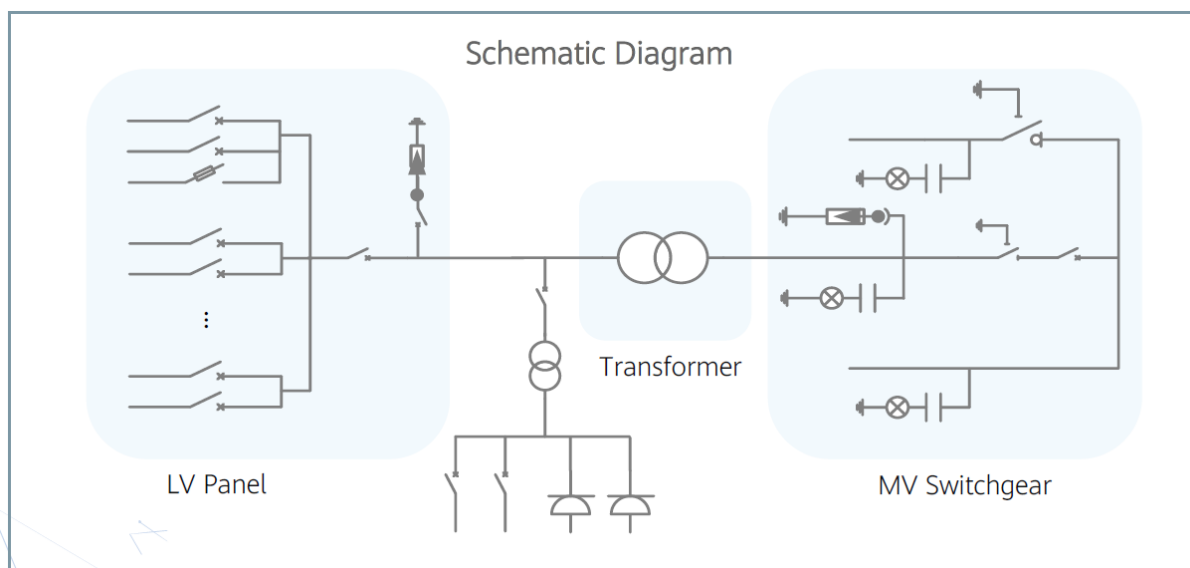


Ilustración 13 : Esquema unifilar Centro de Transformación STS-3000K-H1.

5.6 CABLEADO DE BAJA TENSIÓN

Los cables de baja tensión se utilizarán principalmente para la unión de cadenas de módulos fotovoltaicos en corriente continua, que llegarán hasta el inversor de string, y para la conexión de los inversores con los centros de transformación.

La caída de tensión máxima admisible en la instalación fotovoltaica no deberá ser superior el 1% en la parte de baja tensión, tanto para corriente alterna como corriente continua. Los conductores serán principalmente de cobre y tendrán una sección adecuada para evitar estas caídas de tensión y calentamientos.

Los cables se etiquetarán e identificarán adecuadamente mediante ferrules y tendrán un código de colores de acuerdo a la norma UNE 21.089 lo que facilitará las labores de mantenimiento. Los ferrules serán resistentes a la radiación ultravioleta e irán firmemente sujetos al cajetín que precinta el cable o al propio cable. Además, los conductores de todos los cables de control habrán de ir identificados a título individual en todas las terminaciones por medio de estos ferrules que llevarán rotulados caracteres indelebles, con arreglo a la numeración que figure en los diagramas de cableado pertinentes.

El cableado se conducirá de forma que tenga el menor impacto visual posible.

5.6.1 Cableado de baja tensión CC

Los cables de baja tensión en corriente continua se utilizarán principalmente para la unión de cadenas de módulos fotovoltaicos, que llegarán hasta el inversor de string. Para la elección de la sección del conductor se tendrá en cuenta las agrupaciones de potencia realizadas en los strings, la intensidad máxima admisible por el cable y la caída de tensión. El conexionado de los módulos se hará al tresbolillo. Estos terminales libres se conectarán en paralelo a través de conectores apropiados al inversor.

La conexión entre los módulos se realiza con cables multicontacto de fácil conexión que viene en los módulos fotovoltaicos. Son de sección $1 \times 4 \text{ mm}^2$ (IEC) y longitud de 280 mm, con un conector MC4 EV02.

El cableado de baja tensión en corriente continua tendrá una sección de 6 y 10 mm^2 e irá por la estructura y enterrado bajo tubo en aquellos tramos en los que sea necesario.

El tipo de cable seleccionado será el H1Z2Z2-K Cu / 1,5 kV o similar. Sus características principales se muestran a continuación:

- Preparado para tensiones de 1,5 kV en corriente continua.
- No propagador de llama, UNE-20432.1 (IEC-332.1).
- Conductor de Cu: clase 5.
- Aislamiento: XLPE.
- Cubierta: PVC
- Temperatura máxima de utilización: 120°C .
- Características constructivas: UNE-21123 (P-2)
- Los colores de los conductores aislados estarán de acuerdo con la norma UNE 21.089

5.6.2 Cableado de baja tensión CA

Los cables de baja tensión en corriente alterna se utilizarán principalmente para la unión de los inversores de string con el centro de transformación correspondiente. Para la elección de la sección del conductor se tendrá en cuenta la potencia de los inversores, la intensidad máxima admisible por el cable y la caída de tensión.

El cableado de baja tensión en corriente alterna tendrá una sección de 300 y 400 mm^2 e irá directamente enterrado. El tipo de cableado utilizado será XZ1 Al / 1,5 kV o similar.

Habilitación Colegiado: 1546 RUBEN PASCUAL HERNANDEZ
Profesional

20/04
2023

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA
VISADO: 230626



5.7 CABLEADO DE MEDIA TENSIÓN

Los cables de media tensión se utilizarán para la conexión entre los centros de transformación entre sí, así como la conexión de la planta fotovoltaica con la subestación. La caída de tensión máxima admisible en la instalación fotovoltaica no deberá ser superior el 1% y se realizará con cable de aluminio unipolar, aislamiento HEPR y de tensión nominal 18/30 kV y tensión máxima de 36 kV. Las secciones serán de 120 mm², 240 mm², 400 mm² y 630 mm².

Las partes y características de los cables de media tensión son las siguientes:

- **Conductor:** conductor de aluminio de sección circular compacta.
- **Semiconductor interior:** formado por una capa de compuesto semiconductor extruido dispuesto sobre el conductor. De esta forma se consigue uniformar el campo eléctrico a nivel de conductor y se asegura que presente una superficie lisa al aislamiento. De forma opcional, se dispondrá una cinta semiconductora de empaquetamiento sobre el conductor sobre la que se forma la capa de compuesto semiconductor, evitando de esta forma la penetración en el interior de la cuerda del compuesto extruido.
- **Aislamiento:** Compuesto de HEPR y sometido a control de ausencia de contaminaciones.
- **Semiconductor exterior:** Capa de compuesto semiconductor extruido sobre el aislamiento y adherido al mismo para evitar la formación de una capa de aire ionizable entre la pantalla y la superficie de aislamiento.
- **Proceso de extrusión:** La extrusión se debe realizar sobre un cabezal triple, donde se aplican las 3 capas extruidas (semiconductor interior, aislamiento y semiconductor exterior) en el mismo momento. Esto garantiza interfases lisas entre el aislamiento y las pantallas semiconductoras que es esencial en cables de MT. La reticulación se realiza en seco para evitar el contacto con el agua durante la fabricación.
- **Pantalla metálica:** Pantalla de alambres de cobre.
- **Contraespira:** Cinta metálica de cobre cuya función es la conexión equipotencial de los alambres.
- **Cubierta exterior:** Cubierta exterior de poliolefina (PE) tipo DMZ1. La cubierta será de color rojo.
- **Consideraciones frente al fuego:** Debido a su composición, los cables serán exentos de halógenos. Además, serán no propagadores de la llama y con las características frente al fuego requeridas en la normativa vigente.

Los cables empleados tendrán las siguientes características generales:

- Norma aplicable: UNE HD 620 / RLAT-ITC 06

Habilitación Colegiado: 1546 RUBEN PASCUAL HERNANDEZ
Profesional

20/04
2023

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA
VISADO: 230626



- Tensión asignada: 18/30 kV
- Conductor: Aluminio compacto clase 2
- Aislamiento: HEPR
- Pantalla: Cobre 16 mm²
- Cubierta: Normal DMZ1
- Temperatura máxima de operación: 105 °C
- Intensidad admisible: Según sección

5.8 SISTEMA DE PROTECCIONES

Para cumplir con la legislación vigente, la instalación contará con un sistema de protecciones. Además, este sistema comunicará constantemente con el Sistema de Control para detectar cualquier falta o anomalía.

Se diferencian principalmente 3 zonas de protección: el campo solar, los inversores y la media tensión.

- **Campo solar:** Para despejar falta frente a sobreintensidades mediante interruptores magnetotérmicos, sobretensiones mediante descargadores de tensión, y contactos directos e indirectos mediante interruptores diferenciales. Además, se controlará la corriente y el voltaje de string.
- **Inversores:** Para actuar frente a altas temperaturas, sobre o baja tensión, sobre o subfrecuencias, y fallo de red.
- **Centros de transformación:** Para actuar frente a altas temperaturas, sobre o baja tensión, sobre o subfrecuencias y fallo de red.
- **Media tensión:** Para actuar frente a sobre intensidades y cortocircuitos principalmente.

5.9 SISTEMA DE CONTROL / SCADA

La planta fotovoltaica cuenta con un sistema de control SCADA en tiempo real. Este sistema permite conocer diferentes parámetros para actuar sobre ellos tanto en la operación como en el mantenimiento de la planta. El sistema está conectado mediante fibra con la sala de control.

Habilitación Colegiado: 1546 RUBEN PASCUAL HERNANDEZ

Profesional

20/04
2023

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA
VISADO: 230626



Dentro del sistema de control SCADA hay un subsistema encargado de cumplir con el código de red en el punto de conexión, para cumplir así con la normativa europea y la implementación de la misma de acuerdo a REE. Este subsistema se denomina *Power Plant Controller* (PPC).

El PPC recibe y envía consignas constantemente a los equipos principales como los inversores y sus equipos asociados. Las señales que recibe son principalmente de tensión, frecuencia, producción para su limitación en tiempo real, limitación de potencia por parte del operador del sistema, regulación de reactiva y Ramp up/down.

El SCADA permite el acceso a los datos recibidos desde al parque solar, los inversores, las celdas de media tensión, Power Blocks, subestación elevadora y contadores de medida.

5.10 SISTEMA DE MEDIDA

Para dar de alta la medida fiscal de la instalación es necesario cumplir con el Reglamento Unificado de Puntos de Medida.

Los equipos de medida no son parte del proyecto, pero ha de tenerse en cuenta la necesidad de instalar estos equipos dentro de la subestación elevadora dentro de un armario específico. Estos contadores de medida deben ser normalizados por la compañía distribuidora y por Red Eléctrica de España. Las señales de estos equipos de medida serán enviadas al SCADA de la instalación.

Tal y como exigen los Procedimientos de Operación, a menos de 500 m de la subestación de conexión de REE se instalará una medida denominada "medida en la frontera".

5.11 INSTALACIONES AUXILIARES

5.11.1 Servicios Auxiliares

La función de los Servicios Auxiliares de corriente alterna de la instalación fotovoltaica es la de garantizar el suministro de energía eléctrica en baja tensión necesario para la explotación, seguridad y mantenimiento de la instalación. La energía necesaria será aportada por la misma planta cuando se encuentre en funcionamiento y por la red en las horas en las que se encuentra fuera de servicio.

Cada bloque de potencia contará con un cuadro eléctrico para servicios auxiliares. En este cuadro general se instalarán las salidas y protecciones para los diferentes circuitos: circuitos de iluminación, tomas de fuerza, cuadros de monitorización, cuadros auxiliares, etc. Estará dimensionado, además, con salidas de reserva para posibles ampliaciones. Todos los circuitos se protegerán adecuadamente con un interruptor automático y un interruptor diferencial, si es necesario.

El edificio de O&M también contará con un cuadro de SS. AA. que se alimentará a través de un transformador de tensión 30/0,42 kV ubicado dentro de la sala eléctrica del edificio. Igualmente, el cuadro eléctrico general del edificio constará con salidas y protecciones para los diferentes circuitos de iluminación, fuerza, auxiliares, etc.

Para las líneas de alimentación de corriente alterna en baja tensión se utilizará cable de cobre de 0,6/1 kV. La sección del conductor se elige teniendo en cuenta el REBT y los siguientes criterios: intensidad de cortocircuito, intensidad máxima admisible y caída de tensión.

5.11.2 Sistemas Antiintrusismo

Se instalará un sistema de seguridad para evitar posibles robos del material de la instalación. El sistema de seguridad perimetral persigue evitar la intrusión de personas y/o vehículos al recinto que delimita la planta solar.

El objetivo fundamental de este sistema es proporcionar un perímetro hermético en el mayor grado posible que permita detectar cualquier intento de intrusión en el perímetro restringido.

Este sistema estará formado por los siguientes elementos clave:

- Detección de movimiento, que activará una alarma y tendrá capacidad para redirigir las cámaras. La detección de movimiento podrá estar instalada a lo largo del vallado, o bien, deberá cubrir el área entre el vallado y el campo solar.
- También se podrán utilizar columnas con barreras de microondas o barreras de Infrarrojos.

Se dispondrán cámaras de inspección en todos los siguientes lugares:

- Perimetrales, que permitan la visualización de todo el perímetro de la planta.
- Junto a la entrada de la planta, el centro de control y el almacén, incluyendo lugares clave.
- Todas las cámaras instaladas tendrán la posibilidad de acceso en remoto a la visualización de la instalación.

Para garantizar que el sistema funcione en caso de corte de suministro eléctrico (por fallo o intencionado), se instala un Sistema de Alimentación Ininterrumpida (SAI).

5.11.3 Estaciones meteorológicas

La estación meteorológica a instalar tiene como objeto la toma de datos meteorológicos en el emplazamiento. Se instalarán estaciones meteorológicas, disponiéndose de piranómetros. Constarán de sensores para medir los siguientes parámetros:

- Irradiación en el plano horizontal.

- Irradiación en el plano de los módulos.
- Humedad relativa.
- Velocidad y dirección del viento.
- Precipitación.
- Presión atmosférica.
- Temperatura del módulo.
- Temperatura ambiente.

Cada estación meteorológica contendrá:

- Unidad de Adquisición de Datos Sistema Datalogger de registro y transmisión de datos.
- Unidad de Transmisión de datos a ordenador central. Opción GPRS-IP.
- Registro de parámetros en data-logger.
- 1 sensor de radiación solar. Piranómetro Secondary Standard en el plano de los módulos, según el movimiento del seguidor.
- 1 sensor de radiación solar. Piranómetro Secondary Standard situado en el plano horizontal.
- Sensores de temperatura y humedad relativa del aire.
- Torreta y mástil. Soporte tubular superior ajustable a 1,5 m de longitud, pedestal para fijar o embutir en basamento de hormigón y otros accesorios de montaje.
- Termopares para la medición de los datos de temperatura de la célula.
- Células de referencia calibradas por cada plano de orientación de módulos.
- Pluviómetro.
- Veleta y Anemómetro.
- Barómetro.
- Juego de cables de interconexión para el enlace de los sensores a la estación, recarga externa y comunicaciones.
- La estación dispondrá de un sistema de panel fotovoltaico y batería para su alimentación eléctrica. También se le dotará de una conexión a la red de servicios auxiliares.

Habilitación Colegiado: 1546 RUBEN PASCUAL HERNANDEZ
Profesional

20/04
2023

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA
VISADO: 230626



Adicionalmente se pueden incluir sensores de suciedad para colocar en los seguidores cercanos a cada estación.

6 RECURSO SOLAR

Con el objetivo de estimar la energía solar que la planta fotovoltaica recibiría durante un año, se realiza un análisis del recurso solar. Generalmente se toman una serie de valores por hora para la irradiancia y la temperatura media. En este caso se ha utilizado el programa PVsyst para estimar estos valores. Los resultados del análisis del recurso solar aparecen en la Tabla 85.

Tabla 85: Valores mensuales del recurso solar obtenidos de los cálculos de producción (PVsyst)

| Mes | GHI [kWh/m ²] | DHI [kWh/m ²] | Temperatura [°C] |
|--------------|---------------------------|---------------------------|------------------|
| Enero | 63,3 | 28,03 | 4,86 |
| Febrero | 84,9 | 30,55 | 6,14 |
| Marzo | 136,6 | 47,35 | 9,7 |
| Abril | 169,6 | 58,76 | 12,48 |
| Mayo | 207,8 | 68,25 | 17,23 |
| Junio | 227,4 | 65,1 | 22,9 |
| Julio | 242,8 | 52,12 | 26,46 |
| Agosto | 213,2 | 54,05 | 25,88 |
| Septiembre | 158,4 | 47,67 | 20,73 |
| Octubre | 110,2 | 41,77 | 15,14 |
| Noviembre | 69,8 | 26,57 | 8,75 |
| Diciembre | 58,4 | 23,92 | 5,38 |
| TOTAL | 1742,4 | 544,15 | 14,69 |

7 RELACIÓN DE ORGANISMOS AFECTADOS

Tabla 96: Relación de organismos afectados.

| Organismo | Dirección postal |
|---------------------------------------|--|
| Ayuntamiento de Paracuellos de Jarama | Plaza de la Constitución, 1, 28860 Paracuellos de Jarama, Madrid |
| Confederación Hidrográfica del Tajo | Av. De Portugal 81 28011 Madrid |
| Red Eléctrica de España (REE) | Paseo del Conde de los Gaitanes, 177, 28109 Alcobendas Madrid |

| Organismo | Dirección postal |
|---|---|
| Dirección General de Carreteras de la Comunidad de Madrid | Francisco Javier Abajo Dávila C/ Orense, 60, 28020, Tetuan |
| Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA) | Avenida General Perón, 40 Portal B, 1ª Planta 28020 Madrid. Servidumbres aeronáuticas |
| Canal de Isabel II | Calle de Santa Engracia, 125, 28003 Madrid |
| Iberdrola S.A | Calle Tomás Redondo 1, 28033 Madrid |
| Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. Dirección General de Carreteras | C/ Pº. de la Castellana, nº 67, 28071 Madrid |
| Dirección General de Industria, Energías y Minas | Calle de Ramírez de Prado, 5 bis, 2ª planta, 28045 Madrid |

Habilitación Colegiado: 1546 RUBEN PASCUAL HERNANDEZ

20/04
2023

COIINNA

 COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA
VISADO: 230626

8 CRUZAMIENTOS Y PARALELISMOS

8.1 LISTADO DE CRUZAMIENTOS Y PARALELISMOS

En la siguiente tabla pueden verse los cruzamientos y paralelismos de la planta fotovoltaica con diferentes organismos.

Tabla 107: Cruzamientos y paralelismos

| Organismo | Elemento que afecta | Elemento afectado | Afección | Coordenadas (ETRS 89) |
|-------------------------------------|---------------------|-------------------------|-------------|-----------------------------------|
| Ayuntamiento de Paracuellos | LSMT | Camino existente | Cruzamiento | X: 453641.6724 Y: 4488542.8313 |
| | | | | X: 454497.5857 Y: 4488489.8774 |
| | | | | X: 454994.8196 Y: 4488414.5516 |
| | | | | X: 455041.6497 Y: 4488338.6915 |
| | LSBT | Camino existente | Cruzamiento | X: 454099.1456 Y: 4488380.9104 |
| | | | | X: 454151.1180 Y: 4488430.2947 |
| | | | | X: 454382.5535 Y: 4488470.6802 |
| | | | | X: 454494.5641 Y: 4488489.9253 |
| | | | | X: 454733.7710 Y: 4488479.4923 |
| | | | | X: 455182.1822 Y: 4488418.8013 |
| | | | | X: 455190.3545 Y: 4488404.2185 |
| | | | | |
| Dirección General Carreteras | LSMT | Carretera M-111 | Cruzamiento | X: 453427.5179 Y: 4488465.0571 |
| | | | | X: 453438.7773 Y: 4488465.3911 |
| | | | | |
| Confederación Hidrográfica del Tajo | LSBT | Barranco de los Toriles | Cruzamiento | X: 454298.3171 Y: 4488817.3409 |
| | | | | X: 454310.4362 Y: 4488812.3208 |
| | | | | |
| Canal Isabel II | LSMT | Canal Isabel II | Cruzamiento | X: 453629.3586 Y: 4488535.1425 |
| | LSBT | Canal Isabel II | Cruzamiento | X: 454101.6565 Y: 4488388.5706 |
| | | | | X: 454096.3907 Y: 4488372.4968 |
| | | | | |
| Red Eléctrica Española | LSMT | Línea eléctrica | Cruzamiento | X: 453546.5605 Y: 4488483.4430 |
| | | | | X: 454929.0223 Y: 4488456.0774 |
| | | | | |
| | | | | X: 455099.0748 |

Habilitación Colegiado: 1546 RUBEN PASCUAL HERNANDEZ

Profesional

20/04
2023

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA
VISADO: 230626



| Organismo | Elemento que afecta | Elemento afectado | Afección | Coordenadas (ETRS 89) |
|------------------------|---------------------|-------------------|-------------|-----------------------------------|
| | LSBT | | | Y: 4488147.5481 |
| | | Línea eléctrica | Cruzamiento | X: 455100.5520 Y: 4488144.8724 |
| Iberdrola S.A. | LSMT | Línea eléctrica | Cruzamiento | X: 453598.1944 Y: 4488515.6834 |
| Red Eléctrica Española | Vallado | Línea eléctrica | Cruzamiento | X: 454762.1381 Y: 4488725.7435 |
| | | | | X: 454931.9586 Y: 4488450.6387 |

8.2 CONDICIONES GENERALES PARA CRUZAMIENTOS

Se fijan, para cada uno de los casos del proyecto, las condiciones de los cruzamientos con los cables subterráneos. Estas canalizaciones deben cumplir con lo especificado en cada apartado y con las condiciones particulares explicadas a continuación.

- Con caminos o carreteras: Los cables se colocan en canalizaciones entubadas hormigonadas en toda su longitud. La profundidad hasta la parte superior del tubo más próximo a la superficie no será inferior a 0,6 m. En este proyecto la profundidad es diferente para las zanjas de baja tensión y las de media tensión. En el caso de los cruzamientos de las canalizaciones de baja tensión será superior a 0,6 m y para media tensión superior a 0,8 m.
- Siempre que sea posible el cruce se hará perpendicular al eje del vial.

9 EFECTOS MEDIOAMBIENTALES

Para el diseño de la instalación solar se requiere evaluar las condiciones ambientales de la ubicación propuesta, dado que la radiación, la temperatura del aire y la altitud son los principales factores que determinan el tamaño de la instalación.

La Radiación Global afecta a la cantidad de energía que recibirán los módulos fotovoltaicos, y por tanto, a la que producirán los mismos. La temperatura ambiente y la altitud de los terrenos sobre el nivel del mar también tienen que ser consideradas a efectos de las características de los equipos principales.

Los datos de radiación y temperatura utilizados para el estudio de producción y rentabilidad de la planta han sido proporcionados por la base de datos de PVGIS, dado que es de las bases más confiables y aceptadas por las principales entidades bancarias y fondos de inversión a efectos de tasación de la energía producida.

Habilitación Colegiado: 1546 RUBEN PASCUAL HERNANDEZ

20/04 2023

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA

VISADO: 230626

Los datos de producción han sido obtenidos mediante el software PVsyst, por ser el más potente y ampliamente aceptado para este tipo de tecnologías. La producción generada se ha estimado al inicio de la operación de la instalación, sin tener en cuenta la degradación del módulo, además se ha tenido en cuenta las condiciones de entrega de la energía producida, es decir, considerando todas las pérdidas hasta el alcance considerado en el presente proyecto.

La producción específica prevista de la instalación es de **1.660 kWh/kWp/año** y la energía total prevista a producir en el año es de **94.839,22 MWh/año**, alcanzando un Performance Ratio de la instalación de **PR = 82,72 %**. Según el IDAE el gasto eléctrico medio de una vivienda tipo en España es de 4.000 kWh anuales, por lo que con la previsión de energía generada podría abastecerse aproximadamente 23.710 viviendas anualmente.

En el **ANEXO III** se ofrece una descripción más detallada sobre el cálculo de la producción obtenido para la presente Planta Solar Fotovoltaica.

9.1 BALANCE DE CARBONO

Durante el proceso de fabricación, transporte, instalación y explotación de los elementos de la planta fotovoltaica se generan diversas cantidades de CO₂. Estas cantidades son cuantificables y se puede estimar el valor de las emisiones de CO₂ ahorradas a lo largo de la vida útil de la planta fotovoltaica.

El cálculo está basado en la suma de las llamadas “Emisiones de ciclo de vida” (LCE o Life Cycle Emissions) de los elementos, las cuales representan las emisiones de CO₂ asociadas a elementos concretos, incluyendo las cantidades de energía utilizadas durante su producción, operación, mantenimiento, venta, etc.

Las toneladas de emisiones de CO₂ ahorradas se obtienen mediante el software PVsyst utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Emisiones ahorradas} = (\text{ERED} \times \text{SLT} \times \text{LCERED}) - \text{LCEPFV}$$

Donde:

ERED: energía total generada por año [MWh/año]

SLT: duración esperada de la planta fotovoltaica (System Lifetime) [años]

LCERED: cantidad de emisiones de CO₂ por unidad de energía debida a la electricidad producida en el sistema eléctrico, basado en el “mix energético” [gCO₂/kWh]

LCEPFV: toneladas de emisiones de CO₂ debida a la construcción de los elementos de la planta fotovoltaica [tCO₂]

Se tiene en cuenta la degradación anual del módulo fotovoltaico, siendo según la hoja de características lineal y de aproximadamente del 1% anual, afectando a la producción de cada año.

Por lo tanto, las toneladas de CO₂ ahorradas estimadas para la planta son las siguientes:

$$\text{Emisiones ahorradas} = (94.839,22 \text{ MWh} \times 25 \text{ años} \times 287 \text{ gCO}_2/\text{kWh}) - 1582,52 \text{ tCO}_2$$

Emisiones ahorradas = 678.888,88 tCO₂

9.2 RECURSOS UTILIZADOS

Las partidas fundamentales que se tienen a la hora de estudiar los recursos consumidos por la instalación son:

- **Energía:** Electricidad y funcionamiento normal de la instalación.
- **Agua:** Funcionamiento normal de la actividad. Se estima en 1 litro de agua diluida con producto de limpieza biodegradable por panel por cada limpieza realizada en la planta fotovoltaica.
- **Materiales, piezas y fluidos del mantenimiento de instalaciones**
- **Materiales auxiliares:** Material de limpieza.

9.3 RESIDUOS GENERADOS

Esta actividad NO genera residuos directamente. Los principales tipos de residuos generados son los que se detallan a continuación:

- Envases de materiales y elementos que se utilizan en las instalaciones y para el mantenimiento de las instalaciones.
- Materiales y elementos retirados de los equipos durante el mantenimiento de las instalaciones.
- Productos de limpieza de instalaciones.

Con estos datos se procede a estudiar las principales partidas de residuos generados, teniendo en cuenta una serie de observaciones generales que se enunciarán a continuación.

- Todos los residuos deben minimizarse, pero poniendo especial énfasis en aquellos considerados peligrosos y en aquellos en los que se produzca mayor cantidad.
- Cualquier tipo de residuo peligroso, en el caso de que se genere, deberá entregarse a un gestor autorizado de dicho tipo de residuo.

Algunas de las medidas que se adoptan para la minimización de los residuos son las que se presentan a continuación:

- Utilización de envases y embalajes grandes, con lo que se evitan envases y embalajes empleados, restos de fluidos en los envases tras su utilización, y se mejora el aprovechamiento de los recursos consumidos.
- Utilización de materiales y elementos que no generen residuos peligrosos en la medida de lo posible.
- Utilización de elementos de gran duración, como por ejemplo en iluminación, con lo que, al prolongarse el período de sustitución de los mismos se generan menores residuos.

9.4 GESTIÓN DE RESIDUOS

La gestión de los residuos por parte de la empresa comprende todos los procesos que se sitúan desde la generación de los residuos hasta la entrega de estos a gestores de los mismos.

En el caso de los residuos asimilables a Residuos Sólidos Urbanos pueden depositarse en los contenedores que están dispuestos a tal fin por la Administración local o por quien ella disponga, y que será el gestor encargado de su manipulación desde ese momento. Todos aquellos residuos que no sean peligrosos deberán entregarse al gestor correspondiente siguiendo las indicaciones del mismo, procurando la separación de dichos residuos cuando sea posible.

9.4.1 Residuos peligrosos

En el caso de los residuos peligrosos, éstos deberán entregarse siempre a un gestor autorizado de los mismos, teniendo cuenta que no todos los gestores están autorizados para todos los tipos de residuos peligrosos.

La cantidad que se genera es reducida. Para la gestión de los mismos se firmará un contrato de mantenimiento de la instalación con un instalador eléctrico que se encargará de la retirada de dichos residuos.

Si no se sobrepasan las 10 TM de residuos peligrosos generados en un año se solicitará la condición de Pequeño Productor de Residuos Peligrosos, en caso de que se produzcan residuos peligrosos.

El proceso que se sigue en la gestión de los residuos peligrosos es el que se presenta a continuación:

- Disponer de un almacén temporal de residuos peligrosos.
- No almacenar los residuos peligrosos por un período superior a seis meses.
- No debe permitir mezclas entre diferentes residuos, peligrosos o no, o con otros elementos. Cubeto de retención o depósito de doble pared para residuos líquidos.
- Capacidad suficiente para almacenamiento de residuos entre períodos de recogida estimados.
- Envasar los residuos peligrosos como indica la legislación vigente.
- Envases sólidos y resistentes a la manipulación y a los materiales que contienen.
- Etiquetar adecuadamente los residuos peligrosos.
- Evitar etiquetas que puedan inducir a error.
- Llevar un registro de residuos peligrosos.
- Antes de la entrega de un residuo peligroso a un gestor autorizado debe disponerse de un documento acreditativo de la aceptación de dicho residuo por el gestor.
- Documentación de control de los residuos cumplimentada, y archivada por un período mínimo de cinco años.
- Comunicación de incidencias destacables relativas a residuos peligrosos (desaparición, escape o pérdida) a la Administración autonómica.
- Comunicación del traslado a la Administración, con una antelación mínima de diez días. Únicamente se pueden entregar los residuos peligrosos a transportistas autorizados.
- Presentación de la Declaración anual de producción de residuos peligrosos ante la Administración. Presentación de un estudio de minimización de residuos a la Administración, cada cuatro años.
- Disponer de un seguro de responsabilidad civil cuando lo exija la Administración. Para el presente proyecto no se precisa solicitar la condición de Pequeño Productor de Residuos Peligrosos. Los residuos peligrosos que puedan provenir de mantenimiento o reparación de máquinas serán responsabilidad de la empresa mantenedora que realice el servicio, que será quien deba entregarlos a un Gestor Autorizado.

Habilitación Colegiado: 1546 RUBEN PASCUAL HERNANDEZ

Profesional

20/04
2023

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA
VISADO: 230626



9.4.2 Residuos sólidos

Se generan residuos sólidos en cantidades muy poco importantes, todos ellos análogos a los que se generan en viviendas. Proviene de envases y de restos de materias primas y productos propios del establecimiento. La recogida selectiva de residuos, implantada en la Comunidad Autónoma, garantiza el adecuado tratamiento de los mismos.

Debido a la actividad de la empresa, y al no tener una producción de residuos tóxicos y peligrosos, esta empresa no estará obligada a solicitar su inscripción en el Registro de Pequeños Productores de Residuos Tóxicos y Peligrosos. No obstante, si éstos fueran generados, se debería realizar la correspondiente inscripción, pasando el control de los pequeños residuos a la Administración o a una entidad por ella autorizada, lo cual está recogido en el Real Decreto 553/2020, de 2 de junio, por el que se regula el traslado de residuos en el interior del territorio del Estado.

9.5 LIMPIEZA Y RESTAURACIÓN

Previamente a la finalización de los trabajos, se deberá realizar una limpieza general de los desechos generados durante la instalación.

Una vez finalizadas las obras en los casos en que exista compactación de suelos por haber circulado la maquinaria, se procederá a la descompactación mediante ripado, escarificado ligero o arado en función de los daños provocados y se procederá a depositar la tierra vegetal que se hubiera podido extraer antes del inicio del movimiento de tierras. Este depósito se realizará preferentemente en las zonas de trabajo temporal, para facilitar la regeneración natural.

En el documento *Estudio de Gestión de Residuos* se ofrece una descripción más detallada sobre la gestión de residuos.

9.6 RADIO INTERFERENCIA

Será de aplicación lo establecido en la norma UNE-20509-1, 2 y 3 (CISPR 18-1,2 y 3: Características de las líneas y aparatos de alta tensión, relativas a las perturbaciones radioeléctricas. Descripción del fenómeno. Métodos de medida y procedimientos para establecer los límites. Código práctico para minimizar la generación de ruido radioeléctrico).

Habilitación Colegiado: 1546 RUBEN PASCUAL HERNANDEZ

Profesional

20/04
2023

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA
VISADO: 230626



9.7 CAMPOS ELÉCTRICOS Y MAGNÉTICO

Los valores máximos de campo eléctrico y magnético se limitarán según la Directiva Europea (Recomendación del Consejo de 12-07-99 relativa a la exposición del público en general a campos electromagnéticos de 0 Hz a 300 GHz 1999/519/CE) a 5 kV/m y 100 T, respectivamente, en zonas “donde los ciudadanos pasen un lapso de tiempo significativo”.

9.8 RUIDO ACÚSTICO

Con objeto de cumplir con el 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 (ITCRAT 01 a 23), más concretamente haciendo inciso en la Instrucción Técnica Complementaria (ITC-RAT 14), punto 4.8 Limitación del nivel de ruido emitido por instalaciones de alta tensión, para limitar el ruido originado por las instalaciones de alta tensión, éstas se dimensionarán y diseñarán de forma que los índices de ruido medidos en el exterior de las instalaciones se ajusten a los niveles de calidad acústica establecidos en el Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.

Quedando los distintos componentes de la instalación sin emitir un ruido audible superior a un valor máximo pico de 140 dBA, ni en media ponderada superior a 80 dBA.

Sin perjuicio de lo anterior la instalación cumplirá la normativa autonómica o municipal correspondiente.

Debido a que el recinto donde se ubica la instalación de alta tensión se encuentra en terrenos rurales alejados de núcleos urbanos, no se adoptarán medidas adicionales para cumplir dichos niveles.

10 SEGURIDAD Y SALUD

El estudio de Seguridad y Salud sirve de base para que el contratista elabore el correspondiente Plan de Seguridad y Salud en el trabajo, en el que se analizarán, estudiarán, desarrollarán y complementarán las previsiones contenidas en el documento, en función de su propio sistema de ejecución de la obra.

La evaluación de riesgos incluida en el Estudio de seguridad y salud incluye únicamente los riesgos de Seguridad en el Trabajo. No están incluidos, en el caso de que existan, la identificación y evaluación de los riesgos derivados de las radiaciones ionizantes, riesgos

higiénicos (contaminantes físicos, químicos y biológicos) y riesgos ergonómicos y psicosociales.

En este estudio se detallan aspectos relacionados con los riesgos y medidas preventivas de los procesos de obra, los equipos de trabajo, los medios auxiliares, las instalaciones de obra y la evaluación de los riesgos. Asimismo, se especifican las medidas relacionadas con Seguridad y Salud.

El presupuesto total para las actividades de seguridad y salud asciende a la cantidad de **NOVENTA Y DOS MIL DOSCIENTOS DIEZ Y NUEVO EUROS (92.219 €)**.

11 GESTIÓN DE RESIDUOS

El estudio de gestión de residuos sirve como herramienta para una correcta gestión de los residuos de construcción y demolición de obras. De esta forma, se minimiza el efecto negativo de la actividad de construcción sobre el medio ambiente, contribuyendo a su sostenibilidad. Asimismo, pretende cumplir con la normativa vigente que establece la obligatoriedad de un documento que garantice la correcta gestión de los residuos producidos en la fase de ejecución de obra.

El productor de los residuos velará por el cumplimiento de la normativa específica vigente, fomentando la prevención de los residuos en obra, la reutilización, reciclado y otras formas de valoración, asegurando, siempre, el tratamiento adecuado para asegurar el desarrollo sostenible de la actividad de construcción.

El contratista deberá presentar al promotor un PLAN DE GESTIÓN de RCD basado en las descripciones y contenido del Estudio de Gestión de Residuos del Proyecto, y deberá ser aprobado por el director de obra y aceptado por el promotor.

En este estudio se explican la base de segregación; la estimación de la cantidad de residuos; las medidas para la reducción de la producción de residuos; las medidas para la separación de los residuos en obra; las medidas de valoración y eliminación de residuos; las instalaciones previstas para el almacenamiento manejo y posterior transporte de los residuos; y las prescripciones técnicas para la gestión de residuos.

Se estima un coste de ejecución material para la Gestión de Residuos del presente proyecto de **SESENTA Y DOS MIL QUINIENTOS OCHENTA Y DOS EUROS CON OCHENTA Y TRES CÉNTIMOS DE EURO (62.582,83 €)**.

Habilitación Colegiado: 1546 RUBEN PASCUAL HERNANDEZ
Profesional

20/04
2023

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA
VISADO: 230626

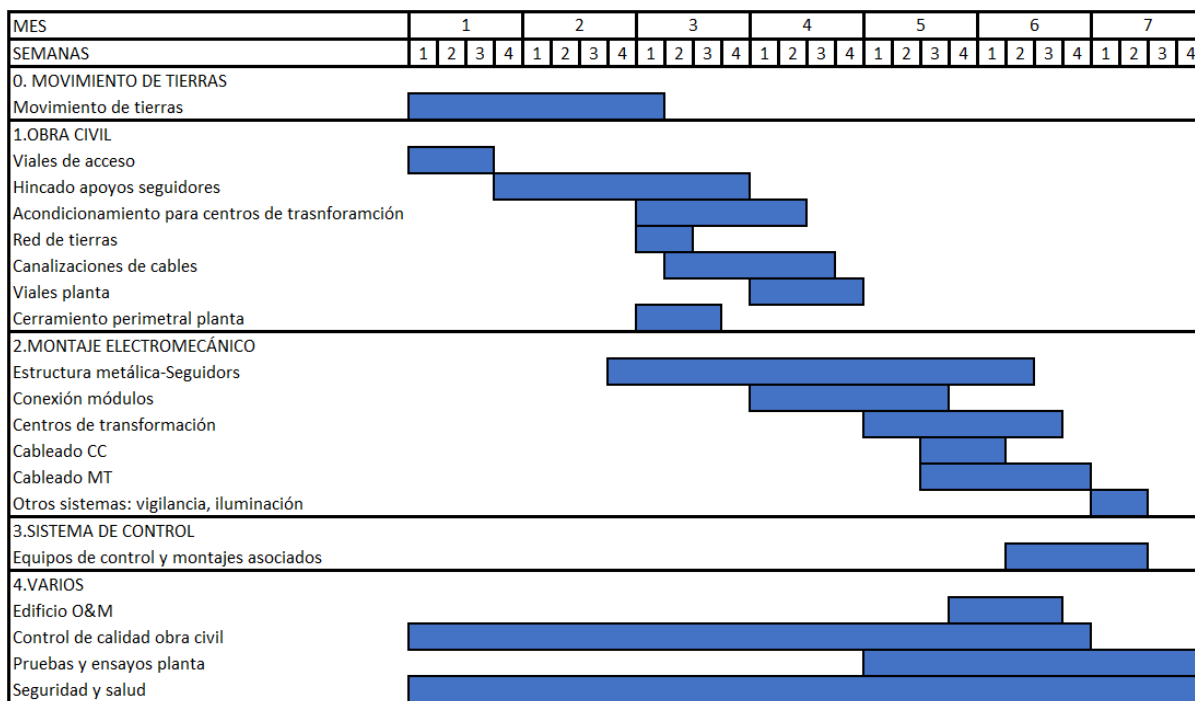


12 RELACIÓN DE BIENES Y DERECHOS AFECTADOS

Con el fin de determinar las parcelas afectadas tanto por la planta fotovoltaica como por la infraestructura de evacuación en 30 kV, se realiza una relación de bienes y derechos afectados. En este estudio se incluyen las parcelas afectadas y el polígono al que pertenece, así como su referencia catastral. Asimismo, se especifican los términos municipales a los que pertenecen, en este caso Paracuellos de Jarama.

Para cada una de las parcelas se determina la superficie de ocupación tanto temporal como definitiva. En total se afecta a 8.254,55 m² de forma temporal y 404.025,66 m² de forma permanente, incluyendo tanto la planta como la infraestructura de evacuación.

13 CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE LAS OBRAS



14 PRESUPUESTO DE INSTALACIONES PROYECTADAS

PROYECTO FV AVUTARDA SOLAR
PRESUPUESTO PLANTA FV 57,13 MWp/50,09 MWn

| Ref. | Descripción | Unidad | Medición | P. Unitario | P. Total (€) |
|------|--|--------|----------|-------------|-----------------|
| 1 | MATERIALES Y EQUIPOS PRINCIPALES | | | | 24.854.428,84 € |
| 2 | OBRA CIVIL | | | | 1.288.545,68 € |
| 3 | MONTAJE ELECTRICO Y MECÁNICO | | | | 744.716,53 € |
| 4 | ESTUDIO GESTION DE RESIDUOS | | | | 62.592,23 € |
| 5 | ESTUDIO SEGURIDAD Y SALUD | | | | 92.219,00 € |
| 6 | ESTUDIO IMPACTO AMBIENTAL | | | | 166.633,37 € |
| | TOTAL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL | | | | 27.209.135,66 € |
| | TOTAL PLAN DE VIGILANCIA AMBIENTAL | | | | 381.092,25 € |
| | SUBTOTAL AYUNTAMIENTO DE PARACUELLOS DE JARAMA | | | | 27.209.135,66 € |
| | TOTAL PRESUPUESTO DE INVERSIÓN | | | | 32.487.872,32 € |
| | TOTAL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA | | | | 39.310.325,51 € |

El presupuesto de ejecución de material asciende a la expresada cantidad de:

VEINTISIETE MILLONES DOSCIENTOS NUEVE MIL CIENTO TREINTA Y CINCO EUROS CON SESENTA Y SEIS CÉNTIMOS DE EURO

Habilitación Colegiado: 1546 RUBEN PASCUAL HERNANDEZ

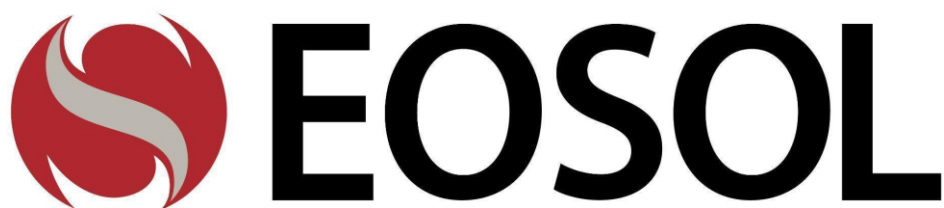
Profesional

20/04
2023

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA
VISADO: 230626



PSFV AZOR SOLAR



Memoria descriptiva

Proyecto Técnico Administrativo FV AZOR SOLAR de 75,12 MWp y 64,07 MVA E INFRAESTRUCTURA DE EVACUACIÓN EN 30 kV

Habilitación Colegiado: 1546 RUBEN PASCUAL HERNANDEZ
Profesional

24/04
2023

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA
VISADO: 230654



| | | | | | |
|--|------------|---|--|----------|----------|
| 0 | 22/03/2023 | Emisión inicial | R.C.G | I.R.A. | M.G.C. |
| Rev. | Fecha | Propósito/descripción | Realizado | Revisado | Aprobado |
| Cliente  | | Ingeniería  | Código: 0101IGN00880-200-EOS-PMT- REP-0001 | | |

ÍNDICE

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | JUSTIFICACIÓN | 5 |
| 1.1 | ANTECEDENTES | 5 |
| 1.2 | OBJETO Y ALCANCE | 6 |
| 1.3 | PROMOTOR | 7 |
| 2 | NORMATIVA Y RECOMENDACIONES APLICADAS | 7 |
| 2.1 | DIRECTIVAS COMUNITARIAS | 7 |
| 2.2 | INSTALACIONES ELÉCTRICAS | 7 |
| 2.3 | NORMATIVA SECTORIAL | 9 |
| 2.4 | MEDIO AMBIENTE Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO | 10 |
| 2.5 | OBRA CIVIL Y ESTRUCTURAS | 10 |
| 2.6 | INDUSTRIAL | 11 |
| 2.7 | SEGURIDAD E HIGIENE | 11 |
| 2.8 | SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS | 12 |
| 2.9 | OTRAS | 12 |
| 3 | EMPLAZAMIENTO | 13 |
| 3.1 | UBICACIÓN DE LA INSTALACIÓN | 13 |
| 3.2 | ÁMBITO DE ACTUACIÓN | 15 |
| 3.3 | ACCESOS | 17 |
| 3.4 | ÁREA Y COORDENADAS DE LA IMPLANTACIÓN | 20 |
| 3.5 | COORDENADAS DE LA INFRAESTRUCTURA DE EVACUACIÓN DE 30 kV | 21 |
| 3.6 | TOPOGRAFÍA | 23 |
| 3.7 | PERFIL DEL HORIZONTE | 23 |
| 4 | DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS | 24 |
| 4.1 | DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA Y SU INFRAESTRUCTURA DE EVACUACIÓN EN 30 kV | 24 |
| 4.2 | DESCRIPCIÓN DE LA SUBESTACIÓN ELEVADORA (NO OBJETO DEL PROYECTO) | 29 |
| 4.3 | DIMENSIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA E INFRAESTRUCTURA DE EVACUACIÓN EN 30 kV | 30 |
| 4.3.1 | Configuración eléctrica | 30 |
| 4.3.2 | Diseño del cableado eléctrico | 32 |
| 4.3.3 | Red de puesta a tierra (PaT) | 32 |
| 4.3.4 | Obras civiles | 33 |
| 4.3.4.1 | Caminos de acceso | 34 |
| 4.3.4.2 | Caminos internos | 34 |
| 4.3.4.3 | Edificios | 34 |
| 4.3.4.4 | Fijaciones | 35 |

Habilitación Colegiado: 1546 RUBEN PASCUAL HERNANDEZ
Profesional

24/04
2023

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA
VISADO: 230654



| | | |
|----------|---|-----------|
| 4.3.4.5 | Cimentaciones | 35 |
| 4.3.4.6 | Zonas de acopio..... | 35 |
| 4.3.4.7 | Canalizaciones eléctricas..... | 35 |
| 4.3.4.8 | Vallado Perimetral | 36 |
| 4.3.4.9 | Drenajes..... | 37 |
| 4.3.4.10 | Movimiento de tierras..... | 37 |
| 5 | EQUIPOS PRINCIPALES | 37 |
| 5.1 | MÓDULO FOTOVOLTAICO | 38 |
| 5.2 | ESTRUCTURA FIJA | 40 |
| 5.3 | INVERSOR DE STRING..... | 41 |
| 5.4 | TRANSFORMADOR..... | 42 |
| 5.5 | CENTRO DE TRANSFORMACIÓN | 43 |
| 5.6 | CABLEADO DE BAJA TENSIÓN..... | 44 |
| 5.6.1 | Cableado de baja tensión CC..... | 45 |
| 5.6.2 | Cableado de baja tensión CA..... | 46 |
| 5.7 | CABLEADO DE MEDIA TENSIÓN..... | 46 |
| 5.8 | SISTEMA DE PROTECCIONES..... | 47 |
| 5.9 | SISTEMA DE CONTROL / SCADA..... | 48 |
| 5.10 | SISTEMA DE MEDIDA | 48 |
| 5.11 | INSTALACIONES AUXILIARES | 49 |
| 5.11.1 | Servicios Auxiliares..... | 49 |
| 5.11.2 | Sistemas Antiintrusismo | 49 |
| 5.11.3 | Estaciones meteorológicas..... | 50 |
| 6 | RECURSO SOLAR..... | 51 |
| 7 | RELACIÓN DE ORGANISMOS AFECTADOS | 52 |
| 8 | CRUZAMIENTOS Y PARALELISMOS | 53 |
| 8.1 | LISTADO DE CRUZAMIENTOS Y PARALELISMOS..... | 53 |
| 8.2 | CONDICIONES GENERALES PARA CRUZAMIENTOS..... | 54 |
| 9 | EFFECTOS MEDIOAMBIENTALES..... | 55 |
| 9.1 | BALANCE DE CARBONO..... | 55 |
| 9.2 | RECURSOS UTILIZADOS | 56 |
| 9.3 | RESIDUOS GENERADOS..... | 57 |
| 9.4 | GESTIÓN DE RESIDUOS..... | 57 |
| 9.4.1 | Residuos peligrosos..... | 58 |
| 9.4.2 | Residuos sólidos | 59 |
| 9.5 | LIMPIEZA Y RESTAURACIÓN..... | 59 |
| 9.6 | RADIO INTERFERENCIA | 60 |

Habilitación Colegiado: 1546 RUBEN PASCUAL HERNANDEZ


Profesional

24/04
2023

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA
VISADO: 230654



| | | |
|-----|---|----|
| 9.7 | CAMPOS ELÉCTRICOS Y MAGNÉTICO | 60 |
| 9.8 | RUIDO ACÚSTICO | 60 |
| 10 | SEGURIDAD Y SALUD..... | 61 |
| 11 | GESTIÓN DE RESIDUOS..... | 61 |
| 12 | RELACIÓN DE BIENES Y DERECHOS AFECTADOS..... | 62 |
| 13 | CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE LAS OBRAS | 62 |
| 14 | PRESUPUESTO DE INSTALACIONES PROYECTADAS..... | 63 |

| | |
|---|--|
| Colegiado: 1546 RUBEN PASCUAL HERNANDEZ Habilitación Profesional | 24/04 2023 |
| | COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA VISADO: 230654  |

1 JUSTIFICACIÓN

1.1 ANTECEDENTES

En octubre de 2020, se elaboró el “Proyecto Básico Administrativo” de la Planta Fotovoltaica FV aZOR SOLAR de 125 MWp en los TTMM de Paracuellos de Jarama y Ajarvir (Madrid)

En cumplimiento del primer hito administrativo según lo dispuesto en el artículo 1.1.b) del Real Decreto-ley 23/2020, de 23 de junio, con fecha 11 de diciembre de 2020, fue expedida por la dirección General de Política Energética y Minas la Admisión a Trámite de solicitud AAP de las plantas fotovoltaicas Avutarda Solar de 125 MWp y Azor Solar de 125 MWp y las infraestructuras de evacuación asociadas. Esto dio lugar a la apertura del expediente “PFot-326-AC” por parte del Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico para el citado grupo de plantas fotovoltaicas y sus correspondientes infraestructuras eléctricas, el cual ya ha iniciado la fase de tramitación al haber sido trasladado al Área de Industria y Energía de la Delegación del Gobierno en Madrid.

En julio de 2021 se elaboró el “Proyecto Básico Administrativo Anteproyecto Instalación FV Azor Solar 162,50 MWp/125,00 MW instalados e Infraestructura de Evacuación 30 kV”, en los términos municipales de Paracuellos de Jarama y Ajarvir (Madrid) redactado por D. Jorge Juan Nieto Ramos, colegiado nº 09227 del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid (COIIM). En dicho proyecto se aprovechaba para adecuar la potencia instalada de la planta fotovoltaica Avutarda Solar a la definida en el artículo 3 del Real Decreto 1183/2020, de 29 de diciembre, de acceso y conexión a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica. Acorde a esta nueva definición de potencia instalada (“la menor entre la suma de las potencias máximas de los módulos y la suma de las potencias máxima de los inversores”), la potencia instalada nominal, es decir, aquella que es capaz de soportar en un régimen permanente de trabajo (35°C) de la PFV Azor Solar pasaba a 125,00 MW, la potencia pico en paneles a 162,50 MWp y la potencia máxima de generación permitida en el punto de conexión seguía establecida en 125 MWn.

Dicho proyecto técnico se presentó a exposición pública, y posteriormente se han recogido las distintas alegaciones presentadas por los agentes afectados e interesados. Una vez finalizado el proceso de Información Pública y Consultas a Organismos, y recibida la Declaración de Impacto Ambiental por parte de la Subdirección General de Evaluación Ambiental del MITERD, publicada en el BOE el día 31 de enero de 2023, el promotor adapta el proyecto, mediante la presente adenda, a los condicionantes de la misma, reduciendo la superficie de la planta en la zona coincidente con zona con presencia de aves.

1.2 OBJETO Y ALCANCE

El presente documento se redacta con objetivo de describir los criterios generales de diseño que se han llevado a cabo en la elaboración del “Proyecto Básico Administrativo Planta Fotovoltaica FV Azor Solar de 75,12 MWp / 64,07 MWn, en los TTMM de Paracuellos de Jarama (Comunidad de Madrid)”, de cara a cumplir con los condicionantes recibidos en la Declaración de Impacto Ambiental, en este caso relacionados con la reducción del área de ocupación de la planta solar fotovoltaica.

Asimismo, destacar que las modificaciones llevadas a cabo no se consideran sustanciales en la medida que no implican nuevas afecciones sobre organismos públicos ni sobre nuevos propietarios, y los impactos producidos por esta nueva versión del proyecto tras el proceso de información pública se verán reducidos.

El presente proyecto recoge la descripción técnica de la instalación de generación eléctrica con tecnología solar fotovoltaica denominada FV AZOR SOLAR, así como de la infraestructura de evacuación de 30 kV que conectará la planta con la subestación de transformación de nombre SET Arroyo de la Vega Renovables 220/30 kV.

La evacuación de energía generada en la PSFV Avutarda Solar se realizará mediante las líneas soterradas de 30 kV, hasta la SET Arroyo de la Vega Renovables 220/30 kV. Desde ahí la energía transcurre por líneas de alta tensión hasta llegar a Arroyo de la Vega 220 kV (REE)

El presente Proyecto ha sido elaborado con el objeto de presentar la solicitud de Autorización Administrativa de Construcción (AAC) y Declaración de Utilidad Pública (DUP) de la Instalación FV AZOR SOLAR y su Infraestructura de Evacuación en 30 kV ante el Área de Industria y Energía de la Delegación de Gobierno en Madrid como órgano sustantivo. Todo lo anterior en cumplimiento de lo establecido en la Ley 24/2013, del Sector Eléctrico en su artículo 53, así como en el 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, en sus artículos 115, 123 y 130.

La instalación fotovoltaica FV AZOR SOLAR está compuesta por un total de 113.824 módulos de 660 Wp de potencia máxima, instalados sobre 1.592 estructuras fijas 2Vx32 y 373 estructuras fijas 2Vx16, conectados a un total de 298 inversores de 215 kVA, repartidos en 7 centros de transformación de 6.500 kVA y 6 de 3.250 kVA. Estos centros de transformación estarán unidos entre sí mediante una red interna de cableado subterráneo de media tensión.

La subestación elevadora SET Arroyo de la Vega Renovables 220/30 kV y la planta fotovoltaica FV AZOR SOLAR son conectadas mediante la infraestructura de evacuación en 30 kV, que es aquella canalización externa a la planta fotovoltaica que permite evacuar la energía generada en la planta a la subestación.

1.3 PROMOTOR

El titular de la planta es Azor Solar S.L. con C.I.F. B-88174958, una sociedad cuyo objeto es la promoción, construcción, operación, mantenimiento y explotación de instalaciones generadoras de electricidad a través de tecnología solar fotovoltaica.

Los datos principales del promotor se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 1 : Datos del promotor del proyecto

| PROMOTOR | |
|-----------|--|
| Nombre | Azor Solar, S.L. |
| NIF | B-88174958 |
| Dirección | C/Cardenal Marcelo Spínola 4, 1º D -28016 Madrid |

A efectos de notificaciones, el interlocutor será:

Tabla 2 : Datos del interlocutor del proyecto

| INTERLOCUTOR | |
|--------------|--|
| Nombre | IGNIS DESARROLLO S.L. |
| CIF | B87973327 |
| Dirección | C/Cardenal Marcelo Spínola, 4, 1º Dcha. – 28016 Madrid, España |
| Teléfono | 91 005 9775 |
| e-mail | arroyodelavega@ignis.es |

2 NORMATIVA Y RECOMENDACIONES APLICADAS

2.1 DIRECTIVAS COMUNITARIAS

- Directiva (UE) 2018/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de diciembre de 2018, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables.
- Reglamento (UE) 2016/631 de la Comisión, de 14 de abril de 2016, que establece un código de red sobre requisitos de conexión de generadores a la red.

2.2 INSTALACIONES ELÉCTRICAS

- 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 01a 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.
- 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 ITC-BT 51
- Real Decreto 1053/2014, de 12 de diciembre, por el que se aprueba una nueva Instrucción Técnica Complementaria (ITC) BT 52 del Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- Real Decreto 560/2010, de 7 de mayo, por el que se modifican diversas normas reglamentarias en materia de seguridad industrial para adecuarlas a la Ley 17/2009, de 23 de noviembre, sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio, y a la Ley 25/2009, de 22 de diciembre, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio. (BOE 22.05.10)
- 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)
- Orden ECO/797/2002, de 22 de marzo, por la que se aprueba el procedimiento de medida y control de la continuidad del suministro eléctrico.
- Normas administrativas y técnicas para funcionamiento y conexión a las redes eléctricas de Centrales de Autogeneración Eléctrica (Orden Ministerial de 5 de septiembre de 1985).
- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.
- Real Decreto-ley 23/2020, de 23 de junio, por el que se aprueban medidas en materia de energía y en otros ámbitos para la reactivación económica.
- Real Decreto 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.
- Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de energía eléctrica en régimen especial.
- Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.

Habilitación Colegiado: 1546 RUBEN PASCUAL HERNANDEZ

Profesional

24/04
2023

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA
VISADO: 230654



- Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.
- Decreto 50/2006, de 8 de junio, por el que se autoriza la participación de la Comunidad de Madrid en la constitución de la Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid
- Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía Eléctrica.
- Normas UNE y Recomendaciones UNESA que sean de aplicación. - Condiciones y Ordenanzas Municipales impuestas por las entidades públicas afectadas.
- Ley 54/1997 de 27 de noviembre del Sector Eléctrico (BOE nº 285 de 28 de noviembre de 1997)
- Normas relativas a la Seguridad y Salud en el Trabajo, Construcción y Protección contra incendios en las instalaciones eléctricas de Alta y Baja Tensión.
- Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía, aprobado por R.D. de 12 de marzo de 1.954 con las correspondientes modificaciones hasta la fecha.

2.3 NORMATIVA SECTORIAL

- Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.
- Real Decreto Ley 6/2009 por el que se adoptan determinadas medidas en el sector energético, se aprueba el bono social y en el que se establece un mecanismo de registro de pre-asignación de retribución para las instalaciones de régimen especial.
- 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
- Orden Ministerial ITC/3860/2007, de 28 de diciembre, por la que se revisan las tarifas eléctricas a partir del 1 de enero de 2008
- Orden Ministerial de 29 de diciembre de 1997, por la que se desarrollan algunos aspectos del Real Decreto 2019/1997, de 26 de diciembre, por el que se organiza y regula el mercado de producción de energía eléctrica.
- Real Decreto 2019/1997, de 26 de diciembre, por el que se organiza y regula el mercado de producción de energía eléctrica.

Habilitación Colegiado: 1546 RUBEN PASCUAL HERNANDEZ

Profesional

24/04
2023

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA
VISADO: 230654



- Ley 17/2007, de 4 de julio, por la que se modifica la Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico, para adaptarla a lo dispuesto en la Directiva 2003/54/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de junio de 2003, sobre normas comunes para el mercado interior de la electricidad.
- Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico. Disposiciones adicionales sexta, séptima, vigésima primera y vigésima tercera.
- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.

2.4 MEDIO AMBIENTE Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO

- Ley 21/2013, de 9 de diciembre de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental y su modificación por la Ley 9/2018, de 5 de diciembre de Evaluación Ambiental.
- Resolución de 9 de enero de 2020, por la que se ordena la publicación del acuerdo de convalidación del Decreto.
- Se aplicarán la Normativa urbanística vigente aplicable a este tipo de instalaciones en los Términos Municipales de Paracuellos de Jarama y Cobeña, incluyendo sus modificaciones y correcciones.

2.5 OBRA CIVIL Y ESTRUCTURAS

- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. (BOE N. 74 DE 28/3/2006) y sus exigencias básicas.
- Real Decreto 256/2016 de 10 junio, que aprueba la Instrucción para la recepción de cementos (RC-16).
- Real Decreto 470/2021, de 29 de junio de 2021, por el que se aprueba el Código Estructural.
- Pliego de Prescripciones Técnicas Generales PG-3/75, aprobado por O.M. de 6 de febrero de 1976, y sus revisiones posteriores.
- Orden FOM/2523/2014, de 12 de diciembre, por la que se actualizan determinados artículos del pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes, relativos a materiales básicos, a firmes y pavimentos, y a señalización, balizamiento y sistemas de contención de vehículos.
- Norma 6.1 IC: Secciones de firme de la Instrucción de Carreteras. Ministerio de Fomento. Gobierno de España, 2003.

Habilitación Colegiado: 1546 RUBEN PASCUAL HERNANDEZ

Profesional

24/04
2023

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA
VISADO: 230654



- Real Decreto 997/2002, de 27 de septiembre, por el que se aprueba la norma de construcción sismorresistente: parte general y edificación (NCSE-02).
- Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.
- Ley de ordenación de la Edificación.
- Normas Básicas de la Edificación.
- Instrucción del Hormigón estructural EHE.
- Normas Tecnológicas de la Edificación que sean de aplicación.
- Ley 37/2015, de 29 de septiembre, de carreteras

2.6 INDUSTRIAL

- Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas.
- Ley de Prevención de riesgos Laborales.

2.7 SEGURIDAD E HIGIENE

- ITC-33 REBT. Instalaciones provisionales y temporales de obras.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras.
- Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, sobre 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 de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud.
- 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.

Habilitación Colegiado: 1546 RUBEN PASCUAL HERNANDEZ

Profesional

24/04
2023

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA
VISADO: 230654



2.8 SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS

- Reglamento de Seguridad contra incendios en establecimientos industriales. Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de Seguridad contra incendios en los establecimientos industriales. B.O.E. núm. 303 de 3 de 17 de diciembre (en adelante, R.S.C.I. en E.I.).
- CORRECCIÓN de errores y erratas del Real Decreto 2267/2004, 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales. (BOE núm. 55 de 5 de marzo de 2005).

2.9 OTRAS

- Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental.
- Real Decreto 1074/2015 de 27-11-2015, por el que se modifican distintas disposiciones en el sector eléctrico.
- Real Decreto Ley 15/2018 de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores.
- Real Decreto Ley 1/2019 medidas urgentes para adecuar las competencias de la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia a las exigencias derivadas del derecho comunitario en relación a las Directivas 2009/72/CE y 2009/73/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de julio de 2009, sobre normas comunes para el mercado interior de la electricidad y del gas natural.
- 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.
- Exigencias de los Organismos Oficiales, de la Administración Central, Comunidades Autónomas y Ayuntamientos.
- Ordenanzas, Regulaciones y Códigos Nacionales, Autonómicos y Locales, que sean de aplicación.
- Ordenanzas Municipales de las localidades afectadas
- Cualquier disposición de nueva aparición que pueda complementar y/o modificar las anteriores.

Se observan en todo momento, durante la ejecución de la obra, las siguientes normas y reglamentos

- Real Decreto 824/1982 de 26 de marzo, que establece los diámetros de las mangueras contra incendios y sus racores de conexión. BOE de 01-05-82.

Habilitación Colegiado: 1546 RUBEN PASCUAL HERNANDEZ
Profesional

24/04
2023

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA
VISADO: 230654


- Real Decreto 473/1988, de 30 de marzo, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la directiva del Consejo de las Comunidades Europeas 76/767/CEE sobre aparatos a presión.
- Ley 21/1992, de 16 de julio, de Industria. BOE núm. 176 de 23 de julio.
- Real Decreto 1942/1993 de 5 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios. (BOE núm. 298 de 14 de diciembre de 1993) y corrección en BOE núm. 109 de 7 de mayo de 1994.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.

3 EMPLAZAMIENTO

3.1 UBICACIÓN DE LA INSTALACIÓN

El presente proyecto se encuentra localizado en el término municipal de Paracuellos de Jarama, en la Comunidad de Madrid (España), tal como se muestra en la siguiente ilustración.



Ilustración 1 : Ubicación de la instalación a nivel peninsular.

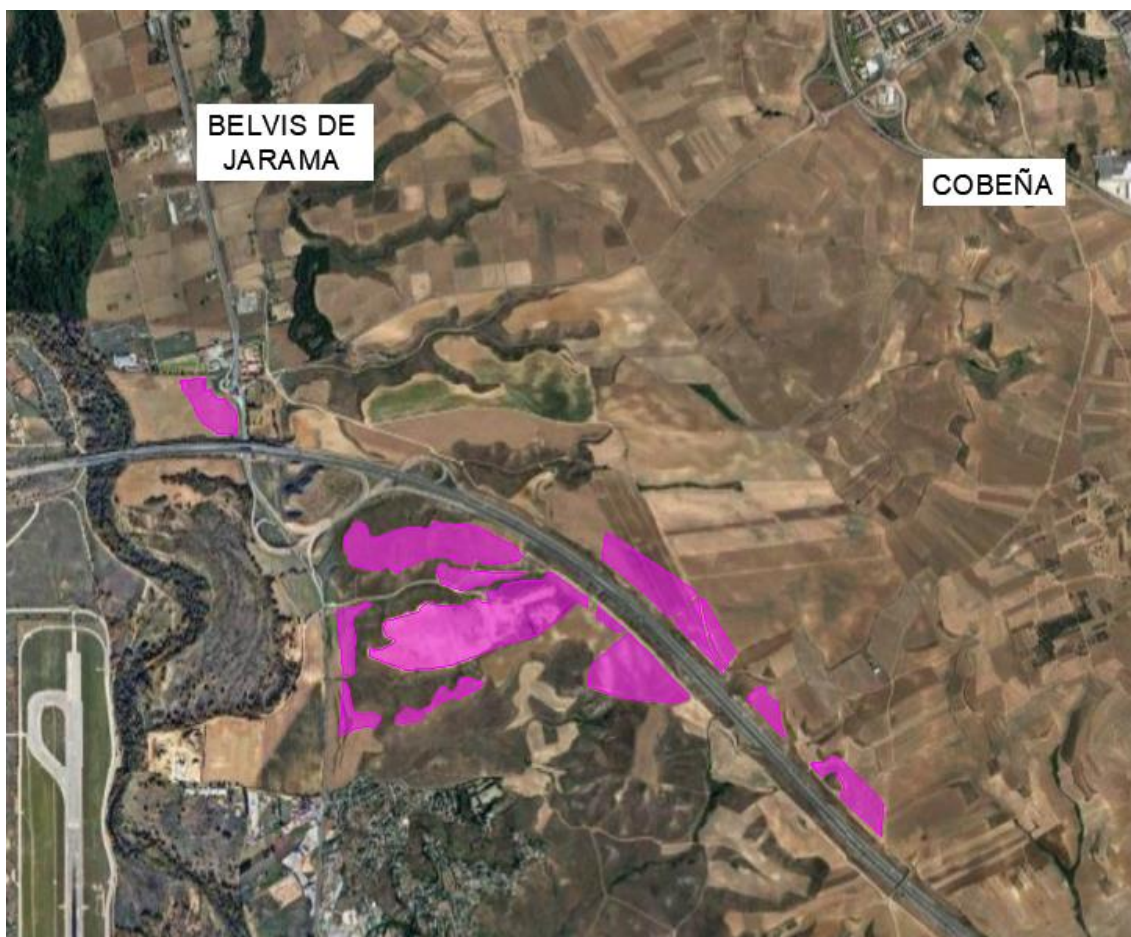


Ilustración 2 : Municipios cercanos a la instalación.

El municipio se sitúa al nordeste de la capital de la Comunidad de Madrid, a unos 26 km. Ambos municipios son colindantes entre sí con Cobeña, municipio próximo a la ubicación del proyecto.

Las características del emplazamiento se recogen en la siguiente tabla:

Tabla 3: Características emplazamiento.

| Características de la localización de la instalación fotovoltaica | |
|---|-----------------------|
| Términos municipales | Paracuellos de Jarama |
| Región | Comunidad de Madrid |
| País | España |
| Latitud | +40,54 |
| Longitud | -3, 53° |
| Altitud | 657 m.s.n.m. |

La elección del emplazamiento para el presente proyecto se ha llevado a cabo después de realizar un minucioso análisis de viabilidad, en el que se han tenido en consideración todas las cuestiones relacionadas con la categoría urbanística del suelo y los usos permitidos, posibles restricciones medioambientales y las condiciones particulares del entorno.

De este modo, se han considerado las restricciones derivadas de la existencia de infraestructuras de interés general, la presencia de núcleos de población, el planeamiento urbanístico, las zonas catalogadas como yacimientos arqueológicos, las vías pecuarias, montes públicos, red hidrológica, Espacios Naturales Protegidos y Red Natura 2000, así como otras cuestiones relacionadas con las características topográficas del entorno, presencia de vegetación, zonas inundables o zonas de importancia para las aves esteparias.

La planta objeto de este proyecto se sitúa en una zona próxima a la subestación Arroyo de la Vega de REE, ubicada en el término municipal de San Sebastián de los Reyes (Madrid).

Se accede al emplazamiento a través de la carretera M-103, que comunica Belvis de Jarama con Cobeña y, a partir de esta, por caminos rurales que dan acceso a las parcelas consideradas.

Estos caminos están siendo utilizados actualmente por maquinaria agrícola, por lo que cuentan con las dimensiones adecuadas para el tránsito de la maquinaria necesaria para la ejecución de la obra.

El código de provincia y el código del término municipal donde se sitúan los terrenos son los siguientes:

Tabla 4 : Códigos de provincia

| CÓDIGOS | | |
|---------------------------|-----------------------|-----|
| Código Provincia: | Madrid | 28 |
| Código Término Municipal: | Paracuellos de Jarama | 104 |

3.2 ÁMBITO DE ACTUACIÓN

El ámbito de actuación de la instalación fotovoltaica se corresponde con los terrenos en los que se llevará a cabo la instalación de los elementos que constituyen la planta solar, incluyendo entre ellos los módulos fotovoltaicos, la estructura de soporte, los inversores de string, los centros de transformación y todo el cableado interior necesario para la interconexión de estos, tanto en baja como en media tensión.

El mencionado ámbito de actuación de la instalación fotovoltaica se sitúa sobre las parcelas catastrales relacionadas en la Tabla 5, en la que se indica su referencia catastral, municipio,

polígono y parcela, incluyendo entre ellas las correspondientes a los terrenos por los que discurre la red interna de media tensión.

Tabla 5: Referencias catastrales planta.

| REFERENCIA CATASTRAL | POLÍGONO | PARCELA | TÉRMINO MUNICIPAL |
|----------------------|----------|---------|-----------------------|
| 28104A00400001 | 004 | 00001 | Paracuellos de Jarama |
| 28104A00400024 | 004 | 00024 | Paracuellos de Jarama |
| 28104A00409010 | 004 | 09010 | Paracuellos de Jarama |
| 28104A00409050 | 004 | 09050 | Paracuellos de Jarama |
| 28104A01400004 | 014 | 00004 | Paracuellos de Jarama |
| 28104A01409006 | 014 | 09006 | Paracuellos de Jarama |
| 28104A01500001 | 015 | 00001 | Paracuellos de Jarama |
| 28104A01500005 | 015 | 00005 | Paracuellos de Jarama |
| 28104A01509501 | 015 | 09501 | Paracuellos de Jarama |
| 28104A01600029 | 016 | 00029 | Paracuellos de Jarama |
| 28104A01600308 | 016 | 00308 | Paracuellos de Jarama |
| 28104A01609051 | 016 | 09051 | Paracuellos de Jarama |
| 28104A01700004 | 017 | 00004 | Paracuellos de Jarama |
| 28104A01700005 | 017 | 00005 | Paracuellos de Jarama |
| 28104A01700006 | 017 | 00006 | Paracuellos de Jarama |
| 28104A01700007 | 017 | 00007 | Paracuellos de Jarama |
| 28104A01700018 | 017 | 00018 | Paracuellos de Jarama |
| 28104A01700286 | 017 | 00286 | Paracuellos de Jarama |

El ámbito de actuación de la infraestructura de evacuación en 30 kV, se corresponde con los terrenos que recorre la línea, o conjunto de líneas utilizadas para la evacuación en media tensión. Estas líneas van desde que salen del ámbito de actuación de la instalación fotovoltaica hasta que alcanzan la subestación de elevación, es decir, son unas conducciones en 30 kV externas a la instalación fotovoltaica.

El mencionado ámbito de actuación de la infraestructura de evacuación en 30 kV se sitúa sobre las parcelas catastrales relacionadas en la Tabla 6, en la que se indica su referencia catastral, polígono, parcela y municipio.

Habilitación Colegiado: 1546 RUBEN PASCUAL HERNANDEZ

Profesional

24/04
2023

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA

VISADO: 230654




Tabla 6: Referencias catastrales infraestructura de evacuación 30 kV.

| REFERENCIA CATASTRAL | POLÍGONO | PARCELA | TÉRMINO MUNICIPAL |
|----------------------|----------|---------|-----------------------|
| 28104A00300001 | 003 | 00001 | Paracuellos de Jarama |
| 28104A00309002 | 003 | 09002 | Paracuellos de Jarama |
| 28104A00310001 | 003 | 10001 | Paracuellos de Jarama |
| 28104A00400001 | 004 | 00001 | Paracuellos de Jarama |
| 28104A00400150 | 004 | 00150 | Paracuellos de Jarama |
| 28104A00409002 | 004 | 09002 | Paracuellos de Jarama |
| 28104A01400004 | 014 | 00004 | Paracuellos de Jarama |
| 28104A01409006 | 014 | 09006 | Paracuellos de Jarama |
| 28104A01500001 | 015 | 00001 | Paracuellos de Jarama |
| 28104A01500005 | 015 | 00005 | Paracuellos de Jarama |
| 28104A01509001 | 015 | 09001 | Paracuellos de Jarama |
| 28104A01509002 | 015 | 09002 | Paracuellos de Jarama |
| 28104A01509009 | 015 | 09009 | Paracuellos de Jarama |
| 28104A01509052 | 015 | 09052 | Paracuellos de Jarama |
| 28104A01509506 | 015 | 09506 | Paracuellos de Jarama |
| 28104A01510001 | 015 | 10001 | Paracuellos de Jarama |
| 28104A01510005 | 015 | 10005 | Paracuellos de Jarama |
| 28104A01510009 | 015 | 10009 | Paracuellos de Jarama |
| 28104A01600029 | 016 | 00029 | Paracuellos de Jarama |
| 28104A01600307 | 016 | 00307 | Paracuellos de Jarama |
| 28104A01600308 | 016 | 00308 | Paracuellos de Jarama |
| 28104A01609013 | 016 | 09013 | Paracuellos de Jarama |
| 28104A01700004 | 017 | 00004 | Paracuellos de Jarama |
| 28104A01700006 | 017 | 00006 | Paracuellos de Jarama |
| 28104A01700007 | 017 | 00007 | Paracuellos de Jarama |
| 28104A01700018 | 017 | 00018 | Paracuellos de Jarama |
| 28104A01700281 | 017 | 00281 | Paracuellos de Jarama |

3.3 ACCESOS

Se accede al emplazamiento desde la carretera M-111 a través de un camino existente, sobre el que se realizará el debido acondicionamiento para dotarlo de las características adecuadas que permitan el tránsito de la maquinaria necesaria para la ejecución de las obras y el posterior mantenimiento de la instalación, siguiendo en todo momento las directrices y recomendaciones que marque el Ayuntamiento. Los accesos a la planta se pueden ver en la ilustración 3.





Ilustración 3 : Accesos.

Las coordenadas U.T.M de los accesos de la instalación fotovoltaica se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5 : Coordenadas U.T.M. de los accesos.

| Acceso | X | Y |
|----------|-------------|---------------|
| Acceso 1 | 453372,0819 | 4488501,9310 |
| Acceso 2 | 453902,0182 | 4487249,8668 |
| Acceso 3 | 453894,8426 | 4487090,6735 |
| Acceso 4 | 454084,2391 | 4487013,4582 |
| Acceso 5 | 454157,0833 | 4486999,7846 |
| Acceso 6 | 454732,1181 | 4487765,5442 |
| Acceso 7 | 454801,1107 | 4487696,2951 |
| Acceso 8 | 454985,7536 | 44887687,0850 |

| Acceso | X | Y |
|-----------|-------------|--------------|
| Acceso 9 | 455180,6179 | 4487497,9522 |
| Acceso 10 | 455284,7170 | 4487403,2341 |
| Acceso 11 | 455558,4291 | 4487488,3441 |
| Acceso 12 | 455697,7619 | 4487288,4276 |
| Acceso 13 | 455713,1662 | 4487296,3382 |
| Acceso 14 | 456014,8760 | 4486946,0126 |
| Acceso 15 | 456156,4066 | 4486790,1979 |
| Acceso 16 | 456488,3941 | 4486457,1084 |

3.4 ÁREA Y COORDENADAS DE LA IMPLANTACIÓN

El área de la implantación donde se construirá la instalación fotovoltaica, entendida como el terreno que quedará delimitado por los distintos recintos vallados, tiene una superficie total de 759.421,38 m² (75,94 ha).



Ilustración 4 : Superficie instalación.

Las coordenadas del vallado que delimita la superficie de la instalación aparecen en el plano adjunto “0101IGN00880-200-EOS-CIV-DWG-0003 Vallado. Planta”.

Las coordenadas de los centros de transformación son las siguientes:

Tabla 6: Coordenadas centros de transformación

| PUNTO | X | Y |
|-------|-------------|--------------|
| CT1 | 453356,2277 | 4488500,3035 |
| CT2 | 454127,2845 | 4487808,2095 |
| CT3 | 454508,3207 | 4487775,1540 |
| CT4 | 453916,5156 | 4487240,5024 |
| CT5 | 454304,0535 | 4487395,2330 |
| CT6 | 454574,1895 | 4487455,2330 |
| CT7 | 454844,3255 | 4487545,2330 |
| CT8 | 455372,5961 | 4487687,7079 |
| CT9 | 454438,9135 | 4487278,0305 |
| CT10 | 455264,4470 | 4487243,4918 |
| CT11 | 455465,4655 | 4487204,6535 |
| CT12 | 455718,9265 | 4487310,1802 |
| CT13 | 456316,5189 | 4486655,6097 |

3.5 COORDENADAS DE LA INFRAESTRUCTURA DE EVACUACIÓN DE 30 kV

Las coordenadas de la infraestructura de evacuación de que va desde el vallado hasta la subestación SET Arroyo de la Vega Renovables 220/30 kV, aparecen en la siguiente tabla:

Tabla 7 : Coordenadas U.T.M de la infraestructura de evacuación

| PUNTO | X | Y |
|-------|-------------|--------------|
| P01 | 453954.7771 | 4487320.8467 |
| P02 | 454029.7524 | 4487320.8832 |
| P03 | 454501.1975 | 4487753.7347 |
| P04 | 454501.1975 | 4487720.4154 |
| P05 | 454601.9471 | 4487650.2612 |
| P06 | 454601.9616 | 4487615.4141 |
| P07 | 455267.1692 | 4487407.2086 |
| P08 | 455247.0608 | 4487433.1394 |
| P09 | 455125.6873 | 4487536.6690 |
| P10 | 455072.3812 | 4487542.4852 |
| P11 | 455076.9800 | 4487583.5034 |
| P12 | 455101.6375 | 4487584.1283 |

Habilitación Colegiado: 1546 RUBEN PASCUAL HERNANDEZ
Profesional

24/04
2023

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA
VISADO: 230654



| PUNTO | X | Y |
|-------|-------------|--------------|
| P13 | 455143.2980 | 4487629.8641 |
| P14 | 455143.7784 | 4487709.8458 |
| P15 | 455133.9733 | 4487738.0650 |
| P16 | 455153.1303 | 4487766.4365 |
| P17 | 455093.5780 | 4487846.6323 |
| P18 | 455157.9420 | 4487838.0129 |
| P19 | 455499.6915 | 4487506.3312 |
| P20 | 455511.4393 | 4487495.4011 |
| P21 | 455683.7573 | 4487303.4888 |
| P22 | 455697.1661 | 4487312.0083 |
| P23 | 455750.0676 | 4487265.8898 |
| P24 | 455877.5785 | 4487141.0588 |
| P25 | 456021.9729 | 4486921.6622 |
| P26 | 456158.0305 | 4486797.8069 |

En la siguiente imagen, se puede ver el trazado en azul de la infraestructura de evacuación de 30 kV, desde que sale del vallado hasta la subestación SET Arroyo de la Vega Renovables 220/30 kV.



Ilustración 5 : Infraestructura de evacuación de 30 kV

Para más detalle sobre la ubicación de los puntos y sus coordenadas, ver el plano adjunto **“0101IGN00880-200-EOS-ELE-DWG-0013 Plano general líneas de evacuación”**.

3.6 TOPOGRAFÍA

Se ha realizado un análisis de la topografía para estudiar si el terreno es adecuado para la construcción de la instalación fotovoltaica. En este caso no existen pendientes importantes que afecten al proyecto.

En la siguiente ilustración pueden verse las pendientes de la planta.

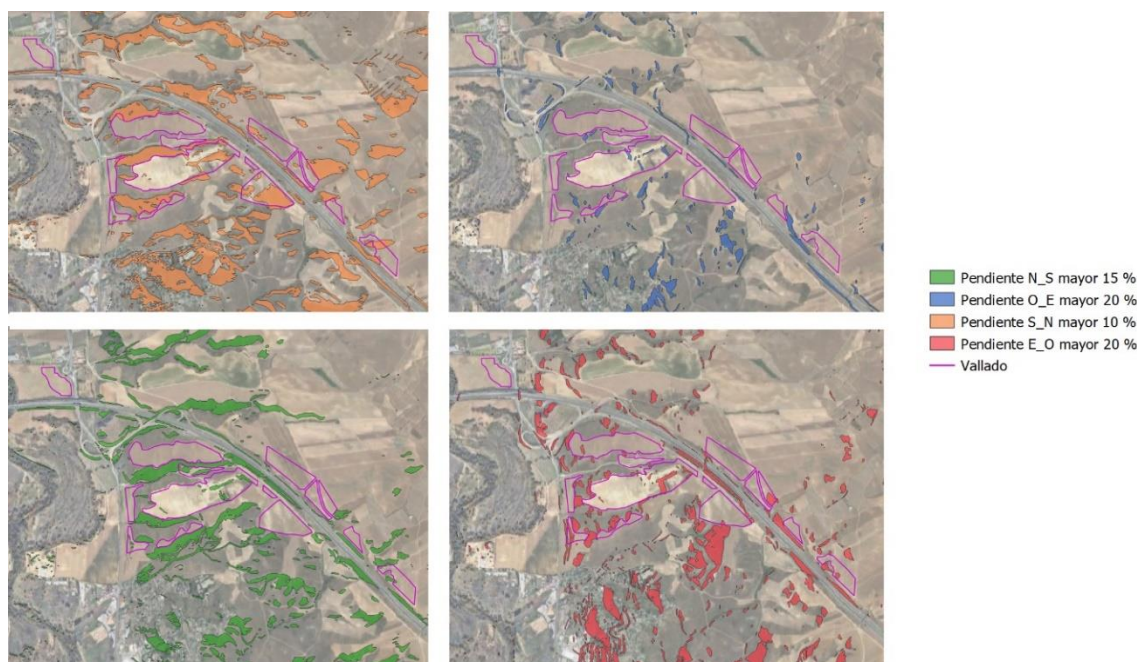


Ilustración 6: Pendientes de la implantación.

3.7 PERFIL DEL HORIZONTE

La irradiancia que llega a los módulos será diferente en función de los elementos que la rodeen, como colinas o montañas. Estas obstrucciones físicas bloquean la componente directa de la irradiancia durante algunos periodos del día, y también tienen impacto en la componente difusa. Por ello, se considera que el rendimiento energético de la planta se ve afectado por el perfil del horizonte.

La línea del horizonte tiene una elevación promedio de $2,2^\circ$ y una elevación máxima de $3,8^\circ$. Los datos utilizados para calcular el perfil del horizonte son de PVsyst.

En la Ilustración 7 se muestra el valor de la elevación bloqueada en el rango de azimut completo.

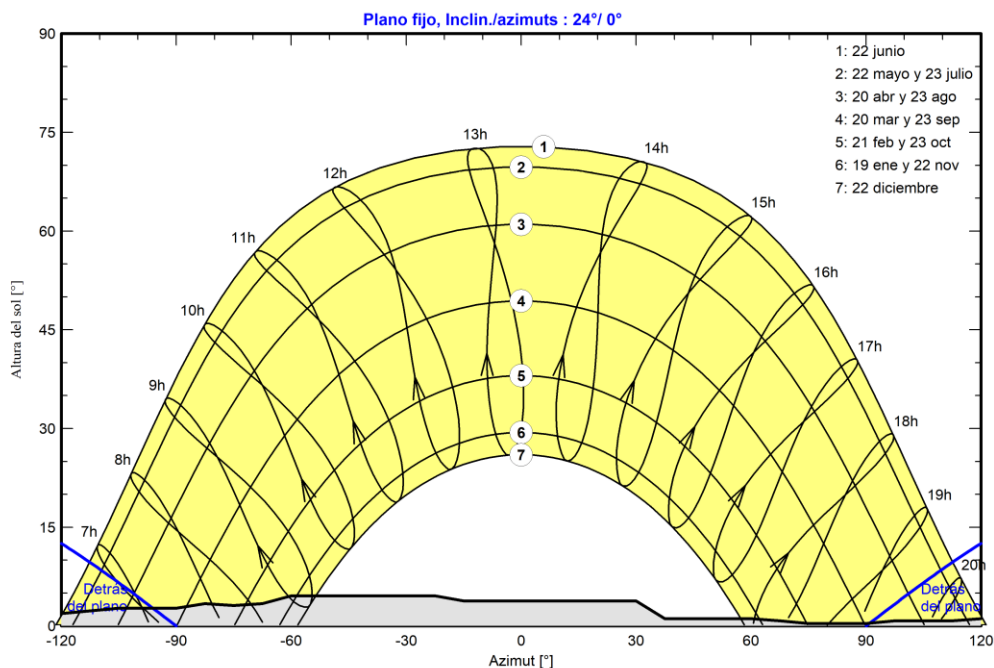


Ilustración 7 : Perfil del horizonte

4 DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS

4.1 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA Y SU INFRAESTRUCTURA DE EVACUACIÓN EN 30 KV

La Planta Fotovoltaica FV AZOR SOLAR, ubicada en el término municipal de Paracuellos de Jarama (Comunidad de Madrid), es una instalación con una potencia en paneles de 75,12 MWp y una potencia instalada en inversores de 64,07 MVA.

La Planta Fotovoltaica transforma la energía proveniente del sol en energía eléctrica en corriente continua que, posteriormente, se convierte en energía eléctrica en corriente alterna en baja tensión a través de unos equipos llamados inversores. La energía en corriente alterna en baja tensión es elevada a media tensión mediante transformadores eléctricos ubicados en los centros de transformación, donde la energía proveniente de cada transformador se une haciendo entrada/salida en las celdas de media tensión, ubicadas también en centros de transformación. Los circuitos de media tensión a la salida de los Centros de Transformación discurren a lo largo de la planta de forma subterránea, agrupándose todos ellos para llegar hasta la subestación elevadora denominada SET Arroyo de la Vega Renovables 220/30 kV, ubicada en el término municipal de Paracuellos de Jarama.

Las características principales de la instalación fotovoltaica se muestran en la tabla siguiente:

Tabla 8 : Características de la planta.

| Características FV AZOR SOLAR | |
|---------------------------------|-------------------------------|
| MODELO ESTRUCTURA | Gonvarri SolarSteel RACKSMART |
| NÚMERO DE ESTRUCTURAS | 1.965 |
| PITCH (m) | 7,5 |
| MODELO MÓDULO | VERTEX TSM DEG21C.20 |
| POTENCIA MÓDULO (Wp) | 660 |
| NÚMERO DE MÓDULOS | 113.824 |
| MÓDULOS POR STRING | 32 |
| POTENCIA PICO (Wp) | 75.123.840 |
| MODELO INVERSOR | HUAWEI SUN2000-215KTL-H3 |
| POTENCIA a 33°C (kVA) | 215 |
| NÚMERO DE INVERSORES | 298 |
| POTENCIA INSTALADA (VA) | 64.070.000 |
| Nº DE CENTROS DE TRANSFORMACIÓN | 13 |
| SOBREDIMENSIONAMIENTO | 1,17 |

Se ha seleccionado un módulo de 660 Wp por lo que esta configuración calculada supone la conexión de cadenas de 32 módulos en serie.

A continuación, se explica el procedimiento de cálculo de la potencia pico de la planta fotovoltaica con paneles bifaciales, asegurando, que, en su cálculo, no se debe tener en cuenta el factor de bifacialidad del panel.

El módulo fotovoltaico propuesto para el proyecto fotovoltaico es el modelo VERTEX TSM-DEG21C.20 con característica de construcción bifacial y células monocristalinas del fabricante Trinasolar, considerándose un total de 113.824 unidades.

La potencia de cada módulo es la indicada en la ficha técnica como se muestra a continuación, según fabricante del módulo:

Colegiado: 1546 RUBEN PASCUAL HERNANDEZ

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Navarra

Colegiado: 230654

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Navarra

Colegiado: 230654

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Navarra

ELECTRICAL DATA (STC)

| | | | | | | |
|--------------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Peak Power Watts-PMAX (Wp)* | 640 | 645 | 650 | 655 | 660 | 665 |
| Power Tolerance-PMAX (W) | 0 ~ +5 | | | | | |
| Maximum Power Voltage-VMPP (V) | 37.3 | 37.5 | 37.7 | 37.9 | 38.1 | 38.3 |
| Maximum Power Current-IMPP (A) | 17.19 | 17.23 | 17.27 | 17.31 | 17.35 | 17.39 |
| Open Circuit Voltage-Voc (V) | 45.1 | 45.3 | 45.5 | 45.7 | 45.9 | 46.1 |
| Short Circuit Current-Isc (A) | 18.26 | 18.31 | 18.35 | 18.40 | 18.45 | 18.50 |
| Module Efficiency η_m (%) | 20.6 | 20.8 | 20.9 | 21.1 | 21.2 | 21.4 |

STC: Irradiance 1000W/m², Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5. *Measuring tolerance: $\pm 3\%$.

Ilustración 8 : Potencia Nominal-PMAX (Wp) del módulo

En la imagen se puede observar la potencia nominal máxima de la cara frontal del módulo en condiciones STC (660 W). A continuación, se calcula la potencia nominal máxima del módulo aplicando un factor bifacialidad de 5, 10 y 15%.

Tabla 9 : Potencia nominal máxima del módulo para diferentes porcentajes de bifacialidad

| BIFACIALIDAD | POTENCIA NOMINAL MÁXIMA |
|--------------|---|
| 5% | $660 + (660 \times 0,05) = 693 \text{ W}$ |
| 10% | $660 + (660 \times 0,1) = 726 \text{ W}$ |
| 15% | $660 + (660 \times 0,15) = 759 \text{ W}$ |

Las potencias nominales máximas del módulo en condiciones STC una vez aplicados estos factores, van desde 693 W hasta 759 W. Esta ganancia bifacial depende de distintos factores como son el tipo de estructura sobre la que va montado el módulo, su altura, su inclinación y el efecto albedo en el terreno, es decir, que la ganancia bifacial no es una constante del módulo ya que depende de factores ajenos a la construcción del propio módulo.

En la siguiente tabla se indica la potencia pico total teórica de la instalación con cada ganancia bifacial.

Tabla 10 : Potencia pico para diferentes porcentajes de bifacialidad

| GANANCIA | POTENCIA PICO |
|----------|---|
| 0% | $113.824 \times 660 = 75.123.840 \text{ W}$ |
| 5% | $113.824 \times 693 = 78.880.032 \text{ W}$ |
| 10% | $113.824 \times 726 = 82.636.224 \text{ W}$ |
| 15% | $113.824 \times 759 = 86.392.416 \text{ W}$ |

El proceso de medición de potencia nominal para módulos fotovoltaicos bifaciales se detalla en la norma IEC TS 60904-1-2:2019, y no define como tal una potencia nominal resultado de sumar la potencia de ambas caras sino que define un factor denominado bifacialidad, que representa la relación entre las características principales de potencia medida en condiciones STC de la parte trasera y frontal.

En el caso del módulo seleccionado para el proyecto, el factor de bifacialidad tiene un valor de $70 \pm 5\%$, tal y como se especifica en la ficha técnica.

La realidad es que la ganancia bifacial va a depender en última instancia de factores externos al módulo, como indica el fabricante en la hoja de características, y no debería considerarse la potencia nominal como la suma de ambas caras ya que, bajo esta falsa premisa, dentro de la misma instalación se tendrían módulos con distintas ganancias y por ende con distintas potencias, a pesar de tratarse del mismo fabricante y familia de módulo.

Por lo expuesto, se considera que la potencia pico exacta de la instalación es 75.123.840 W.

Asimismo, las características principales de la instalación de evacuación de 30 kV se muestran en la Tabla 11.

Tabla 11 : Características de la Infraestructura de Evacuación en 30 kV.

| Infraestructura de Evacuación en 30 kV | |
|--|---|
| LOCALIZACIÓN | Paracuellos de Jarama (Comunidad de Madrid) |
| TENSIÓN | 30 kV |
| MATERIAL | Aluminio |
| AISLAMIENTO | HEPR |
| SECCIÓN | 120/400/630 mm ² |

La planta cuenta con estructuras de 2 filas de 32 y 16 módulos cada una, totalizando 64 y 32 módulos por estructura. Se trata de estructuras fijas distribuidas por toda la superficie de la planta. Las estructuras están separadas 7,5 m entre sí (separación Norte-Sur) para evitar el sombreado de los módulos durante la operación. Las cadenas se agruparán, según la topología de cada bloque o subplanta y se conectará cada uno de ellos a un inversor.

Desde dicho inversor se evacuará la energía generada, mediante conductores de corriente alterna hasta el armario de baja tensión del centro de transformación.

Mediante los inversores, a través de su electrónica de potencia, se convertirá la energía en corriente continua procedente de los módulos fotovoltaicos en energía en corriente alterna en baja tensión para que, posteriormente, los transformadores ubicados en el centro de transformación sean los que eleven a media tensión, en concreto a 30kV, para su evacuación hasta la subestación elevadora mediante una red subterránea. Dicha red subterránea,

compuesta de cuatro circuitos, llevará la energía generada hasta la subestación SET Arroyo de la Vega Renovables 220/30 kV.

Los circuitos serán de aluminio, aislamiento HEPR y de tensión nominal 30 kV, e irán enterrados en zanjas por motivos de seguridad y para minimizar el impacto ambiental y paisajístico.

Se conectan varios circuitos de media tensión, que van recogiendo la energía producida en los diferentes centros de transformación, agrupándolos de manera progresiva por el interior de la instalación hasta un punto común del que partirán enterrados hasta la SET Arroyo de la Vega Renovables 220/30 kV. Esto se consigue a través de las celdas de media tensión ubicadas en cada uno de los centros de transformación, realizando una entrada-salida del circuito de media tensión que corresponda. Las características generales del cableado y zanjas se detallan en los apartados correspondientes de esta memoria.

En las siguientes tablas se recogen los distintos tramos y sus características.

Tabla 12: Tramos CT-2 a SE con sus características.

| | INICIO | FIN | L TOTAL (m) | TIPO | NIVEL DE TENSIÓN | TIPO CABLE | CALIBRE (mm ²) |
|---------------|--------|------|-------------|------|------------------|------------|----------------------------|
| CIRCUITO MV-1 | PS-2 | PS-3 | 548 | HEPR | 18/30 kV | Al | 120 |
| | PS-3 | PS-6 | 599 | HEPR | 18/30 kV | Al | 400 |
| | PS-6 | SE | 4109 | HEPR | 18/30 kV | Al | 630 |

Tabla 13 : Tramos CT-4 a SE con sus características

| | INICIO | FIN | L TOTAL (m) | TIPO | NIVEL DE TENSIÓN | TIPO CABLE | CALIBRE (mm ²) |
|---------------|--------|------|-------------|------|------------------|------------|----------------------------|
| CIRCUITO MV-2 | PS-4 | PS-5 | 717 | HEPR | 18/30 kV | Al | 120 |
| | PS-5 | PS-9 | 309 | HEPR | 18/30 kV | Al | 400 |
| | PS-9 | SE | 4137 | HEPR | 18/30 kV | Al | 630 |

Tabla 14 : Tramos CT-13 a SE con sus características

| | INICIO | FIN | L TOTAL (m) | TIPO | NIVEL DE TENSIÓN | TIPO CABLE | CALIBRE (mm2) |
|---------------|--------|-------|-------------|------|------------------|------------|---------------|
| CIRCUITO MV-3 | PS-13 | PS-12 | 1082 | HEPR | 18/30 kV | Al | 120 |
| | PS-12 | PS-8 | 637 | HEPR | 18/30 kV | Al | 120 |
| | PS-8 | PS-1 | 230 | HEPR | 18/30 kV | Al | 400 |
| | PS-1 | SE | 265 | HEPR | 18/30 kV | Al | 630 |

Tabla 16: Tramos CT-11 a SE con sus características

| | INICIO | FIN | L TOTAL (m) | TIPO | NIVEL DE TENSIÓN | TIPO CABLE | CALIBRE (mm2) |
|---------------|--------|-------|-------------|------|------------------|------------|---------------|
| CIRCUITO MV-4 | PS-11 | PS-10 | 284 | HEPR | 18/30 kV | Al | 120 |
| | PS-10 | PS-7 | 880 | HEPR | 18/30 kV | Al | 400 |
| | PS-7 | SE | 3799 | HEPR | 18/30 kV | Al | 630 |

La potencia de los inversores se ha dimensionado de tal manera que la instalación fotovoltaica sea capaz, al mismo tiempo, de suministrar toda la potencia activa disponible y de cumplir con el requerimiento más restrictivo de potencia reactiva según el Código de Red, a máxima temperatura y sin la necesidad de equipos adicionales para la compensación de potencia reactiva.

Adicionalmente, la planta dispondrá de estaciones de medida de datos meteorológicos situadas estratégicamente a lo largo de la instalación, con el objeto de suministrar al sistema de monitorización y al sistema de gestión de las estructuras los datos necesarios para su control y seguridad.

4.2 DESCRIPCIÓN DE LA SUBESTACIÓN ELEVADORA (NO OBJETO DEL PROYECTO)

La subestación elevadora es SET Arroyo de la Vega Renovables 220/30 kV. Desde la planta fotovoltaica sale una red subterránea compuesta por una zanja de 4 circuitos, en 30 kV, que evacúan la energía generada hasta dicha subestación.

En SET Arroyo de la vega Renovables 220/30 kV se eleva la tensión hasta 220 kV, y mediante una línea de alta tensión, se conecta con Arroyo de la Vega 220 kV (REE).

4.3 DIMENSIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA E INFRAESTRUCTURA DE EVACUACIÓN EN 30 KV

4.3.1 Configuración eléctrica

Como ya se ha mencionado, la instalación fotovoltaica, mediante los módulos fotovoltaicos, genera electricidad en corriente continua (DC).

La instalación eléctrica en baja tensión estará conformada por:

- Un sistema de corriente continua cableado desde los módulos hasta los inversores.
- Un sistema de corriente alterna (AC) cableado desde los inversores hasta los centros de transformación.
- El sistema de AC estará a su vez formado por otros dos sistemas, uno para el transporte interior y la evacuación de la energía transformada en los inversores; y otro para la alimentación de los equipos y servicios auxiliares.

Las principales características de la configuración eléctrica se recogen en la Tabla 15.

Habilitación Colegiado: 1546 RUBEN PASCUAL HERNANDEZ
Profesional

24/04
2023

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA
VISADO: 230654



Tabla 15 : Configuración eléctrica planta.

| | | | | | | | | |
|--|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | Inversor String | | | | | | | |
| Potencia Pico Planta (Wp) | 75.123.840 | | | | | | | |
| Potencia Instalada Inv. Planta (40°C) (VA) | 64.070.000 | | | | | | | |
| Modelo módulo FV | VERTEX TSM-DEG21C.20 | | | | | | | |
| Potencia módulo FV (Wp) | 660 | | | | | | | |
| Nº modulos / string | 32 | | | | | | | |
| Nº modulos total | 113.824 | | | | | | | |
| Modelo estructura | Estructura fija 2Vx32/2Vx16 | | | | | | | |
| Nº strings / estructura | 2/1 | | | | | | | |
| Nº estructuras total | 1.965 | | | | | | | |
| Tilt | 24 | | | | | | | |
| Pitch (m) | 7,5 | | | | | | | |
| Modelo inversor | HUAWEI SUN2000-215KTL-H3 | | | | | | | |
| Potencia inversor (W) | 215.000 | | | | | | | |
| Modelo centro transformación | STS-3000K-H1 / STS-6000K-H1 | | | | | | | |
| Potencia centro transformación (W) @40°C | 3.250.000/6.500.000 | | | | | | | |
| Nº inversores | 298 | | | | | | | |
| CONFIGURACIÓN BLOQUES DE POTENCIA | | | | | | | | |
| Bloque de potencia | Tipo 1 | Tipo 2 | Tipo 3 | Tipo 4 | Tipo 5 | Tipo 6 | Tipo 7 | Tipo 8 |
| Número inversores | 16 | 31 | 31 | 31 | 30 | 16 | 25 | 12 |
| Nº strings / inversor | 11/12 | 11/12 | 12/13 | 12/13 | 11/12 | 12 | 12/13 | 11/12 |
| Nº strings / bloque de potencia | 188 | 370 | 376 | 373 | 360 | 192 | 301 | 139 |
| Número módulos / bloque de potencia | 6.016 | 11.840 | 12.032 | 11.936 | 11.520 | 6.144 | 9.632 | 4.448 |
| Potencia pico / bloque de potencia | 3.970.560 | 7.814.400 | 7.941.120 | 7.877.760 | 7.603.200 | 4.055.040 | 6.357.120 | 2.935.680 |
| Potencia Instalada inv. / bloque de potencia | 3.440.000 | 6.665.000 | 6.665.000 | 6.665.000 | 6.450.000 | 3.440.000 | 5.375.000 | 2.580.000 |
| Nº bloques de potencia | 3 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 |

Con esta configuración y teniendo en cuenta los criterios de intensidad máxima admisible y caída de tensión se tiene como conclusión que: todas las secciones, tanto de BT como de MT, cumplen con el primer criterio, es decir, la intensidad máxima permitida por el conductor es mayor a la intensidad que circulará por el mismo.

En ambos niveles de tensión se ha respetado que:

- Caída de tensión BT: inferior al 1% tanto en AC como en DC.
- Caída de tensión MT: inferior 1%.

4.3.2 Diseño del cableado eléctrico

En el cálculo del cableado eléctrico se busca minimizar las longitudes y secciones del cable. Las secciones se calculan de acuerdo a la norma IEC 60502-2.

Los factores que se tienen para el cálculo de la sección son:

- Caída de tensión (tal y como se ha explicado en el apartado anterior).
- Calentamiento del cable.
- Intensidad de cortocircuito.

El cableado seleccionado y sus características se muestran en la Tabla 16.

Tabla 16 : Resumen de las secciones de cable seleccionadas.

| Sección | Material conductor | Material aislante | Tipo de instalación |
|---------------------------------------|--------------------|-------------------|------------------------|
| De String a Inversor | | | |
| 6 mm ² | Cu | XLPE o ERP | Enterrado bajo tubo |
| 10 mm ² | Cu | XLPE o ERP | Enterrado bajo tubo |
| De Inversor a CT | | | |
| 240 mm ² | Al | XLPE o ERP | Directamente enterrado |
| 300 mm ² | Al | XLPE o ERP | Directamente enterrado |
| 400 mm ² | Al | XLPE o ERP | Directamente enterrado |
| De CT a SE Monterías 220/30 kV | | | |
| 120 mm ² | Al | HEPR | Directamente enterrado |
| 400 mm ² | Al | HEPR | Directamente enterrado |
| 630 mm ² | Al | HEPR | Directamente enterrado |

4.3.3 Red de puesta a tierra (PaT)

Todas las partes metálicas de la instalación estarán conectadas a la red de tierra para evitar tensiones de contacto peligrosas.

La red de tierras será de cobre o aleación de cobre para asegurar su resistencia a la corrosión con los siguientes materiales:

- Cables: cobre desnudo de sección 35 mm² en la malla principal.
- Electrodo de tierra: de acero recubierto de cobre con 0,25 mm de espesor de recubrimiento de cobre 14" de diámetro y 2 m de longitud.
- Conectores: de cobre o aleación de cobre de fusión, en conexiones enterradas.

Se realizará una malla de PaT mediante tendido de conductor de 35 mm² de cobre desnudo enterrado. Este conductor unirá cada uno de los seguidores a los que se conectarán las puestas a tierra de los paneles.

Los paneles irán todos conectados a la red de tierra mediante conductor aislado de cobre (Cu) 16 mm². Los centros de transformación irán igualmente conectados a la red.

Para la formación de las mallas de PaT se realizará un tendido perimetral del conductor de 35 mm² alrededor de las estructuras de paneles de cada uno de los inversores, con tramos intermedios y en paralelo a las canalizaciones de corriente continua. La profundidad de la instalación de tierras será como mínimo de 50 cm.

Se dispondrá de picas de tierra tanto en los inversores como en los centros de transformación.

Para la puesta a tierra de servicio de los transformadores y con el objeto de evitar tensiones peligrosas en BT, el neutro del sistema de BT se conectará a una toma de tierra independiente del sistema de herrajes de MT con un cable de cobre aislado (0,6/1 kV). El sistema de tierras se unirá mediante cable desnudo de cobre de 50 mm².

4.3.4 Obras civiles

Los parámetros considerados para las obras civiles requeridas para construir la planta fotovoltaica se muestran en la Tabla 17.

Tabla 17 : Resumen parámetros para obras civiles.

| OBRAS CIVILES | |
|---|------------|
| Distancia entre filas | 7,5 m |
| Distancia entre filas consecutivas | 0,2 m |
| Ancho viales internos | 4 m |
| Longitud viales internos | 4.157,69 m |
| Ancho viales de acceso | 6 m |
| Longitud viales de acceso | 669,18 m |
| Sección máxima de zanjas internas (BT y MT) | 1,2 m |
| Profundidad máxima de zanjas (BT y +) | 1,42 m |

| OBRAS CIVILES | |
|---------------------------------------|----------------------|
| Longitud de zanjas (BT y MT) | 24935,566 m |
| Número de hincados por estructura | 5/7 |
| Superficie destinada a zona de acopio | 263,8 m ² |

Las zanjas internas se realizarán principalmente aprovechando los recorridos de los viales.

4.3.4.1 Caminos de acceso

Los accesos a la instalación se realizarán por caminos rurales existentes, tal y como se describe en el apartado 3.3 de esta misma memoria.

4.3.4.2 Caminos internos

Los viales del interior del recinto se realizarán para permitir el acceso de vehículos a los diferentes edificios de la planta y a los inversores. Los viales interiores se ejecutarán con una base de 10 cm de espesor de zahora artificial ZA-20 sobre una subbase de 20 cm de espesor de material seleccionado. En caso de ser necesario se realizarán cunetas de drenaje.

El ancho de estos caminos internos será de 4 metros y su trazado se configurará a partir de la estructura de los caminos de acceso de nueva obra. Se garantizará el pertinente bombeo en sección para el correcto desagüe de precipitaciones.

4.3.4.3 Edificios

La planta fotovoltaica cuenta con un edificio de control para el personal de operación y mantenimiento y contará con un almacén. En concreto, contará con una superficie de 437 m².

El edificio constará con la suficiente superficie como para que las labores de control y supervisión se desarrollen de manera correcta albergando el correspondiente equipo e instalaciones para el uso del personal de operación y mantenimiento.

El edificio dispone de:

- I. Almacén
- II. Sala de control y supervisión
- III. Sala de reuniones/Despacho (x2)
- IV. Sala de comunicación servidores
- V. Cocina/Comedor
- VI. Zona de vestuarios

Así mismo, se dispone de la superficie apropiada albergar material en el almacén de aproximadamente 197 m².


Colegiado: 1546 RUBEN PASCUAL HERNANDEZ

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Navarra

Habilitación Profesional

VISADO: 230654

24/04
2023



4.3.4.4 Fijaciones

La fijación de los seguidores se realizará por el método de hincado a 1,5 metros de profundidad, salvo que la resistencia del terreno que resulte del estudio geotécnico de la zona sea muy baja, en cuyo caso se resolverá con dados de hormigón.

4.3.4.5 Cimentaciones

La cimentación de los vallados se ejecutará como pozos de cimentación cilíndricos de hormigón en masa de las características y dimensiones indicadas en planta. Las dimensiones de los pozos de cimentación de postes centrales y postes para las puertas serán de diferentes dimensiones tal y como se indica en planos.

La cimentación para la estación de potencia será ejecutada como zanjas de cimentación, bajo los laterales del sentido más amplio de la estación de potencia como se indica en planos.

4.3.4.6 Zonas de acopio

Durante la ejecución de la obra, se dispondrá de una zona de acopio de un área de 264 m², la cual servirá para la disposición de distintos materiales.

Esta zona estará ubicada al noroeste del parque, dentro del vallado, y quedará dispuesta en las proximidades del acceso 7.

4.3.4.7 Canalizaciones eléctricas

Las zanjas para los cables tendrán como máximo 1,42 m de profundidad y 1 m de anchura. El lecho de zanja deberá ser liso y estar libre de aristas vivas, cantos, piedras, etc.

En función del tipo de zanja que se vaya a disponer en el tramo, el tratamiento del fondo de zanja será distinto. En caso de que el relleno de la zanja este compuesto por material de excavación en superficie y material seleccionado en la parte inferior, será necesario disponer de una capa de arena de río lavada de 10 cm de espesor, sobre la cual se depositará el cable a instalar. En caso de que el material de la parte inferior sea hormigón en masa y no un relleno seleccionado, se omitirá la cama de área de río.

En las zanjas en las que se disponga material seleccionado como relleno, se dispondrá sobre éste una protección mecánica. Se continuará rellenando con 15 cm material de excavación, se compactará con medios manuales. Tras esta tongada se dispondrá a lo largo del trazado del cable una cinta de señalización para advertir de la presencia de conductor eléctrico. Por último, se continuará rellenando 20 cm con material de excavación hasta la cota de superficie donde se compactará con medios mecánicos. En el caso de las zanjas de media tensión que se disponga material seleccionado como relleno, se colocará la cubierta mecánica 30 cm por debajo de la cota de superficie, al igual que la cinta señalizadora.

En las zanjas en las que se disponga hormigón en masa, se omitirá sobre éste la protección mecánica. Se continuará rellenando con tongadas de máximo 20 cm material de excavación, compactadas mediante medios manuales. A 30-20 cm de la cota de superficie se ubicará a lo largo del trazado del cable una cinta de señalización para advertir de la presencia de conductor eléctrico, tal y como se indica en detalles de plano. Por último, se continuará rellenando 30 (o 20) cm con material de excavación hasta la cota de superficie donde se compactará con medios mecánicos.

4.3.4.8 Vallado Perimetral

La longitud total del vallado es 15.712,06 metros. Todo el recinto de la instalación estará protegido por un cerramiento realizado con malla de acero galvanizado con trama 30/10, altura 1,38 m y las dos filas inferiores trama 30/15. Se mantendrá una distancia mínima al suelo de 15 cm. Deberá carecer alambres de espino y de elementos cortantes o punzantes y no interrumpirá los cursos naturales de agua ni favorecerá la erosión ni el arrastre de tierras. La altura mínima del vallado será de 1,5 m y máxima de 2 m.

Los postes de línea metálicos serán de 2,5 pulgadas de diámetros y 1,2 mm de espesor, anclados al terreno mediante pedestales de hormigón en masa cilíndricos de 24 cm de diámetro por 50 cm de profundidad y estarán colocados a una distancia máxima de 3 metros. Las puertas de acceso, como parte del cerramiento perimetral, cumplirán las mismas características de altura. Para los postes de la puerta los pedestales serán de 2,5 pulgadas de diámetro y 1,2 m de profundidad. Los tubos de retención diagonales serán de 1,5 pulgadas de diámetro y un espesor de 0,9 mm.

El cerramiento deberá ser completamente permeable en su parte inferior a los vertebrados terrestres hasta el tamaño de un zorro, y deberá contar con pasos tipo gatera para mamíferos terrestres de mayor tamaño como mínimo cada 50 m y en todas los ángulos e intersecciones con roquedos. Incluirá señalización mediante placas metálicas de color blanco silladas al menos cada 10 m a tresbolillo para evitar colisión de aves en vuelo rasante.

Adicionalmente, se incluirán todas las medidas que resulten del Estudio de Impacto Ambiental en cuanto al perímetro del vallado y a los dispositivos anticolidión.

Los accesos, se señalizarán debidamente de forma que se advierta en todo momento de los riesgos existentes a todos los que trabajan o circulan por la obra. En dicho acceso, en sitio visible, se colocarán carteles prohibiendo la entrada a personas ajenas a la obra. Se deberá colocar, como mínimo, la siguiente señalización:

- Prohibido aparcar en la zona de entrada de vehículos.
- Prohibido el paso de peatones por la entrada de vehículos.
- Obligatoriedad del uso del casco en el recinto de la obra.

Habilitación Colegiado: 1546 RUBEN PASCUAL HERNANDEZ

Profesional

24/04
2023

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA
VISADO: 230654



- Prohibición de entrada a toda persona ajena a la obra.
- Peligro, salida de camiones.

No se permitirá la entrada en la obra a visitantes o personas ajenas, salvo que estén debidamente autorizados o vayan acompañados de una persona competente y lleven el equipo de protección adecuado.

4.3.4.9 Drenajes

Para garantizar el drenaje del parque fotovoltaico se ejecutará una red de cunetas paralela a los viales con el objetivo de protegerlos del agua de escorrentía. En este caso, las cunetas serán sin revestimiento, con un talud 1H/1V y unas dimensiones de 1 metros de ancho por 0,4 metros de calado. Se dispondrán cunetas con revestimiento si la pendiente longitudinal es superior al 3%, una vez se cuente con topografía detallada de la zona.

De forma complementaria, se dispondrán obras de drenaje transversal (ODT) en puntos concretos de los viales, para garantizar el paso de agua de una zona a otra y evitar así la acumulación del agua de escorrentía de las cuencas de aportación.

En este caso, de manera preliminar, se dispondrán badenes con dimensiones TR B100xV30 6,66/1.

4.3.4.10 Movimiento de tierras

Los movimientos de tierras se han diseñado de tal manera que eviten embalsamientos de agua y favorezcan la evacuación de las aguas de escorrentía, así como evitar la generación de desniveles importantes entre estructuras que pudieran ocasionar sombras entre ellas.

Las tolerancias de la estructura consideradas para este proyecto son:

- Máxima pendiente asumible N-S: 17%.
- Máxima pendiente asumible E-O: ilimitado.

Para más información se puede consultar el documento **"0101IGN00880-200-EOS-CIV-REP-0001 ANEXO I Cálculos civiles"**.

5 EQUIPOS PRINCIPALES

Los equipos principales utilizados para convertir la energía solar en electricidad son:

- Módulos fotovoltaicos**, que convierten la radiación solar en corriente continua.
- Estructura fija**, que sirve de soporte y con un tilt establecido que permiten mayor eficiencia y aceptabilidad al terreno, pudiendo hacer instalaciones en zonas de pendientes elevadas.

Habilitación Colegiado: 1546 RUBEN PASCUAL HERNANDEZ
Profesional

24/04
2023

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA
VISADO: 230654



- c) **Inversores de string**, que convierten la DC del campo solar a AC.
- d) **Transformadores de potencia**, que elevan el nivel de tensión de baja tensión a media tensión.
- e) **Centros de transformación**, donde en este caso se alojan los cuadros de baja tensión y el transformador.
- f) **Cableado de baja tensión**, en corriente continua, para la formación de las cadenas de módulos fotovoltaicos hasta su llegada a los inversores de strings y en corriente alterna, para transportar la energía desde los inversores de string hasta los centros de transformación.
- g) **Cableado de media tensión (30 kV)**, empleado para la conexión entre los diferentes centros de transformación, el transporte interior de la energía generada en el ámbito de actuación de la instalación fotovoltaica y, en su caso, la evacuación hacia la subestación elevadora.
- h) **Otros equipos**, necesarios para los sistemas de protecciones, sistemas de control, sistemas de medida e instalaciones auxiliares.

En la presente memoria se denomina “Media tensión” a la red de 30 kV que une los diferentes centros de transformación entre sí y con la subestación. Sin embargo, en algunos planos o proyectos estos circuitos podrían ir referenciados como “alta tensión” ya que en España la tensión mayor a 1 kV está regulada por el Reglamento de Instalaciones de alta tensión.

5.1 MÓDULO FOTOVOLTAICO

Un generador fotovoltaico es el conjunto de módulos fotovoltaicos encargados de transformar, sin ningún paso intermedio, la energía procedente de la radiación solar en energía eléctrica. Esta conversión a energía eléctrica se hace por medio de corriente continua que será transformada a corriente alterna en el inversor.

El módulo fotovoltaico seleccionado será el modelo VERTEX TSM-DEG20C.20, fabricado por TrinaSolar o similar. Tiene una potencia máxima de 660 W, la tecnología de las células es monocristalina y cuenta con tecnología bifacial. Es decir, están diseñados especialmente para captar la energía recibida del sol por sus dos lados, y así aumentar su capacidad de producción.

Las características del módulo fotovoltaico elegido se muestran en la Tabla 18.


Tabla 18 : Datos módulo fotovoltaico.

| Características del módulo fotovoltaico | |
|---|----------------|
| Características principales | |
| Tecnología | Monocrystalino |
| Tipo de módulo | Bifacial |
| Máxima tensión | 1500 V |
| Standard test conditions (STC) | |
| Potencia máxima | 660 W |
| Tensión MPP | 38,1 V |
| Corriente MPP | 17,35 A |
| Tensión a circuito abierto | 45,9 V |
| Corriente de cortocircuito | 18,45 A |
| Coeficientes de temperatura | |
| Coeficiente de potencia | -0,34 %/°C |
| Coeficiente de tensión | -0,25 %/°C |
| Coeficiente de corriente | 0,04 %/°C |
| Características mecánicas | |
| Largo | 2.384 mm |
| Ancho | 1303 mm |
| Grosor | 35 mm |
| Peso | 38,7 kg |

Habilitación
Colegiado: 1546 RUBEN PASCUAL HERNANDEZ
Profesional

24/04
2023

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA
VISADO: 230654



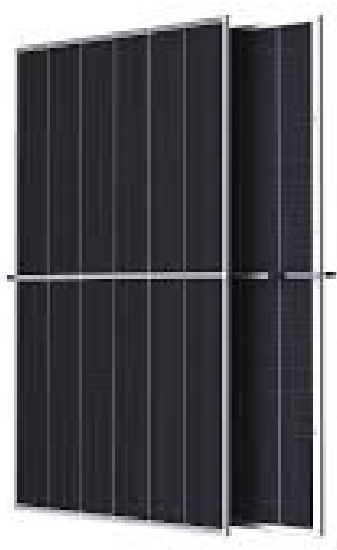


Ilustración 9 : Módulo fotovoltaico.

5.2 ESTRUCTURA FIJA

Los módulos solares fotovoltaicos se montan sobre una estructura que está orientada este-oeste. Estas estructuras se conocen como fijas, y están fijadas al suelo. El diseño de las estructuras fijas permite instalar más potencia que con estructuras seguidoras, ya que, en el mismo espacio entran más cantidad de estructuras y permiten rangos de pendientes más amplios.

La estructura fija seleccionada para el proyecto es la RackSmart de SolarSteel, del fabricante Gonvarri. Las principales características de la estructura seleccionada pueden verse en la Tabla 19.

Tabla 19 : Características principales de la estructura fija.

| Características del seguidor de un eje | |
|--|-------|
| Configuración | 2V |
| Ángulo de inclinación (Tilt) | 24° |
| Número de módulos por fila | 32/16 |
| Distancia entre filas | 7,5 m |

Para evitar sombras entre las diferentes estructuras, se ha diseñado una distancia de 7,5 m entre alineaciones en dirección Norte-Sur.

La estructura soporte de los paneles fotovoltaicos se instala o bien perforando previamente un agujero con una cimentación de hormigón o hincando directamente. En condiciones normales, se utilizará el segundo método de instalación evitando así el uso de hormigón.

5.3 INVERSOR DE STRING

El inversor convierte la corriente continua producida por los módulos fotovoltaicos en corriente alterna.

Para la evacuación de la potencia proyectada en la presente instalación, será necesaria la instalación de 13 Centros de Transformación, con un total de 298 inversores de 215 kVA de potencia máxima.

Los inversores operan de forma totalmente automática. Su sistema de control se basa en la toma de datos de tensión, frecuencia y potencia producida por los módulos para su operación mediante electrónica de potencia. El inversor, puesto que, aunque sea mínimo, tiene un consumo de la red, sólo arranca cuando los módulos solares generan energía suficiente para ello. En el momento en que se genera ese mínimo de energía, el inversor comienza a inyectar a la red. El inversor está diseñado para cumplir los códigos de red de Red Eléctrica de España, así como limitar la potencia en el punto de conexión a la potencia concedida en el permiso de acceso.



Ilustración 10 : Inversor de string.

El inversor seleccionado será el SUN2000-215KTL-H3 de Huawei o similar. Las principales características del inversor seleccionado se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 20 : Características principales del inversor.

| Características del inversor | |
|--|---------------|
| Características principales | |
| Tipo | STRING |
| Máxima eficiencia de conversión de DC a AC | ≥99.0 % |
| Entrada (DC) | |
| Rango búsqueda MPPT | 500 – 1.500 V |
| Tensión máxima de entrada | 1500 V |
| Salida (AC) | |
| Potencia máxima a 33 °C | 215 kVA |
| Tensión de salida | 800 V |
| Frecuencia de salida | 50 Hz |

La potencia de los inversores se ha dimensionado de tal manera que la instalación fotovoltaica sea capaz, al mismo tiempo, de suministrar toda la potencia activa disponible y de cumplir con el requerimiento más restrictivo de potencia reactiva según el Código de Red, a máxima temperatura y sin la necesidad de equipos adicionales para la compensación de potencia reactiva.

5.4 TRANSFORMADOR

El transformador de potencia eleva la tensión de la salida de AC del inversor para reducir las pérdidas eléctricas en los circuitos de 30 kV de la instalación fotovoltaica.

Las principales características del transformador de potencia del centro de transformación escogido se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 21 : Características del transformador.

| Características centro de transformación | | |
|--|---------------------|---------------------|
| Modelo | STS-6000K-H1 | STS-3000K-H1 |
| Potencia (40°C) | 6.500 kVA | 3.250 kVA |
| Potencia (50°C) | 5.920 kVA | 2.960 kVA |
| Sistema de refrigeración | ONAN | ONAN |
| Tipo de transformador | Sumergido en aceite | Sumergido en aceite |
| Relación de transformación | Dy11-y11 | Dy11 |

5.5 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

Los centros de transformación (CT) o Power Block son edificios o contenedores interiores. En estos centros la energía recolectada mediante los módulos solares se incrementa a un nivel más alto para que el transporte sea más fácil, pasando de baja a media tensión (30kV). En los centros de transformación se alojan los transformadores y las celdas de media tensión.



Ilustración 11 : Centro de transformación STS-6000K-H1 y STS-3000K-H1.

El centro de transformación se suministrará con celdas de media tensión conteniendo interruptores que incluyen una unidad de protección de transformador, una unidad de alimentación directa de entrada, una unidad de alimentación directa de salida y las placas eléctricas. Además, los elementos cumplirán con los requisitos de las normas y reglamentos aplicables para las condiciones de servicio especificadas.

Las cimentaciones del Centro de Transformación serán hormigonadas.

Las características principales del centro de transformación seleccionado se muestran en la Tabla 22.

Tabla 22 : Características centros de transformación.

| Características centros de transformación | | |
|---|----------------------|----------------------|
| Modelo | STS-6000K-H1 | STS-3000K-H1 |
| Potencia (40°C) | 6.500 kVA | 3.250 kVA |
| Tipo de transformador | Sumergido en aceite | Sumergido en aceite |
| Relación de transformación | Dy11y11 | Dy11 |
| Dimensiones | 6.058x2.896x2.438 mm | 6.058x2.896x2.438 mm |

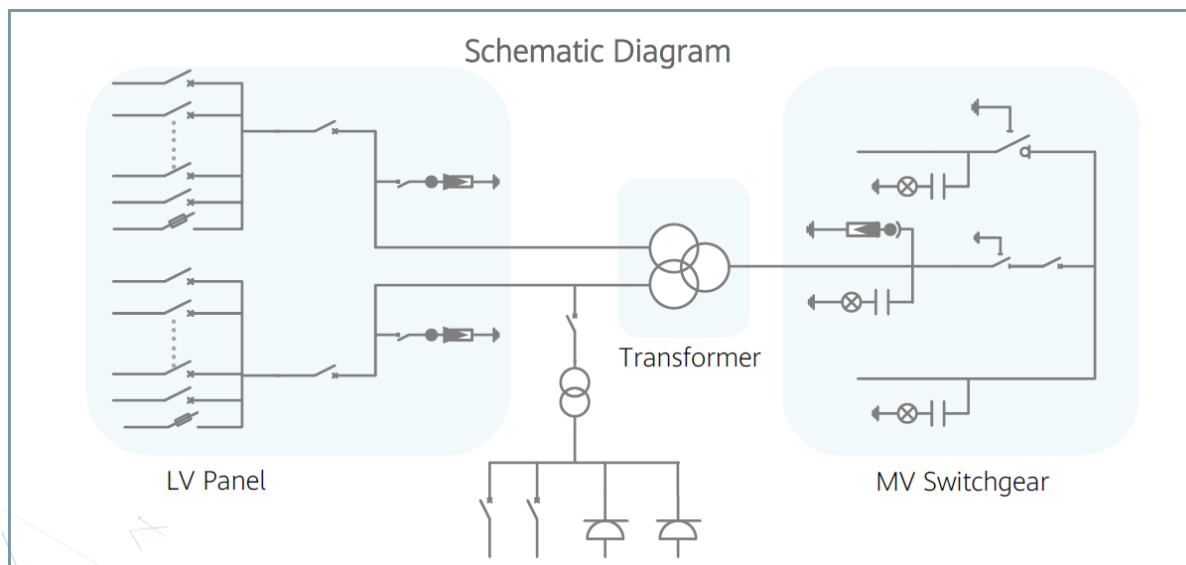


Ilustración 12 : Esquema unifilar Centro de Transformación STS-6000K-H1.

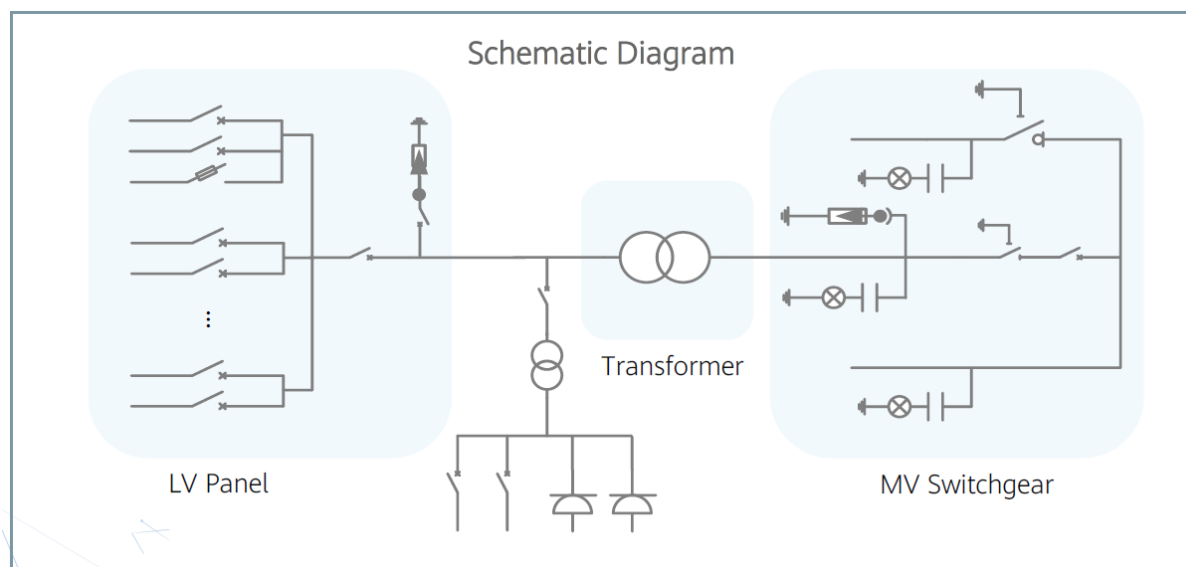


Ilustración 13 : Esquema unifilar Centro de Transformación STS-3000K-H1.

5.6 CABLEADO DE BAJA TENSIÓN

Los cables de baja tensión se utilizarán principalmente para la unión de cadenas de módulos fotovoltaicos en corriente continua, que llegarán hasta el inversor de string, y para la conexión de los inversores con los centros de transformación.

La caída de tensión máxima admisible en la instalación fotovoltaica no deberá ser superior el 1% en la parte de baja tensión, tanto para corriente alterna como corriente continua. Los conductores serán principalmente de cobre y tendrán una sección adecuada para evitar estas caídas de tensión y calentamientos.

Los cables se etiquetarán e identificarán adecuadamente mediante ferrules y tendrán un código de colores de acuerdo a la norma UNE 21.089 lo que facilitará las labores de mantenimiento. Los ferrules serán resistentes a la radiación ultravioleta e irán firmemente sujetos al cajetín que precinta el cable o al propio cable. Además, los conductores de todos los cables de control habrán de ir identificados a título individual en todas las terminaciones por medio de estos ferrules que llevarán rotulados caracteres indelebiles, con arreglo a la numeración que figure en los diagramas de cableado pertinentes.

El cableado se conducirá de forma que tenga el menor impacto visual posible.

5.6.1 Cableado de baja tensión CC

Los cables de baja tensión en corriente continua se utilizarán principalmente para la unión de cadenas de módulos fotovoltaicos, que llegarán hasta el inversor de string. Para la elección de la sección del conductor se tendrá en cuenta las agrupaciones de potencia realizadas en los strings, la intensidad máxima admisible por el cable y la caída de tensión. El conexionado de los módulos se hará al tresbolillo. Estos terminales libres se conectarán en paralelo a través de conectores apropiados al inversor.

La conexión entre los módulos se realiza con cables multicontacto de fácil conexión que viene en los módulos fotovoltaicos. Son de sección 1x4 mm² (IEC) y longitud de 280 mm, con un conector MC4 EV02.

El cableado de baja tensión en corriente continua tendrá una sección de 6 y 10 mm² e irá por la estructura y enterrado bajo tubo en aquellos tramos en los que sea necesario.

El tipo de cable seleccionado será el H1Z2Z2-K Cu / 1,5 kV o similar. Sus características principales se muestran a continuación:

- Preparado para tensiones de 1,5 kV en corriente continua.
- No propagador de llama, UNE-20432.1 (IEC-332.1).
- Conductor de Cu: clase 5.
- Aislamiento: XLPE.
- Cubierta: PVC
- Temperatura máxima de utilización: 120 °C.

| | |
|---|---|
| Colegiado: 1546 RUBEN PASCUAL HERNANDEZ Habilitación Profesional | 24/04 2023 |
| | COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA VISADO: 230654 |

- Características constructivas: UNE-21123 (P-2)
- Los colores de los conductores aislados estarán de acuerdo con la norma UNE 21.089

5.6.2 Cableado de baja tensión CA

Los cables de baja tensión en corriente alterna se utilizarán principalmente para la unión de los inversores de string con el centro de transformación correspondiente. Para la elección de la sección del conductor se tendrá en cuenta la potencia de los inversores, la intensidad máxima admisible por el cable y la caída de tensión.

El cableado de baja tensión en corriente alterna tendrá una sección de 240, 300 y 400 mm² e irá directamente enterrado. El tipo de cableado utilizado será XZ1 Al / 1,5 kV o similar.

5.7 CABLEADO DE MEDIA TENSIÓN

Los cables de media tensión se utilizarán para la conexión entre los centros de transformación entre sí, así como la conexión de la planta fotovoltaica con la subestación. La caída de tensión máxima admisible en la instalación fotovoltaica no deberá ser superior el 1% y se realizará con cable de aluminio unipolar, aislamiento HEPR y de tensión nominal 18/30 kV y tensión máxima de 36 kV. Las secciones serán de 120 mm², 400 mm² y 630 mm².

Las partes y características de los cables de media tensión son las siguientes:

- **Conductor:** conductor de aluminio de sección circular compacta.
- **Semiconductor interior:** formado por una capa de compuesto semiconductor extruido dispuesto sobre el conductor. De esta forma se consigue uniformar el campo eléctrico a nivel de conductor y se asegura que presente una superficie lisa al aislamiento. De forma opcional, se dispondrá una cinta semiconductor de empaquetamiento sobre el conductor sobre la que se forma la capa de compuesto semiconductor, evitando de esta forma la penetración en el interior de la cuerda del compuesto extruido.
- **Aislamiento:** Compuesto de HEPR y sometido a control de ausencia de contaminaciones.
- **Semiconductor exterior:** Capa de compuesto semiconductor extruido sobre el aislamiento y adherido al mismo para evitar la formación de una capa de aire ionizable entre la pantalla y la superficie de aislamiento.
- **Proceso de extrusión:** La extrusión se debe realizar sobre un cabezal triple, donde se aplican las 3 capas extruidas (semiconductor interior, aislamiento y semiconductor exterior) en el mismo momento. Esto garantiza interfases lisas entre el aislamiento y

las pantallas semiconductoras que es esencial en cables de MT. La reticulación se realiza en seco para evitar el contacto con el agua durante la fabricación.

- **Pantalla metálica:** Pantalla de alambres de cobre.
- **Contraespira:** Cinta metálica de cobre cuya función es la conexión equipotencial de los alambres.
- **Cubierta exterior:** Cubierta exterior de poliolefina (PE) tipo DMZ1. La cubierta será de color rojo.
- **Consideraciones frente al fuego:** Debido a su composición, los cables serán exentos de halógenos. Además, serán no propagadores de la llama y con las características frente al fuego requeridas en la normativa vigente.

Los cables empleados tendrán las siguientes características generales:

- Norma aplicable: UNE HD 620 / RLAT-ITC 06
- Tensión asignada: 18/30 kV
- Conductor: Aluminio compacto clase 2
- Aislamiento: HEPR
- Pantalla: Cobre 16 mm²
- Cubierta: Normal DMZ1
- Temperatura máxima de operación: 105 °C
- Intensidad admisible: Según sección

5.8 SISTEMA DE PROTECCIONES

Para cumplir con la legislación vigente, la instalación contará con un sistema de protecciones. Además, este sistema comunicará constantemente con el Sistema de Control para detectar cualquier falta o anomalía.

Se diferencian principalmente 3 zonas de protección: el campo solar, los inversores y la media tensión.

- **Campo solar:** Para despejar falta frente a sobreintensidades mediante interruptores magnetotérmicos, sobretensiones mediante descargadores de tensión, y contactos directos e indirectos mediante interruptores diferenciales. Además, se controlará la corriente y el voltaje de string.

- **Inversores:** Para actuar frente a altas temperaturas, sobre o baja tensión, sobre o subfrecuencias, y fallo de red.
- **Centros de transformación:** Para actuar frente a altas temperaturas, sobre o baja tensión, sobre o subfrecuencias y fallo de red.
- **Media tensión:** Para actuar frente a sobre intensidades y cortocircuitos principalmente.

5.9 SISTEMA DE CONTROL / SCADA

La planta fotovoltaica cuenta con un sistema de control SCADA en tiempo real. Este sistema permite conocer diferentes parámetros para actuar sobre ellos tanto en la operación como en el mantenimiento de la planta. El sistema está conectado mediante fibra con la sala de control.

Dentro del sistema de control SCADA hay un subsistema encargado de cumplir con el código de red en el punto de conexión, para cumplir así con la normativa europea y la implementación de la misma de acuerdo a REE. Este subsistema se denomina *Power Plant Controller* (PPC).

El PPC recibe y envía consignas constantemente a los equipos principales como los inversores y sus equipos asociados. Las señales que recibe son principalmente de tensión, frecuencia, producción para su limitación en tiempo real, limitación de potencia por parte del operador del sistema, regulación de reactiva y Ramp up/down.

El SCADA permite el acceso a los datos recibidos desde al parque solar, los inversores, las celdas de media tensión, Power Blocks, subestación elevadora y contadores de medida.

5.10 SISTEMA DE MEDIDA

Para dar de alta la medida fiscal de la instalación es necesario cumplir con el Reglamento Unificado de Puntos de Medida.

Los equipos de medida no son parte del proyecto, pero ha de tenerse en cuenta la necesidad de instalar estos equipos dentro de la subestación elevadora dentro de un armario específico. Estos contadores de medida deben ser normalizados por la compañía distribuidora y por Red Eléctrica de España. Las señales de estos equipos de medida serán enviadas al SCADA de la instalación.

Tal y como exigen los Procedimientos de Operación, a menos de 500 m de la subestación de conexión de REE se instalará una medida denominada "medida en la frontera".

5.11 INSTALACIONES AUXILIARES

5.11.1 Servicios Auxiliares

La función de los Servicios Auxiliares de corriente alterna de la instalación fotovoltaica es la de garantizar el suministro de energía eléctrica en baja tensión necesario para la explotación, seguridad y mantenimiento de la instalación. La energía necesaria será aportada por la misma planta cuando se encuentre en funcionamiento y por la red en las horas en las que se encuentra fuera de servicio.

Cada bloque de potencia contará con un cuadro eléctrico para servicios auxiliares. En este cuadro general se instalarán las salidas y protecciones para los diferentes circuitos: circuitos de iluminación, tomas de fuerza, cuadros de monitorización, cuadros auxiliares, etc. Estará dimensionado, además, con salidas de reserva para posibles ampliaciones. Todos los circuitos se protegerán adecuadamente con un interruptor automático y un interruptor diferencial, si es necesario.

El edificio de O&M también contará con un cuadro de SS. AA. que se alimentará a través de un transformador de tensión 30/0,42 kV ubicado dentro de la sala eléctrica del edificio. Igualmente, el cuadro eléctrico general del edificio constará con salidas y protecciones para los diferentes circuitos de iluminación, fuerza, auxiliares, etc.

Para las líneas de alimentación de corriente alterna en baja tensión se utilizará cable de cobre de 0,6/1 kV. La sección del conductor se elige teniendo en cuenta el REBT y los siguientes criterios: intensidad de cortocircuito, intensidad máxima admisible y caída de tensión.

5.11.2 Sistemas Antiintrusismo


Se instalará un sistema de seguridad para evitar posibles robos del material de la instalación. El sistema de seguridad perimetral persigue evitar la intrusión de personas y/o vehículos al recinto que delimita la planta solar.

El objetivo fundamental de este sistema es proporcionar un perímetro hermético en el mayor grado posible que permita detectar cualquier intento de intrusión en el perímetro restringido.

Este sistema estará formado por los siguientes elementos clave:

- Detección de movimiento, que activará una alarma y tendrá capacidad para redirigir las cámaras. La detección de movimiento podrá estar instalada a lo largo del vallado, o bien, deberá cubrir el área entre el vallado y el campo solar.
- También se podrán utilizar columnas con barreras de microondas o barreras de Infrarrojos.

Se dispondrán cámaras de inspección en todos los siguientes lugares:

| | |
|---|---------------|
| Colegiado: 1546 RUBEN PASCUAL HERNANDEZ Profesional | Habilitación |
| | 24/04 2023 |
| COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA VISADO: 230654 | |
|  | |

- Perimetrales, que permitan la visualización de todo el perímetro de la planta.
- Junto a la entrada de la planta, el centro de control y el almacén, incluyendo lugares clave.
- Todas las cámaras instaladas tendrán la posibilidad de acceso en remoto a la visualización de la instalación.

Para garantizar que el sistema funcione en caso de corte de suministro eléctrico (por fallo o intencionado), se instala un Sistema de Alimentación Ininterrumpida (SAI).

5.11.3 Estaciones meteorológicas

La estación meteorológica a instalar tiene como objeto la toma de datos meteorológicos en el emplazamiento. Se instalarán estaciones meteorológicas, disponiéndose de piranómetros. Constarán de sensores para medir los siguientes parámetros:

- Irradiación en el plano horizontal.
- Irradiación en el plano de los módulos.
- Humedad relativa.
- Velocidad y dirección del viento.
- Precipitación.
- Presión atmosférica.
- Temperatura del módulo.
- Temperatura ambiente.

Cada estación meteorológica contendrá:

- Unidad de Adquisición de Datos Sistema Datalogger de registro y transmisión de datos.
- Unidad de Transmisión de datos a ordenador central. Opción GPRS-IP.
- Registro de parámetros en data-logger.
- 1 sensor de radiación solar. Piranómetro Secondary Standard en el plano de los módulos, según el movimiento del seguidor.
- 1 sensor de radiación solar. Piranómetro Secondary Standard situado en el plano horizontal.
- Sensores de temperatura y humedad relativa del aire.

- Torreta y mástil. Soporte tubular superior ajustable a 1,5 m de longitud, pedestal para fijar o embutir en basamento de hormigón y otros accesorios de montaje.
- Termopares para la medición de los datos de temperatura de la célula.
- Células de referencia calibradas por cada plano de orientación de módulos.
- Pluviómetro.
- Veleta y Anemómetro.
- Barómetro.
- Juego de cables de interconexión para el enlace de los sensores a la estación, recarga externa y comunicaciones.
- La estación dispondrá de un sistema de panel fotovoltaico y batería para su alimentación eléctrica. También se le dotará de una conexión a la red de servicios auxiliares.

Adicionalmente se pueden incluir sensores de suciedad para colocar en los seguidores cercanos a cada estación.

6 RECURSO SOLAR

Con el objetivo de estimar la energía solar que la planta fotovoltaica recibiría durante un año, se realiza un análisis del recurso solar. Generalmente se toman una serie de valores por hora para la irradiancia y la temperatura media. En este caso se ha utilizado el programa PVsyst para estimar estos valores. Los resultados del análisis del recurso solar aparecen en la Tabla 23.

Tabla 23 : Valores mensuales del recurso solar obtenidos de los cálculos de producción (PVsyst)

| Mes | GHI [kWh/m ²] | DHI [kWh/m ²] | Temperatura [°C] |
|--------------|---------------------------|---------------------------|------------------|
| Enero | 63,3 | 28,03 | 4,86 |
| Febrero | 84,9 | 30,55 | 6,14 |
| Marzo | 136,6 | 47,35 | 9,7 |
| Abril | 169,6 | 58,76 | 12,48 |
| Mayo | 207,8 | 68,25 | 17,23 |
| Junio | 227,4 | 65,1 | 22,9 |
| Julio | 242,8 | 52,12 | 26,46 |
| Agosto | 213,2 | 54,05 | 25,88 |
| Septiembre | 158,4 | 47,67 | 20,73 |
| Octubre | 110,2 | 41,77 | 15,14 |
| Noviembre | 69,8 | 26,57 | 8,75 |
| Diciembre | 58,4 | 23,92 | 5,38 |
| TOTAL | 1742,4 | 544,15 | 14,69 |

7 RELACIÓN DE ORGANISMOS AFECTADOS

Tabla 24 : Relación de organismos afectados.

| Organismo | Dirección postal |
|---|---|
| Ayuntamiento de Paracuellos de Jarama | Plaza de la Constitución, 1, 28860 Paracuellos de Jarama, Madrid |
| Confederación Hidrográfica del Tajo | Av. De Portugal 81 28011 Madrid |
| Red Eléctrica de España (REE) | Paseo del Conde de los Gaitanes, 177, 28109 Alcobendas Madrid |
| Dirección General de Carreteras de la Comunidad de Madrid | Francisco Javier Abajo Dávila C/ Orense, 60, 28020, Tetuan |
| Enagás S.A. | Paseo de los Olmos, 19 28005 Madrid |
| Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA) | Avenida General Perón, 40 Portal B, 1ª Planta 28020 Madrid. Servidumbres aeronáuticas |
| Canal de Isabel II | Calle de Santa Engracia, 125, 28003 Madrid |
| Iberdrola S.A | Calle Tomás Redondo 1, 28033 Madrid |
| Telefónica | Edificio Central - 2ª planta Ronda de la Comunicación s/n 28050 Madrid |
| Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. Dirección General de Carreteras | C/ Pº. de la Castellana, nº 67, 28071 Madrid |
| Dirección General de Industria, Energías y Minas | Calle de Ramírez de Prado, 5 bis, 2ª planta, 28045 Madrid |

Colegiado: 1546 RUBEN PASCUAL HERNANDEZ

Habilitación Profesional

24/04
2023

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA
VISADO: 230654

COIINA

8 CRUZAMIENTOS Y PARALELISMOS

8.1 LISTADO DE CRUZAMIENTOS Y PARALELISMOS

En la siguiente tabla pueden verse los cruzamientos y paralelismos de la planta fotovoltaica con diferentes organismos.

Tabla 25 : Cruzamientos y paralelismos

| Organismo | Elemento que afecta | Elemento afectado | Afección | Coordenadas (ETRS 89) |
|------------------------------|---------------------|-------------------|-------------|-----------------------------------|
| Ayuntamiento de Paracuellos | LSMT | Camino existente | Cruzamiento | X: 453641.6724 Y: 4488542.8313 |
| | | | | X: 454497.5857 Y: 4488489.8774 |
| | | | | X: 454994.8196 Y: 4488414.5516 |
| | | | | X: 455041.6497 Y: 4488338.6915 |
| | | | | X: 455143.8285 Y: 4487709.8046 |
| | | | | X: 455143.2967 Y: 4487621.3015 |
| | | | | X: 455102.0031 Y: 4487584.0943 |
| | | | | X: 455251.9714 Y: 4487426.8072 |
| | | | | X: 455505.5654 Y: 4487500.8662 |
| | | | | X: 455690.4617 Y: 4487307.7486 |
| | | | | X: 455784.5197 Y: 4487232.1618 |
| | LSBT | Camino existente | Cruzamiento | X: 455507.6227 Y: 4487502.8549 |
| | | | | X: 455688.7291 Y: 4487310.2020 |
| | | | | X: 455791.3471 Y: 4487229.6762 |
| | | | | X: 453427.5179 Y: 4488465.0571 |
| Dirección general Carreteras | LSMT | Carretera M-111 | Cruzamiento | X: 453438.7773 Y: 4488465.3911 |

Habilitación

Colegiado: 1546 RUBEN PASCUAL HERNANDEZ


Profesional

24/04

2023

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA

VISADO: 230654



| Organismo | Elemento que afecta | Elemento afectado | Afección | Coordenadas (ETRS 89) |
|-------------------------------------|---------------------|-------------------|-------------|-----------------------------------|
| Confederación Hidrográfica del Tajo | LSBT | Arroyo sin nombre | Cruzamiento | X: 453916.3735 Y: 4487200.4432 |
| | | | | X: 453914.7921 Y: 4487186.7752 |
| Canal Isabel II | LSMT | Canal Isabel II | Cruzamiento | X: 453629.3586 Y: 4488535.1425 |
| | | | | X: 455104.1039 Y: 4487586.0732 |
| | | | | X: 455085.3818 Y: 4487583.7167 |
| Enagás S.A. | Vallado | Gasoducto | Paralelismo | - |
| Red Eléctrica Española | LSMT | Línea eléctrica | Cruzamiento | X: 453546.5605 Y: 4488483.4430 |
| | | | | X: 454929.0223 Y: 4488456.0774 |
| | | | | X: 455099.0748 Y: 4488147.5481 |
| | | | | X: 455129.7082 Y: 4487841.7939 |
| | | | | X: 455104.0069 Y: 4487585.9857 |
| | | | | X: 455099.3645 Y: 4487539.7526 |
| | LSBT | Línea eléctrica | Cruzamiento | X: 455099.3631 Y: 4487542.5599 |
| Iberdrola S.A. | LSMT | Línea eléctrica | Cruzamiento | X: 453598.1944 Y: 4488515.6834 |
| Telefónica | Vallado | Línea eléctrica | Paralelismo | - |

8.2 CONDICIONES GENERALES PARA CRUZAMIENTOS

Se fijan, para cada uno de los casos del proyecto, las condiciones de los cruzamientos con los cables subterráneos. Estas canalizaciones deben cumplir con lo especificado en cada apartado y con las condiciones particulares explicadas a continuación.

- Con caminos o carreteras: Los cables se colocan en canalizaciones entubadas hormigonadas en toda su longitud. La profundidad hasta la parte superior del tubo más próximo a la superficie no será inferior a 0,6 m. En este proyecto la profundidad es diferente para las zanjas de baja tensión y las de media tensión. En el caso de los cruzamientos de las canalizaciones de baja tensión será superior a 0,6 m y para media tensión superior a 0,8 m.

- Siempre que sea posible el cruce se hará perpendicular al eje del vial.

9 EFECTOS MEDIOAMBIENTALES

Para el diseño de la instalación solar se requiere evaluar las condiciones ambientales de la ubicación propuesta, dado que la radiación, la temperatura del aire y la altitud son los principales factores que determinan el tamaño de la instalación.

La Radiación Global afecta a la cantidad de energía que recibirán los módulos fotovoltaicos, y por tanto, a la que producirán los mismos. La temperatura ambiente y la altitud de los terrenos sobre el nivel del mar también tienen que ser consideradas a efectos de las características de los equipos principales.

Los datos de radiación y temperatura utilizados para el estudio de producción y rentabilidad de la planta han sido proporcionados por la base de datos de PVGIS, dado que es de las bases más confiables y aceptadas por las principales entidades bancarias y fondos de inversión a efectos de tasación de la energía producida.

Los datos de producción han sido obtenidos mediante el software PVsyst, por ser el más potente y ampliamente aceptado para este tipo de tecnologías. La producción generada se ha estimado al inicio de la operación de la instalación, sin tener en cuenta la degradación del módulo, además se ha tenido en cuenta las condiciones de entrega de la energía producida, es decir, considerando todas las pérdidas hasta el alcance considerado en el presente proyecto.

La producción específica prevista de la instalación es de **1660 kWh/kWp/año** y la energía total prevista a producir en el año es de **124.681,49 MWh/año**, alcanzando un Performance Ratio de la instalación de **PR = 82,70 %**. Según el IDAE el gasto eléctrico medio de una vivienda tipo en España es de 4.000 kWh anuales, por lo que con la previsión de energía generada podría abastecerse aproximadamente 31.170 viviendas anualmente.

En el **ANEXO III** se ofrece una descripción más detallada sobre el cálculo de la producción obtenido para la presente Planta Solar Fotovoltaica.

9.1 BALANCE DE CARBONO

Durante el proceso de fabricación, transporte, instalación y explotación de los elementos de la planta fotovoltaica se generan diversas cantidades de CO₂. Estas cantidades son cuantificables y se puede estimar el valor de las emisiones de CO₂ ahorradas a lo largo de la vida útil de la planta fotovoltaica.

El cálculo está basado en la suma de las llamadas "Emisiones de ciclo de vida" (LCE o Life Cycle Emissions) de los elementos, las cuales representan las emisiones de CO₂ asociadas

a elementos concretos, incluyendo las cantidades de energía utilizadas durante su producción, operación, mantenimiento, venta, etc.

Las toneladas de emisiones de CO2 ahorradas se obtienen mediante el software PVsyst utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Emisiones ahorradas} = (ERED \times SLT \times LCERED) - LCEPFV$$

Donde:

ERED: energía total generada por año [MWh/año]

SLT: duración esperada de la planta fotovoltaica (System Lifetime) [años]

LCERED: cantidad de emisiones de CO2 por unidad de energía debida a la electricidad producida en el sistema eléctrico, basado en el "mix energético" [gCO2/kWh]

LCEPFV: toneladas de emisiones de CO2 debida a la construcción de los elementos de la planta fotovoltaica [tCO2]

Se tiene en cuenta la degradación anual del módulo fotovoltaico, siendo según la hoja de características lineal y de aproximadamente del 1 % anual, afectando a la producción de cada año.

Por lo tanto, las toneladas de CO2 ahorradas estimadas para la planta son las siguientes:

$$\text{Emisiones ahorradas} = (12.4681,49MWh \times 25 \text{ años} \times 287 \text{ gCO2/kWh}) - 1.582,52 \text{ tCO2}$$

$$\text{Emisiones ahorradas} = 893.007,1708 \text{ tCO2}$$

9.2 RECURSOS UTILIZADOS

Las partidas fundamentales que se tienen a la hora de estudiar los recursos consumidos por la instalación son:

- **Energía:** Electricidad y funcionamiento normal de la instalación.
- **Agua:** Funcionamiento normal de la actividad. Se estima en 1 litro de agua diluida con producto de limpieza biodegradable por panel por cada limpieza realizada en la planta fotovoltaica.
- **Materiales, piezas y fluidos del mantenimiento de instalaciones**
- **Materiales auxiliares:** Material de limpieza.

9.3 RESIDUOS GENERADOS

Esta actividad NO genera residuos directamente. Los principales tipos de residuos generados son los que se detallan a continuación:

- Envases de materiales y elementos que se utilizan en las instalaciones y para el mantenimiento de las instalaciones.
- Materiales y elementos retirados de los equipos durante el mantenimiento de las instalaciones.
- Productos de limpieza de instalaciones.

Con estos datos se procede a estudiar las principales partidas de residuos generados, teniendo en cuenta una serie de observaciones generales que se enunciarán a continuación.

- Todos los residuos deben minimizarse, pero poniendo especial énfasis en aquellos considerados peligrosos y en aquellos en los que se produzca mayor cantidad.
- Cualquier tipo de residuo peligroso, en el caso de que se genere, deberá entregarse a un gestor autorizado de dicho tipo de residuo.

Algunas de las medidas que se adoptan para la minimización de los residuos son las que se presentan a continuación:

- Utilización de envases y embalajes grandes, con lo que se evitan envases y embalajes empleados, restos de fluidos en los envases tras su utilización, y se mejora el aprovechamiento de los recursos consumidos.
- Utilización de materiales y elementos que no generen residuos peligrosos en la medida de lo posible.
- Utilización de elementos de gran duración, como por ejemplo en iluminación, con lo que, al prolongarse el período de sustitución de los mismos se generan menores residuos.

9.4 GESTIÓN DE RESIDUOS

La gestión de los residuos por parte de la empresa comprende todos los procesos que se sitúen desde la generación de los residuos hasta la entrega de estos a gestores de los mismos.

En el caso de los residuos asimilables a Residuos Sólidos Urbanos pueden depositarse en los contenedores que están dispuestos a tal fin por la Administración local o por quien ella disponga, y que será el gestor encargado de su manipulación desde ese momento. Todos aquellos residuos que no sean peligrosos deberán entregarse al gestor correspondiente


Colegiado: 1546 RUBEN PASCUAL HERNANDEZ

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Navarra

Habilitación Profesional

VISADO: 230654

24/04
2023



siguiendo las indicaciones del mismo, procurando la separación de dichos residuos cuando sea posible.

9.4.1 Residuos peligrosos

En el caso de los residuos peligrosos, éstos deberán entregarse siempre a un gestor autorizado de los mismos, teniendo cuenta que no todos los gestores están autorizados para todos los tipos de residuos peligrosos.

La cantidad que se genera es reducida. Para la gestión de los mismos se firmará un contrato de mantenimiento de la instalación con un instalador eléctrico que se encargará de la retirada de dichos residuos.

Si no se sobrepasan las 10 TM de residuos peligrosos generados en un año se solicitará la condición de Pequeño Productor de Residuos Peligrosos, en caso de que se produzcan residuos peligrosos.

El proceso que se sigue en la gestión de los residuos peligrosos es el que se presenta a continuación:

- Disponer de un almacén temporal de residuos peligrosos.
- No almacenar los residuos peligrosos por un período superior a seis meses.
- No debe permitir mezclas entre diferentes residuos, peligrosos o no, o con otros elementos. Cubeto de retención o depósito de doble pared para residuos líquidos.
- Capacidad suficiente para almacenamiento de residuos entre períodos de recogida estimados.
- Envasar los residuos peligrosos como indica la legislación vigente.
- Envases sólidos y resistentes a la manipulación y a los materiales que contienen.
- Etiquetar adecuadamente los residuos peligrosos.
- Evitar etiquetas que puedan inducir a error.
- Llevar un registro de residuos peligrosos.
- Antes de la entrega de un residuo peligroso a un gestor autorizado debe disponerse de un documento acreditativo de la aceptación de dicho residuo por el gestor.
- Documentación de control de los residuos cumplimentada, y archivada por un período mínimo de cinco años.
- Comunicación de incidencias destacables relativas a residuos peligrosos (desaparición, escape o pérdida) a la Administración autonómica.

Habilitación Colegiado: 1546 RUBEN PASCUAL HERNANDEZ

Profesional

24/04
2023

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA
VISADO: 230654



- Comunicación del traslado a la Administración, con una antelación mínima de diez días. Únicamente se pueden entregar los residuos peligrosos a transportistas autorizados.
- Presentación de la Declaración anual de producción de residuos peligrosos ante la Administración. Presentación de un estudio de minimización de residuos a la Administración, cada cuatro años.
- Disponer de un seguro de responsabilidad civil cuando lo exija la Administración. Para el presente proyecto no se precisa solicitar la condición de Pequeño Productor de Residuos Peligrosos. Los residuos peligrosos que puedan provenir de mantenimiento o reparación de máquinas serán responsabilidad de la empresa mantenedora que realice el servicio, que será quien deba entregarlos a un Gestor Autorizado.

9.4.2 Residuos sólidos

Se generan residuos sólidos en cantidades muy poco importantes, todos ellos análogos a los que se generan en viviendas. Proviene de envases y de restos de materias primas y productos propios del establecimiento. La recogida selectiva de residuos, implantada en la Comunidad Autónoma, garantiza el adecuado tratamiento de los mismos.

Debido a la actividad de la empresa, y al no tener una producción de residuos tóxicos y peligrosos, esta empresa no estará obligada a solicitar su inscripción en el Registro de Pequeños Productores de Residuos Tóxicos y Peligrosos. No obstante, si éstos fueran generados, se debería realizar la correspondiente inscripción, pasando el control de los pequeños residuos a la Administración o a una entidad por ella autorizada, lo cual está recogido en el Real Decreto 553/2020, de 2 de junio, por el que se regula el traslado de residuos en el interior del territorio del Estado.

9.5 LIMPIEZA Y RESTAURACIÓN

Previamente a la finalización de los trabajos, se deberá realizar una limpieza general de los desechos generados durante la instalación.

Una vez finalizadas las obras en los casos en que exista compactación de suelos por haber circulado la maquinaria, se procederá a la descompactación mediante ripado, escarificado ligero o arado en función de los daños provocados y se procederá a depositar la tierra vegetal que se hubiera podido extraer antes del inicio del movimiento de tierras. Este depósito se realizará preferentemente en las zonas de trabajo temporal, para facilitar la regeneración natural.

En el documento *Estudio de Gestión de Residuos* se ofrece una descripción más detallada sobre la gestión de residuos.

9.6 RADIO INTERFERENCIA

Será de aplicación lo establecido en la norma UNE-20509-1, 2 y 3 (CISPR 18-1,2 y 3: Características de las líneas y aparata de alta tensión, relativas a las perturbaciones radioeléctricas. Descripción del fenómeno. Métodos de medida y procedimientos para establecer los límites. Código práctico para minimizar la generación de ruido radioeléctrico).

9.7 CAMPOS ELÉCTRICOS Y MAGNÉTICO

Los valores máximos de campo eléctrico y magnético se limitarán según la Directiva Europea (Recomendación del Consejo de 12-07-99 relativa a la exposición del público en general a campos electromagnéticos de 0 Hz a 300 GHz 1999/519/CE) a 5 kV/m y 100 T, respectivamente, en zonas "donde los ciudadanos pasen un lapso de tiempo significativo".

9.8 RUIDO ACÚSTICO

Con objeto de cumplir con el 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 (ITCRAT 01 a 23), más concretamente haciendo inciso en la Instrucción Técnica Complementaria (ITC-RAT 14), punto 4.8 Limitación del nivel de ruido emitido por instalaciones de alta tensión, para limitar el ruido originado por las instalaciones de alta tensión, éstas se dimensionarán y diseñarán de forma que los índices de ruido medidos en el exterior de las instalaciones se ajusten a los niveles de calidad acústica establecidos en el Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.

Quedando los distintos componentes de la instalación sin emitir un ruido audible superior a un valor máximo pico de 140 dBA, ni en media ponderada superior a 80 dBA.

Sin perjuicio de lo anterior la instalación cumplirá la normativa autonómica o municipal correspondiente.

Debido a que el recinto donde se ubica la instalación de alta tensión se encuentra en terrenos rurales alejados de núcleos urbanos, no se adoptarán medidas adicionales para cumplir dichos niveles.

10 SEGURIDAD Y SALUD

El estudio de Seguridad y Salud sirve de base para que el contratista elabore el correspondiente Plan de Seguridad y Salud en el trabajo, en el que se analizarán, estudiarán, desarrollarán y complementarán las previsiones contenidas en el documento, en función de su propio sistema de ejecución de la obra.

La evaluación de riesgos incluida en el Estudio de seguridad y salud incluye únicamente los riesgos de Seguridad en el Trabajo. No están incluidos, en el caso de que existan, la identificación y evaluación de los riesgos derivados de las radiaciones ionizantes, riesgos higiénicos (contaminantes físicos, químicos y biológicos) y riesgos ergonómicos y psicosociales.

En este estudio se detallan aspectos relacionados con los riesgos y medidas preventivas de los procesos de obra, los equipos de trabajo, los medios auxiliares, las instalaciones de obra y la evaluación de los riesgos. Asimismo, se especifican las medidas relacionadas con Seguridad y Salud.

El presupuesto total para las actividades de seguridad y salud asciende a la cantidad de **CIENTO CIECIOCHO MIL OCHOCIENTOS NOVENTA EUROS (118.890 €)**

11 GESTIÓN DE RESIDUOS

El estudio de gestión de residuos sirve como herramienta para una correcta gestión de los residuos de construcción y demolición de obras. De esta forma, se minimiza el efecto negativo de la actividad de construcción sobre el medio ambiente, contribuyendo a su sostenibilidad. Asimismo, pretende cumplir con la normativa vigente que establece la obligatoriedad de un documento que garantice la correcta gestión de los residuos producidos en la fase de ejecución de obra.

El productor de los residuos velará por el cumplimiento de la normativa específica vigente, fomentando la prevención de los residuos en obra, la reutilización, reciclado y otras formas de valoración, asegurando, siempre, el tratamiento adecuado para asegurar el desarrollo sostenible de la actividad de construcción.

El contratista deberá presentar al promotor un PLAN DE GESTIÓN de RCD basado en las descripciones y contenido del Estudio de Gestión de Residuos del Proyecto, y deberá ser aprobado por el director de obra y aceptado por el promotor.

En este estudio se explican la base de segregación; la estimación de la cantidad de residuos; las medidas para la reducción de la producción de residuos; las medidas para la separación de los residuos en obra; las medidas de valoración y eliminación de residuos; las instalaciones

Habilitación Colegiado: 1546 RUBEN PASCUAL HERNANDEZ
Profesional

24/04
2023

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA
VISADO: 230654



previstas para el almacenamiento manejo y posterior transporte de los residuos; y las prescripciones técnicas para la gestión de residuos.

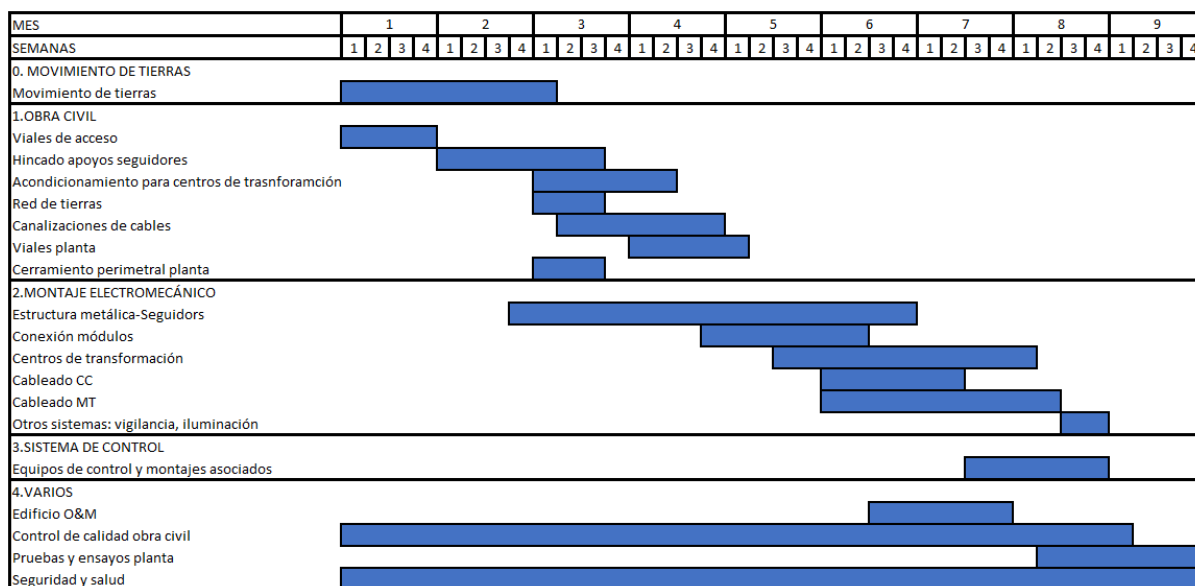
Se estima un coste de ejecución material para la Gestión de Residuos del presente proyecto de **OCHENTA Y TRES MIL QUINIENTOS CUARENTA Y OCHO EUROS CON UN CÉNTIMO DE EURO (83.548,01 €)**.

12 RELACIÓN DE BIENES Y DERECHOS AFECTADOS

Con el fin de determinar las parcelas afectadas tanto por la planta fotovoltaica como por la infraestructura de evacuación en 30 kV, se realiza una relación de bienes y derechos afectados. En este estudio se incluyen las parcelas afectadas y el polígono al que pertenece, así como su referencia catastral. Asimismo, se especifican el término municipal al que pertenece, en este caso Paracuellos de Jarama.

Para cada una de las parcelas se determina la superficie de ocupación tanto temporal como definitiva. En total se afecta a 16.408,34 m² de forma temporal y 765.628,67 m² de forma permanente, incluyendo tanto la planta como la infraestructura de evacuación.

13 CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE LAS OBRAS



14 PRESUPUESTO DE INSTALACIONES PROYECTADAS

PROYECTO FV AZOR SOLAR
PRESUPUESTO PLANTA FV 75,12 MWp/64,07 MWn

| Ref. | Descripción | Unidad | Medición | P. Unitario | P. Total (€) |
|------|---|--------|----------|-------------|-----------------|
| 1 | MATERIALES Y EQUIPOS PRINCIPALES | | | | 33.043.865,11 € |
| 2 | OBRA CIVIL | | | | 1.416.804,76 € |
| 3 | MONTAJE ELECTRICO Y MECÁNICO | | | | 955.981,62 € |
| 4 | ESTUDIO GESTION DE RESIDUOS | | | | 62.592,23 € |
| 5 | ESTUDIO SEGURIDAD Y SALUD | | | | 92.219,00 € |
| 6 | PLAN DE VIGILANCIA AMBIENTAL AVUTARDA SOLAR (1/2 TOTAL INVERSIÓN)* | | | | 381.092,25 € |
| | TOTAL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL | | | | 35.952.554,97 € |
| | SUBTOTAL AYUNTAMIENTO DE PARACUELLOS DE JARAMA | | | | 35.952.554,97 € |
| | TOTAL PRESUPUESTO DE INVERSIÓN | | | | 42.424.014,86 € |
| | TOTAL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA | | | | 51.333.057,98 € |

El presupuesto de ejecución de material asciende a la expresada cantidad de:

TREINTA Y CINCO MILLONES NOVECIENTOS CINCUENTA Y DOS MIL QUINIENTOS CINCUENTA Y CUATRO EUROS CON NOVENTA Y SIETE CÉNTIMOS DE EURO

Habilitación Colegiado: 1546 RUBEN PASCUAL HERNANDEZ

Profesional

24/04
2023

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA
VISADO: 230654



ST ARROYO DE LA VEGA RENOVABLES 220/30kV



PROYECTO DE EJECUCIÓN

DOCUMENTO N.º 1

MEMORIA



ÍNDICE

MEMORIA

| | | |
|-----------|---|----|
| 1. | JUSTIFICACIÓN..... | 5 |
| 1.1. | Antecedentes..... | 5 |
| 1.2. | Objeto del proyecto..... | 7 |
| 1.3. | Promotor..... | 9 |
| 2. | EMPLAZAMIENTO | 10 |
| 3. | DESCRIPCIÓN | 11 |
| 3.1. | CRITERIOS DE DISEÑO..... | 11 |
| 3.1.1. | Condiciones ambientales..... | 11 |
| 3.1.2. | Intensidad de cortocircuito..... | 11 |
| 3.1.3. | Descripción de la instalación | 12 |
| 3.2. | OBRA CIVIL | 14 |
| 3.2.1. | Movimiento de Tierras | 14 |
| 3.2.2. | Urbanización, viales y sistemas de drenajes..... | 15 |
| 3.2.3. | Acceso a la subestación..... | 17 |
| 3.2.4. | Red de puesta a tierra | 17 |
| 3.2.5. | Canalizaciones eléctricas | 17 |
| 3.2.6. | Cimentaciones y bancadas | 18 |
| 3.2.6.1. | Bancada para Transformador | 18 |
| 3.2.7. | Edificio de control y celdas de 30 kV..... | 19 |
| 3.2.8. | Cierre Perimetral, puerta de acceso y señalización..... | 20 |
| 3.2.9. | Estructura metálica..... | 21 |
| 3.3. | APARAMENTA DE 220 kV..... | 24 |
| 3.3.1. | Interruptores automáticos..... | 24 |
| 3.3.2. | Seccionadores | 24 |
| 3.3.3. | Transformadores de intensidad | 25 |
| 3.3.4. | Transformadores de tensión inductivos | 26 |
| 3.3.5. | Autoválvulas | 26 |
| 3.3.6. | Conexiones | 27 |
| 3.3.1. | Botellas terminales..... | 27 |
| 3.4. | TRANSFORMADOR DE PARQUE..... | 29 |
| 3.4.1. | Características | 29 |
| 3.4.2. | Condiciones de operación..... | 30 |
| 3.4.3. | Accesorios..... | 30 |
| 3.4.3.1. | Cuba | 30 |
| 3.4.3.2. | Aceite dieléctrico | 31 |
| 3.4.3.3. | Elementos de traslación, suspensión y elevación | 31 |
| 3.4.3.4. | Bornas | 31 |
| 3.4.3.5. | Equipo de conservación de aceite..... | 31 |
| 3.4.3.6. | Conmutador de tomas en carga | 32 |
| 3.4.3.7. | Instrumentos de medida de temperatura..... | 32 |
| 3.4.3.8. | Equipo de refrigeración | 33 |
| 3.4.3.9. | Transformadores de intensidad | 33 |
| 3.4.3.10. | Armario de centralización de bornas..... | 33 |



| | | |
|----------|---|----|
| 3.5. | APARAMENTA DE 30 kV | 34 |
| 3.5.1. | Embarrado rígido | 34 |
| 3.5.2. | Autoválvulas | 34 |
| 3.5.3. | Seccionador | 34 |
| 3.5.4. | Reactancia de puesta a tierra..... | 35 |
| 3.5.4.1. | Características..... | 35 |
| 3.5.4.2. | Accesorios..... | 35 |
| 3.5.5. | Conexiones | 36 |
| 3.5.6. | Cabinas de 30 kV | 36 |
| 3.5.6.1. | Cabina de salida a transformador | 37 |
| 3.5.6.2. | Transformador de medida de Tensión | 38 |
| 3.5.6.3. | Cabinas de salida a línea | 39 |
| 3.5.6.4. | Cabinas de transformador de SSAA..... | 40 |
| 3.5.6.5. | Cabina de banco de condensadores | 41 |
| 3.5.7. | Transformador de servicios auxiliares..... | 42 |
| 3.5.7.1. | Características..... | 42 |
| 3.5.7.2. | Accesorios..... | 42 |
| 3.5.8. | Batería de condensadores | 42 |
| 3.5.8.1. | Características..... | 42 |
| 3.5.8.2. | Accesorios..... | 43 |
| 3.5.8.3. | Automatismo..... | 43 |
| 3.5.8.4. | Conexiones | 43 |
| 3.6. | CONTROL, MEDIDA Y PROTECCIONES..... | 44 |
| 3.6.1. | Medida fiscal..... | 44 |
| 3.6.1.1. | Especial distribución..... | 44 |
| 3.6.1.2. | Punto Frontera | 45 |
| 3.6.2. | Control y protección de subestación | 46 |
| 3.6.2.1. | Unidad de control de subestación | 46 |
| 3.6.2.2. | Control y protección de posición de línea | 47 |
| 3.6.2.3. | Control y protección de transformador | 49 |
| 3.6.2.4. | Sistema de control de parques fotovoltaicos..... | 50 |
| 3.6.3. | Características constructivas comunes | 51 |
| 3.6.3.1. | Armarios | 51 |
| 3.6.3.2. | Bornas y cableado | 52 |
| 3.7. | SERVICIOS AUXILIARES | 53 |
| 3.7.1. | Armarios de rectificador y baterías de 125 V c.c..... | 53 |
| 3.7.2. | Grupo Electrónico | 53 |
| 3.7.3. | Armarios de servicios auxiliares | 54 |
| 3.7.3.1. | Alcance | 54 |
| 3.7.3.2. | Características constructivas..... | 55 |
| 3.7.4. | Alumbrado y climatización | 56 |
| 3.7.5. | Sistemas de seguridad | 56 |
| 3.7.5.1. | Centralita de alarmas..... | 56 |
| 3.7.5.2. | Panoplia de riesgo eléctrico | 57 |
| 3.7.5.3. | Sistema contra incendios | 57 |
| 4. | CÁLCULOS..... | 58 |
| 4.1. | Intensidad nominal..... | 58 |



| | | |
|----------|--|----|
| 4.2. | Distancias mínimas | 59 |
| 4.2.1. | Parque de 220 kV | 59 |
| 4.2.2. | Parque de 30 kV | 63 |
| 4.3. | Red de tierras inferiores..... | 66 |
| 4.3.1. | . Normativa aplicable..... | 66 |
| 4.3.2. | Datos de partida..... | 66 |
| 4.3.2.1. | Intensidad de falta a tierra: | 66 |
| 4.3.2.2. | Datos del terreno y de la capa de grava..... | 66 |
| 4.3.2.3. | Sección mínima del conductor | 66 |
| 4.3.2.4. | Diseño de la red de puesta a tierra | 67 |
| 4.3.3. | Tensiones de paso y contacto admisibles..... | 68 |
| 4.3.4. | Resistencia de la malla | 69 |
| 4.3.5. | Cálculo de la corriente de malla | 69 |
| 4.3.6. | Tensiones de paso y contacto calculadas..... | 70 |
| 4.3.7. | Conclusiones..... | 72 |
| 5. | ORGANISMOS AFECTADOS: | 73 |
| 6. | NORMATIVA DE APLICACIÓN..... | 74 |
| 6.1. | Normativa del sector eléctrico | 74 |
| 6.2. | Normativa de seguridad y salud | 75 |
| 6.3. | Normativa de obra civil..... | 76 |
| 6.4. | Otras normativas | 76 |
| 7. | PLANIFICACIÓN | 77 |
| 8. | ESTUDIO DE CAMPOS MAGNÉTICOS..... | 78 |
| ANEXO.1 | RBDA..... | 80 |



1. JUSTIFICACIÓN

1.1. Antecedentes

En la actualidad, el desarrollo de proyectos de energías renovables es una prioridad por la acuciante necesidad de disminuir la dependencia de recursos fósiles y mitigar así los efectos del calentamiento global mediante la reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI).

En ese sentido, el contexto mundial y europeo es muy favorable a la diversificación de las fuentes primarias de energía, fomentando la generación y uso de las energías renovables. El Acuerdo global en materia de descarbonización de la economía (Acuerdo de París) apuesta de manera clara y firme por las energías renovables para lograr reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y la estrategia europea, plasmada en Pacto Verde Europeo o EU Green Deal, pone su foco principal en las energías renovables para alcanzar la neutralidad en carbono antes de 2050.

En España se está realizando una apuesta decidida desde las instituciones para el incremento del peso de las energías renovables en la generación como ha quedado reflejado en el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030. La generación nacional a partir de fuentes renovables permitirá reducir la dependencia del exterior para el abastecimiento energético y contribuirá a la sostenibilidad de nuestro país desde un punto de vista ambiental, económico y social.

La evolución de la tecnología en los últimos años ha permitido que, en países como España, con un alto índice de radiación solar, la tecnología solar fotovoltaica sea la fuente de generación más competitiva para nuevos desarrollos de capacidad. La promoción de proyectos fotovoltaicos es también una oportunidad para el desarrollo económico y para la atracción de grandes inversiones en regiones de mayor índice de despoblación y que, habitualmente, se encuentran alejados de los principales focos de desarrollo económico.

La promoción de instalaciones solares fotovoltaicas de conexión a red en España se enmarca en el ámbito de aplicación del RD 413/2014 para la regulación del régimen jurídico y económico de la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos. Las instalaciones de este tipo, que únicamente utilizan la radiación solar como energía primaria mediante la tecnología fotovoltaica se clasifican como Grupo b.1 Subgrupo b.1.1.

Para la evacuación de la energía eléctrica producida por varias plantas solares fotovoltaicas se necesita una infraestructura de líneas y subestaciones que permitan conectar las plantas solares con la Red de ARROYO DE LA VEGA 220 kV.



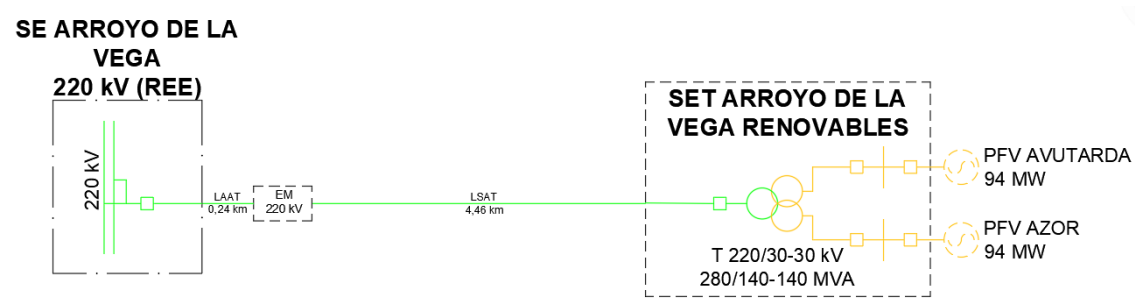
La denominación de estas centrales y sus correspondientes potencias son las siguientes:

| Planta /Parque de generación | Potencia |
|------------------------------|----------|
| AVUTARDA SOLAR | 125 MW |
| AZOR SOLAR | 125 MW |

*La potencia de evacuación de la PFV Avutarda Solar y Azor Solar, concedida por Red Eléctrica de España en el Informe de Viabilidad de Acceso es de 125,00 MWn. Con las autorizaciones obtenidas de la planta fotovoltaica, se actualizará a Red Eléctrica de España la potencia nominal final.

Las citadas plantas fotovoltaicas evacuarán la energía generada a través de una nueva instalación eléctrica denominada subestación ARROYO DE LA VEGA RENOVABLES 220/30 kV. Esta subestación conectará mediante una nueva línea soterrada de 220 kV con la subestación existente SE ARROYO DE LA VEGA 220 kV propiedad de Red Eléctrica de España (en adelante REE), punto de entrega de la energía en la red de Transporte.

Se muestra a continuación el esquema de evacuación general de las diferentes instalaciones fotovoltaicas previstas para los nudos ARROYO DE LA VEGA 220 kV.



Por un principio de eficiencia, minimización de impacto ambiental y reducción de costes, hay muchos antecedentes de instalaciones renovables que comparten instalaciones eléctricas de evacuación de energía. En este sentido ha orientado la Administración y la propia legislación incentivando que siempre que sea posible se procure que varias instalaciones productoras utilicen las mismas instalaciones de evacuación de la energía eléctrica, aun cuando se trate de titulares distintos".

En consecuencia, todos titulares de las plantas han llegado a un acuerdo para desarrollar, explotar y mantener conjuntamente las instalaciones eléctricas colectoras necesarias para la evacuación de estas plantas/parques de generación.

El desarrollo de esta instalación contribuirá al desarrollo de las energías renovables en la Comunidad Autónoma de Madrid, para dar cumplimiento a las directivas europeas y objetivos nacionales que se han establecido en el PNIEC.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202301657. Fecha Visado: 22/03/2023. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: <https://www.colim.es/Verificacion>. Cod.Ver: 70781577. Nº Colegiado: 16403. Colegiado: JOSE LUIS LOZANO GOMEZ



En noviembre de 2020, se elaboró el "Proyecto Básico Administrativo" de la Evacuación de energía de planta fotovoltaica en Subestación ARROYO DE LA VEGA RENOVABLES 220/30 kV en el término municipal de Paracuellos de Jarama (Madrid).

El día 12 de enero de 2023 fue otorgada la resolución de la Declaración de Impacto Ambiental favorable por parte de la Subdirección General de Evaluación Ambiental del MITERD.

Tras todo lo que antecede, mediante el presente "Proyecto Técnico Administrativo", se procede a adaptar el proyecto de la Evacuación de energía de planta fotovoltaica en Subestación ARROYO DE LA VEGA RENOVABLES 220/30 kV, a los condicionantes de la propia DIA.

1.2. Objeto del proyecto

El objeto del presente Proyecto Oficial de Ejecución es la instalación de la nueva ST ARROYO DE LA VEGA RENOVABLES 220/30 kV que incluirá las posiciones de línea y de transformación necesarias para evacuar a la Red de Transporte la energía producida por los parques fotovoltaicos mencionados anteriormente.

El resto de la infraestructura eléctrica (L/Arroyo de la Vega Renovables-Arroyo de la Vega REE 220 kV y ampliación de la ST Arroyo de la Vega de REE) no forman parte de este proyecto.

Atendiendo a lo establecido en la Ley 24/2013, del Sector Eléctrico en su artículo 53, así como en el 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, en sus artículos 115, 123 y 130 el objeto del presente proyecto también es el de solicitar la:

- Autorización administrativa previa
- Autorización administrativa de construcción
- Si fuese necesario, la Declaración de Utilidad Pública
- La licencia de obras al ayuntamiento

Además, en el orden técnico, para diseñar la subestación y visarlo en el Colegio de Ingenieros certificando que ha sido redactado de acuerdo con lo establecido en:

- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en



- instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.
- Real Decreto 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.
 - Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.



1.3.Promotor

Los titulares de la instalación objeto del presente proyecto son:

| Promotor | CIF | Planta de generación |
|----------------------|------------|----------------------|
| AVUTARDA SOLAR, S.L. | B-88174933 | AVUTARDA |
| AZOR SOLAR, S.L. | B-88174958 | AZOR |

Cualquiera de las sociedades señaladas en el presente proyecto podrá resultar titular de la instalación, una vez obtenga de la Administración competente las correspondientes autorizaciones.

Y a efectos de notificaciones:

IGNIS DESARROLLO S.L.

CIF: B87973327

Dirección: Calle Cardenal Marcelo Spínola, 4, 1ºD - 28016 Madrid, España

Teléfono: 91 005 9775



2. EMPLAZAMIENTO

La subestación de ARROYO DE LA VEGA RENOVABLES estará localizada en el paraje denominado LA HUERTA, en el T.M de PARACUELLOS DE JARAMA, en la provincia de MADRID.

La altitud de la cota de explanación de la parcela donde se ubicará la subestación es 585,42 msnm.

El emplazamiento exacto de la instalación queda reflejado en el plano ARR2-AVE-IGI-PLN-1001 de situación geográfica, a escala 1:50.000, que forma parte del "Documento 3: Planos" y que acompaña a esta Memoria.

La parcela en la que se situará la subestación, de uso rústico y de propiedad privada, tiene la siguiente referencia catastral:

| Polígono | Parcela | Referencia Catastral |
|----------|---------|----------------------|
| 14 | 4 | 28104A014000040000UJ |

Las coordenadas ETRS89 / UTM Huso 30T aproximadas de las esquinas de la subestación son las siguientes:

| Coordenada X | Coordenada Y |
|--------------|--------------|
| 453155,07 | 4488628,46 |
| 453222,07 | 4488628,46 |
| 453222,07 | 4488580,36 |
| 453155,07 | 4488580,36 |

La parcela prevista para la subestación y la situación ocupada por la misma dentro de ella pueden verse en el plano de emplazamiento de parcela ARR2-AVE-IGI-PLN-1002 que forma parte del "Documento 3: Planos" y que acompaña a esta Memoria.



3. DESCRIPCIÓN

3.1. CRITERIOS DE DISEÑO

3.1.1. Condiciones ambientales

Las condiciones ambientales del emplazamiento son las siguientes:

| | |
|--------------------------------|-------------|
| Altitud | 585,42 msnm |
| Zona a efectos de diseño | B |
| Temperaturas extremas | +45° / -15° |
| Velocidad del viento de diseño | 120 km/h |
| Contaminación ambiental | Alto |
| Nivel de niebla | Medio |

3.1.2. Intensidad de cortocircuito

De acuerdo con el Informe Anual de la Evolución de la Corriente de Cortocircuito en la red de transporte del Sistema Eléctrico Peninsular Español en el año 2020 de REE, los valores estadísticos de la intensidad de cortocircuito trifásico (lcc 3 Φ), intensidad de cortocircuito monofásico (lcc 1 Φ) y relación X/R en ARROYO DE LA VEGA 220 kV son los siguientes:

| | P1 | P5 | P10 | P50 | P90 | P99 |
|-------------------|-----|-----|------|------|------|------|
| lcc 3 Φ (kA) | 6,6 | 6,8 | 16,6 | 19,2 | 21,4 | 23,6 |
| lcc 1 Φ (kA) | 4,9 | 5,0 | 16,4 | 18,3 | 20,0 | 21,6 |
| X/R | 7,2 | 7,3 | 10,0 | 10,6 | 11,0 | 12,6 |

A efectos de cálculo de esfuerzos de cortocircuito trifásico, se consideran los siguientes valores de intensidad de cortocircuito de diseño:

- Barras de 220 kV: 40 kA, 1 s
- Barras de 30 kV: 25 kA, 1 s



3.1.3. Descripción de la instalación

La subestación será de tipología línea-trafo y estará compuesta por:

- UNA posición de línea-transformador de 220 kV de intemperie compuesta de:
 - Tres botellas terminales
 - Tres transformadores de tensión inductivos
 - Dos seccionadores tripolares de línea con puesta a tierra
 - Tres interruptores automáticos unipolares
 - Tres transformadores de intensidad
 - Seis autoválvulas con contador de descargas
 - UN transformador principal, con las siguientes características:
 - Potencia nominal: 280 (140-140) MVA
 - Refrigeración: ONAN/ONAF1/ONAF2
 - Relación de transformación: 220±15% / 30 kV / 30kV
 - Grupo de conexión: YNd11d11
 - DOS embarrados de 30 kV de intemperie incluyendo cada uno:
 - Tres aisladores soporte
 - Tres auto válvulas
 - Un seccionador tripolar para conexión de reactancia de pat
 - Una reactancia de puesta a tierra.
 - DOS conjuntos de celdas de 30 kV de aislamiento en SF₆ compuestos cada uno por:
 - Una cabina de transformador principal
 - Siete cabinas de salida de línea
 - Tres cabinas de salida de línea reserva
 - Una cabina de salida de banco de condensadores
 - Una cabina para conexión de TSA
 - Seis transformadores de medida de Tensión
- NOTA: La cabina de TSA solo se instalará en B1.
- UN sistema de control y protección formado por:
 - Un armario de control de subestación (UCS)
 - Un armario de control y protección de línea (CP-L)
 - Un armario de control y protección de transformador (CP-T)



- Un armario colector de F.O. de líneas de A.T./M.T.
 - Un armario de comunicaciones
 - Un armario de control de parque.
 - Tres armarios de medida fiscal
- Un sistema de servicios auxiliares formado por:
 - Un cuadro general de corriente alterna (CGCA)
 - Un cuadro general de corriente continua (CGCC)
 - Un sistema rectificador redundante con baterías de 125 V c.c.
 - Un grupo electrógeno de emergencia de 70 KVA



3.2. OBRA CIVIL

La ejecución de la subestación requiere la realización de los siguientes trabajos de obra civil:

- Movimiento de tierras para la formación de la plataforma sobre la que se construirá la subestación, incluyendo adecuación del terreno, explanaciones y rellenos necesarios hasta dejar a cota de explanación.
- Urbanización del terreno incluyendo viales de acceso y viales interiores, sistema de drenajes y capa de grava superficial.
- Red de puesta a tierra.
- Construcción de un edificio para equipos de control, protección y comunicaciones y los servicios auxiliares de CA y CC; así como las celdas del sistema de 30 kV.
- Cimentaciones para la aparamenta, bancada para el transformador, depósito de recogida de aceite y muro cortafuegos cuando proceda.
- Arquetas y canalizaciones para el paso de cables.
- Cierre perimetral, puerta de acceso y señalización.

3.2.1. Movimiento de Tierras

Se realizará el movimiento de tierras necesario para la formación de una plataforma explanada de $67 \times 48,1 = 3222,7 \text{ m}^2$ de superficie que deberá ser totalmente horizontal o en algunos casos, contar con una pendiente del 1% para facilitar la circulación de aguas pluviales superficiales.

El Nivel de terreno explanado (NTE) será determinado en base a la topografía de la parcela y las características del terreno tal que se minimice la retirada de materiales procedentes de la excavación y que los desmontes o terraplenes no tengan una altura superior a 2,5-3 m. La pendiente de los taludes no podrá ser superior al 50%, usando talud 2:1 o inferior.

Si al ejecutarse la explanada, las laderas o taludes presentan problemas de estabilidad, estará justificada la ejecución de muros, que deberán proporcionar un nivel de contención o de sostenimiento adecuado.

Todas las edificaciones que se requieran deberán separar su línea de fachada de la base o coronación de un desmonte o terraplén una distancia mínima de 3 m.



Las dimensiones de la parcela serán suficientes para permitir el movimiento de los equipos de alta tensión y el transformador, así como la ejecución de las maniobras de operación y mantenimiento, en condiciones de seguridad, de acuerdo con las prescripciones de ITC-RAT-15.

Esta explanada deberá tener capacidad suficiente para el uso previsto sin que se produzcan hundimientos, siendo de categoría E1.

Los rellenos para la formación de la explanada se realizarán por capas de 30 cm máximo de espesor y estarán debidamente compactadas. Se permitirá el uso de los siguientes suelos:

- Suelos seleccionados: Serán los que se utilicen para la coronación de la plataforma, de al menos 25 cm de espesor.
- Suelos Adecuados: Se utilizarán en cimientos y núcleos de rellenos.

Los suelos clasificados como inadecuados procedentes del desmonte serán depositadas en vertederos autorizados.

Se extenderá tierra vegetal en los taludes como soporte de una posterior siembra de manera que todas las superficies queden integradas en el entorno.

El orden de realización de los trabajos será:

- Extendido de tierra vegetal sobre las superficies.
- Preparación del terreno.
- Siembra/revegetación.

Para el adecentamiento con grava de la subestación, se tendrá en cuenta que la cota de explanación del terreno corresponde con la cota -0,15 m de la subestación.

3.2.2. Urbanización, viales y sistemas de drenajes

Para un menor impacto visual en la zona se seguirán las indicaciones del Estudio de Impacto Ambiental, en lo que respecta a la Urbanización exterior.

Se deberá proteger la plataforma frente a la escorrentía superficial, evacuando esta hacia zonas más deprimidas. También será necesario proteger las zonas de recepción para evitar la erosión y reducir la velocidad del agua (podrán usarse empedrados o soluciones equivalentes).

Con el fin de facilitar el drenaje y de mejorar las tensiones de paso y contacto, se extenderá una capa de grava de 150 mm de espesor por todo el parque



salvo las zonas de viales y aceras. Estas zonas con grava se delimitarán con bordillo perimetral.

La subestación dispondrá de una serie de viales internos para facilitar el acceso a las distintas partes de la misma y poder realizar los correspondientes trabajos de mantenimiento.

La realización de los viales interiores incluye la excavación, cajeado, relleno con capa de material seccionado de 20cm de espesor, compactación de las distintas capas, mallazo y una capa de hormigón en masa de 20 cm de espesor. Así mismo se dotará al vial de una pendiente del 2% hacia los lados del mismo para evitar la acumulación del agua de lluvia en el mismo.

La anchura de los viales será de 7 m.

Asimismo, se diseña a un sistema de drenaje utilizando tubos drenantes de PVC de 120 mm de diámetro nominal que se dispondrán en zanjas enterradas rellenas de grava y en contacto con la capa de grava superficial. Los tubos drenantes conectarán con la tubería de drenaje para hasta el punto de evacuación. En las uniones entre distintas líneas de drenaje se dispondrán arquetas de registro.

El drenaje comprenderá:

- La recogida de las aguas pluviales o de deshielo procedentes de la plataforma y sus márgenes, mediante cunetas y sus imbornales y sumideros. Se tendrá en cuenta la construcción de terraplenes y desmontes que se hayan podido ejecutar junto con la explanada, de manera que en la superficie de recogida de precipitaciones (dato inicial) se considerará, además de la superficie propia de la plataforma, la superficie correspondiente a la proyección horizontal de los terraplenes.
- La evacuación de las aguas recogidas a través de arquetas y colectores longitudinales, preferentemente y siempre que sea posible a sistemas de alcantarillado. En caso de no ser posible la conducción hasta un sistema de alcantarillado, el vertido se podrá realizar por playa de grava, vertido natural o pozo filtrante.
- La restitución de la continuidad de los cauces naturales interceptados por la instalación, mediante su acondicionamiento y la construcción de obras de drenaje transversal.



3.2.3. Acceso a la subestación

El acceso a la propia subestación se realizará desde la carretera más cercana; y en caso de ser necesario, será objeto de adaptación y/o mejora, conforme a las indicaciones y recomendaciones que puedan derivar del titular del camino, al que se solicitará, en caso de ser necesario, autorización para realizar dichas adecuaciones.

3.2.4. Red de puesta a tierra

La malla de puesta a tierra de la subestación se ha calculado conforme a lo prescrito en la norma ITC-RAT 13, siguiendo el método de cálculo definido en la norma IEEE 80-2000. El detalle del cálculo se encuentra en el capítulo de cálculos.

Se realizará con conductor de cobre desnudo de 120 mm² de sección enterrado a 0,6 m de profundidad. Se instalará un conductor de tierra 1 m por el exterior de la valla perimetral, y otro por el interior de la valla perimetral.

A esta malla se conectarán el cable de cobre y las pantallas de los cables de las líneas subterráneas, las tierras de protección y las tierras de servicio. Con esta configuración de electrodo se reducen casi completamente las tensiones de paso y contacto, anulándose el peligro de electrocución del personal de la instalación.

Todas las conexiones enterradas se realizarán por medio de soldadura aluminotérmica de alto punto de fusión tipo Cadwell, y los cables de tierra se fijarán a los soportes metálicos de la aparamenta de la subestación con grapas de conexión a compresión adecuadas.

3.2.5. Canalizaciones eléctricas

Las canalizaciones de cables de MT desde el transformador hasta las celdas se realizarán con tubos corrugados de 120 mm de diámetro enterrados a 1 m de profundidad, instalándose arquetas de registro en la llegada al embarrado de MT, en el acceso al edificio y en los giros a 90°.

Las canalizaciones de los cables de fuerza y control serán de dos tipos:

- Canalizaciones principales realizadas con canales prefabricados de hormigón de 30 cm de anchura, con tapas de hormigón registrables.
- Canalizaciones secundarias con tubos de PVC de 63 mm de diámetro nominal para acceso desde las canalizaciones principales a la aparamenta.



El cruce del vial se realizará mediante un paso hormigonado tanto en el caso de cables de MT como de fuerza y control.

3.2.6. Cimentaciones y bancadas

Para soporte y sujeción de los elementos instalados en la subestación, se dispondrá de cimentaciones adecuadas a tal efecto. Las cimentaciones a construir son las de los pórticos de líneas, soportes para los embarrados principales y secundarios, y soportes para el aparellaje de la instalación.

En función de las estructuras a cimentar y las características del terreno se podrá optar por las siguientes soluciones:

- Fundaciones de hormigón en masa.
- Fundaciones de hormigón armado

Las cimentaciones de las estructuras metálicas se realizarán mediante dados de hormigón en masa de 250 kg/cm² de resistencia a la compresión. Se dejarán previstos los pernos de anclaje, plantillas y tubos de PVC necesarios para el paso de cables.

Las cimentaciones a realizar tendrán canalizaciones de tubo de PVC que permitan el paso de los latiguillos de tierra hacia las estructuras metálicas, y de ahí a los equipos, así como de tubo independiente del anterior para el paso de cables aislados de alimentación y control.

Las bancadas serán de hormigón armado y se construirán sobre una base de hormigón de limpieza.

El hormigón a emplear será fabricado en central y transportado a obra en camión hormigonera. Tendrá un tamaño de árido máximo de 25-30 mm.

3.2.6.1. Bancada para Transformador

Dado que los transformadores están a la intemperie, su bancada recogerá el aceite en caso de fuga y el agua de la lluvia. La bancada dispone de un sifón que interconexiona con una arqueta separadora de aceite y agua.

La bancada se fabricará en hormigón armado HA-25/P/20/Ila con acero corrugado Acero B400S (fy>400 N/mm²) atado con alambre recocido

Para conseguir la estanqueidad requerida se sellarán las juntas de construcción mediante perfiles elastómeros extruidos (juntas horizontales) y cintas flexibles de cloruro de polivinilo (juntas verticales). Como actuación



adicional se revestirá toda la superficie con un tratamiento impermeabilizante a base de pinturas resinas especiales.

Las dimensiones en planta de la bancada serán tales que cualquier elemento en proyección de la máquina esté situado en el interior de esta, con un margen mínimo de 20 centímetros al borde.

3.2.7. Edificio de control y celdas de 30 kV

Se construirá un edificio de control de acuerdo con los planos de planta y alzado adjuntos del presente proyecto.

Las salas previstas son las siguientes:

- Salas eléctricas: Incluyen las cabinas de M.T. de los parques fotovoltaicos.
- Sala de control: Incluye los armarios de medida, control y protecciones de A.T., el armario de medida fiscal, un armario de control de parque, los cuadros de servicios auxiliares de CA y de CC y el sistema de rectificación de baterías con las baterías.

El edificio se construirá enteramente con materiales no combustibles. Los elementos delimitadores (muros exteriores, solera y cubierta) y los estructurales (vigas, pilares) tendrán una resistencia al fuego de acuerdo con el Código Técnico de la Edificación y los materiales constructivos del revestimiento exterior (paramentos, pavimentos y techo) también deben ser acordes con esta normativa.

El edificio se proyecta con estructura de zapatas, muros, vigas y pilares de hormigón armado. Los cerramientos exteriores se realizan con bloques de hormigón y la pintura será al plástico liso en paredes y techos.

El acabado de la solera se realiza con una capa de mortero de cemento de composición adecuada para evitar la formación de polvo y ser resistente a la abrasión. Tendrá una ligera pendiente hacia un punto de recogida de líquidos. En la realización del suelo se deberá tener en cuenta la colocación de tubos, registros, canalizaciones de cables, malla de tierra, empotramiento de herrajes, etc.

Las salas de celdas de 30 kV tendrán el suelo elevado para permitir el acceso de los cables de 30 kV desde las zanjas.

La sala de control estará equipada con suelo técnico desmontable para facilitar la llegada de los cables de control del parque de intemperie y la interconexión de los equipos.



Las puertas exteriores del edificio se ejecutarán con perfilera metálica en acero galvanizado y al igual que las ventanas, tendrán resistencia al fuego RF-90 y demás características de acuerdo con el Código Técnico de la edificación. Las puertas abrirán hacia el exterior.

Exteriormente el Edificio irá rematado con una acera perimetral terminada con baldosa hidráulica y de una anchura variable entre 1 y 1,3 m.

Los huecos de ventilación tendrán un sistema de rejillas que impidan la entrada de agua y en su caso tendrán una tela metálica que impida la entrada de insectos.

Las entradas de cables a los distintos cuadros y celdas y al exterior del edificio se terminarán con espuma a fin de evitar la entrada de animales.

El edificio estará construido de forma que su interior presente una superficie equipotencial. En la zanja de cimentación, bajo el perímetro del edificio se instalará un anillo cerrado de conductor de cobre de 120 mm². Este anillo se unirá eléctricamente a la red de tierra. A profundidad máxima de 10 cm se instalará un mallazo de redondo mínimo 8 mm y retícula 300 x 300 mm que se unirá a la red de tierra por el mismo procedimiento. En caso de que existan armaduras metálicas en los paramentos, éstas se unirán a la estructura metálica del piso.

El local contará con los dispositivos necesarios para permanecer habitualmente cerrado, incluyendo sistemas de alarma contra incendios y antiintrusismo.

3.2.8. Cierre Perimetral, puerta de acceso y señalización

Se construirá un cerramiento a lo largo de todo el perímetro de la instalación, situado a una adecuada distancia de los taludes de desmonte y de la plataforma en la zona de terraplén.

El cerramiento exterior estará formado por malla metálica de 2,30 m de altura, soportada por postes metálicos galvanizados fijados sobre cimentación de apoyo de hormigón de 0,3 m de altura.

Para el acceso exterior se instalará una puerta de acceso de vehículos motorizada de 8 m de anchura con una puerta peatonal anexa de 1m.

Las funciones principales de este vallado serán las siguientes:

- Evitar que personas ajenas a la subestación lleguen a estar próximas a elementos en tensión, protegiendo su integridad física.
- Proteger las instalaciones de posibles daños intencionados.



- Evitar posibles robos en las instalaciones y en el edificio de celdas control.

La totalidad de los accesos a la subestación, edificio principal y anexos estarán dotados de la señalización reglamentaria para instalaciones de Alta Tensión, compuesta por pictogramas que adviertan del peligro de la instalación.

3.2.9. Estructura metálica

Se instalará la siguiente estructura metálica:

- Estructura soporte de los siguientes elementos de 220 kV
 - TRES (3) botellas terminales
 - TRES (3) transformadores de tensión inductivos
 - DOS (2) seccionadores trifásicos con puesta a tierra
 - TRES (3) interruptores automáticos unipolares
 - TRES (3) transformadores de intensidad
 - SEIS (6) autoválvulas
- DOS (2) estructuras soporte de equipos de 30 kV, cada una compuesta por:
 - UN (1) Soporte del embarrado de salida de transformador principal
 - UN (1) Seccionador tripolar para reactancia de pat
 - UNA (1) Reactancia de puesta a tierra
 - TRES (3) autoválvulas
- Estructura soporte de otros elementos:
 - DOS (2) proyectores de alumbrado por báculo
 - Báculos de alumbrado exterior

Toda la estructura metálica se fabricará con perfiles normalizados de alma llena protegidos contra la corrosión mediante galvanizado en caliente. El acero será procedente de laminación y se ajustará a las características correspondientes de la calidad soldable tipo S 275 JR (EN 10027-1), equivalente al A44b o calidad semejante.



Estas estructuras de soporte estarán formadas por perfiles en U (UPN), o con piezas angulares empesilladas tipo celosía, con objeto de conseguir sencillez y economía.

El coeficiente de mayoración de cargas se adoptará para los estados de carga definitivos y la seguridad de las estructuras irá referida al límite de fluencia del material en las peores condiciones de funcionamiento y de sobrecarga no debiendo ser inferior a dos.

Las dimensiones de las estructuras son tales que las bornas de los distintos equipos y los conductores se encuentran a la distancia exigida por los reglamentos vigentes, y la base de los aisladores a más de 230 cm del nivel del suelo.

El tratamiento final de todas las estructuras que componen el parque de intemperie será galvanizado en caliente por inmersión, con un espesor mínimo resultante de 80 micras. Las piezas que componen la estructura deben salir de los talleres totalmente mecanizadas y taladradas para proceder a su galvanizado totalmente construidas.

La tornillería de unión de las estructuras será de acero galvanizado con objeto de evitar la corrosión. La tornillería de fijación de la aparamenta a sus respectivos soportes será de acero inoxidable con objeto de evitar los efectos de corrosión por oxidación. Será de medidas métricas según DIN 933, con arandelas según DIN 7980 y la calidad de esta tornillería será A2 de 800 N/mm² de límite elástico, según norma UNE EN ISO 3506-1:2021.

Las estructuras irán atornilladas a los pernos que se colocarán en sus cimentaciones correspondientes mediante las plantillas suministradas por el proveedor de las estructuras.

La tornillería y demás piezas de pequeño tamaño estarán realizadas en acero inoxidable.

Los materiales de soldeo (varillas, electrodos) serán utilizados teniendo en cuenta las recomendaciones particulares del fabricante.

Antes de iniciar la fabricación, el fabricante de las estructuras realizará cuantas pruebas sean necesarias para la correcta cualificación de los distintos métodos de soldeo manual, automático o combinación de estos, a tope o en ángulo, tanto de procedimientos de soldeo como en homologación de los soldadores que deban intervenir en la misma (según norma UNE o ASME IX).

El trazado y taladrado de agujeros deberá permitir el montaje de los diferentes elementos sin forzarlos.

Las dimensiones de los taladros serán:



- Para tornillo de M12, taladro de 14 mm de diámetro
- Para tornillo de M16, taladro de 18 mm de diámetro
- Para tornillo de M18, taladro de 20 mm de diámetro
- Para tornillo de M20, taladro de 23 mm de diámetro

La tolerancia en todos los casos será de +0,4 mm sobre el material en negro.

Todas las estructuras irán atornilladas a los pernos que se encuentran ya embebidos en las fundaciones correspondientes.

El montaje se realizará de forma que ningún elemento quede sometido a esfuerzos mayores que aquellos para los que ha sido calculado.



3.3. APARAMENTA DE 220 kV

Se incluyen los equipos indicados a continuación, todos ellos con las siguientes características comunes:

| | |
|--|---------------------|
| Normativa aplicable | UNE-EN 62271-1:2019 |
| Instalación | Exterior |
| Aisladores | Porcelana marrón |
| Número de fases | 3 |
| Frecuencia nominal | 50 Hz |
| Tensión nominal | 220 kV |
| Tensión primaria de aislamiento | 245 kV |
| Tensión de ensayo 50 Hz 1 min: | 460 kV |
| Tensión de impulso tipo rayo (1,2/50 μ s): | 1050 kV |
| Línea de fugas | 25 mm/kV |

3.3.1. Interruptores automáticos

TRES (3) interruptores automáticos unipolares, con las siguientes características:

| | |
|--|--|
| Normativa aplicable | UNE-EN 62271-100:2011 UNE-EN 62271-104:2015 |
| Método de extinción del arco | SF ₆ |
| Corriente asignada | 2500 A |
| Poder de corte nominal (valor eficaz) | 40 KA |
| Poder de corte nominal (valor de cresta) | 100 KA |
| Ciclo de operación | A-0,3s-CA-1min-CA |
| Tiempo de corte máximo | 60 ms |
| Protección del cuadro de mando | IP 55 |
| Mando | Eléctrico unipolar |
| Número de bobinas de apertura máxima tensión | 2 |
| Número de bobinas de apertura mínima tensión | 0 |
| Número de bobinas de cierre máxima tensión | 1 |
| Tensión de las bobinas | 125 V c.c. |
| Tensión del motor de carga de muelles | 125 V c.c. |
| Resistencia de caldeo | 220 V c.a. |
| Dispositivo antibombeo | SI |
| Nivel de aislamiento de circuitos de control | 600 V |
| Tensión de ensayo 50 Hz 1 min | 2 kV |
| Sección mínima de cableado de control | 1,5 mm ² |

3.3.2. Seccionadores



DOS (2) seccionadores trifásicos con puesta a tierra en uno de los extremos, enclavado mecánicamente con el seccionador de línea, por cada posición de línea, con las características especificadas a continuación:

| | |
|--|-----------------------|
| Normativa aplicable | UNE-EN 62271-102:2021 |
| Tipo constructivo | 3 columnas |
| Intensidad nominal | 2000 A |
| Intensidad máxima de corta duración (1s) | 40 KA |
| Intensidad máxima (valor de cresta) | 100 KA |
| Protección del cuadro de mando | IP 55 |
| Mando seccionador de línea | Eléctrico |
| Mando seccionador de puesta a tierra | Eléctrico |
| Tensión del motor | 125 V c.c. |
| Resistencia de caldeo | 220 V c.a. |
| Nivel de aislamiento de circuitos de control | 600 V |
| Tensión de ensayo 50 Hz 1 min | 2 kV |
| Sección mínima de cableado de control | 1,5 mm ² |

3.3.3. Transformadores de intensidad

TRES (3) transformadores de intensidad, con las características especificadas a continuación:

| | |
|---|--------------------|
| Relación de transformación en los TI, L/ARROYO DE LA VEGA (REE) | 400-800/5-5-5-5 A |
| Secundario 1 | Potencia: 20 VA |
| | Precisión: CL 0,2s |
| Secundario 2 | Potencia: 20 VA |
| | Precisión: CL 0,5 |
| Secundario 3 | Potencia: 50 VA |
| | Precisión: 5P20 |
| Secundario 4 | Potencia: 50 VA |
| | Precisión: 5P20 |
| Secundario 5 | Potencia: 50 VA |
| | Precisión: 5P20 |

| | |
|----------------------------|--|
| Normativa aplicable | UNE-EN 61869-1:2010 UNE-EN 61869-2:2013 |
| Intensidad límite térmica | 40 KA |
| Intensidad límite dinámica | 100 KA |

El cableado de los circuitos de medida tendrá los siguientes requerimientos



- Nivel de aislamiento de circuitos de medida 0,6/1 kV
- Sección mínima del cableado de los secundarios 6 mm²

3.3.4. Transformadores de tensión inductivos

TRES (3) transformadores de tensión inductivos, con las características especificadas a continuación:

| | |
|--------------------------------------|-------------------------------------|
| Relación de transformación en los TT | 220:√3 kV / 110:√3-110:√3-110: √3 V |
| Secundario 1 | Potencia: 20 VA |
| | Precisión: CL 0,5 |
| | Conexión: estrella |
| Secundario 2 | Potencia: 50 VA |
| | Precisión: CL 0,5-3P |
| | Conexión: estrella |
| Secundario 3 | Potencia: 50 VA |
| | Precisión: CL 0,5-3P |
| | Conexión: estrella |

| | |
|---------------------|--|
| Normativa aplicable | UNE-EN 61869-1:2010 UNE-EN 61869-3:2012 |
|---------------------|--|

El cableado de los circuitos de medida tendrá los siguientes requerimientos:

- Nivel de aislamiento de circuitos de medida 0,6/1 kV
- Sección mínima del cableado de los secundarios 6 mm²

En cada juego se instalará una caja de formación de tensiones de protección, donde por cada secundario se instalarán tres salidas protegidas por interruptor magnetotérmico.

3.3.5. Autoválvulas

SEIS (6) autoválvulas, equipadas cada una con un contador de descargas con miliamperímetro, con las características especificadas a continuación.

| | |
|---------------------------------------|---------------------|
| Normativa aplicable | UNE-EN 60099-4:2016 |
| Tipo de neutro | Rígido a tierra |
| Tensión nominal (Ur) | 192 kV |
| Tensión de operación continua (Uc): | 154 kV |
| Tensión de operación temporal (10 s): | 211 kV |



| | |
|---------------------------------------|--------|
| Tiempo sobretensión temporal | 10 s |
| Tensión residual 8/20 μ s (10 kA) | 452 kV |

3.3.6. Conexiones

El tendido de interconexión entre aparatos de 220 kV se realizará con conductor flexible de aluminio-acero tipo 485-AL1-63-ST1A (antiguo LA-545/Cardinal) con las siguientes características:

| | |
|--|--------------------------|
| Sección total | 547,3 mm ² |
| Diámetro de alma / exterior | 10,1/ 30,4 mm |
| Peso propio unitario | 1,831 kg/m |
| Carga de rotura del material | 148,50 kN |
| Módulo de elasticidad (E) | 69.000 N/mm ² |
| Resistencia eléctrica a 20°C | 0,0596 Ω /km |
| Coefficiente de dilatación lineal (σ) | 0,0193 mm/m°C |
| Intensidad máxima | 890 A. |

En los tramos correspondientes a los tendidos de interconexión de aparatos, se instalan aisladores C10-1050, de las siguientes características mecánicas:

| | |
|----------------------------|----------|
| Carga de rotura a flexión | 10.000 N |
| Carga de rotura a torsión | 4.000 Nm |
| Altura del aislador | 2.300 mm |
| Altura de la pieza soporte | 175 mm |
| Línea de fuga | 6.125 mm |

3.3.1. Botellas terminales

TRES (3) Botellas terminales, con las características especificadas a continuación.

| | |
|--|----------------------|
| Normativa aplicable | IEC 62067 |
| Instalación | Intemperie |
| Frecuencia | 50Hz |
| Tensión asignada: | 127/220 kV |
| Tensión más elevada para el material | 245 kV |
| Tensión soportada impulso tipo rayo | 1050 kV |
| Tensión soportada a frecuencia industrial (30 min) | 318 kV |
| Intensidad admisible en cortocircuito (conductor) | 84 kA |
| Intensidad admisible en cortocircuito (pantalla) | 50 kA |
| Línea de fuga | 31,4 mm/kV |
| Aislador exterior | Porcelana/Polimérico |
| Aislador exterior (refuerzo interno) | Epoxy |
| Base soporte (material placa) | Aluminio |
| Base soporte (pernos de fijación) | Acero inoxidable |



| | | |
|---|--------------------------------|----------------|
| Base soporte (aisladores soporte) | | Cerámicos |
| Conexión aérea (vástago terminal) | Varilla cilíndrica de aluminio | |
| Conexión aérea (diámetro) | | 30 mm |
| Conexión aérea (deflector de tensión) | | Aluminio |
| Dispositivo de control de campo (sistema) | | Cono deflector |
| Fluido aislante de relleno (material) | | Aceite/SF6 |
| Fluido aislante de relleno (presión) | | Atmosférica |



3.4. TRANSFORMADOR DE PARQUE

UN (1) transformador trifásico con las siguientes características:

3.4.1. Características

Las características constructivas del transformador son las siguientes:

| | |
|--|---------------------|
| Norma aplicable | UNE-EN 60076-1:2013 |
| | UNE-EN 60076-2:2013 |
| | UNE-EN 60076-3:2014 |
| | UNE-EN 60076-5:2008 |
| Servicio | Continuo |
| Aislamiento | Aceite mineral |
| Potencia Nominal | 280 (140-140) MVA |
| Refrigeración | ONAN/ONAF1/ONAF2 |
| Tensión de Servicio: Primario | 220 kV |
| Secundario | 30 kV/30 kV |
| Frecuencia nominal | 50 Hz |
| Grupo de conexión | YNd11d11 |
| Altitud (msnm) | < 1000 m |
| Instalación | Intemperie |
| Temperatura máxima de operación | 40° C |
| Clase de protección contra corrosión | C4 |
| Color | RAL 7030 |
| Tensión primaria de aislamiento | |
| Primario | 245 kV |
| Neutro del primario | 72,5 kV |
| Secundario | 36 kV |
| Tensión de ensayo 50 Hz 1min | |
| Primario | 460 kV |
| Neutro del primario | 140 kV |
| Secundario | 70 kV |
| Tensión de impulso tipo rayo (1,2/50 ms) | |
| Primario | 1.050 kV |
| Neutro del primario | 325 kV |
| Secundario | 170 kV |

Núcleo: Chapa de acero al silicio de grano orientado aislada con esmalte por cada cara. La forma constructiva del núcleo será de 3 columnas.

Devanados: Los devanados de alta y de baja estarán realizados en cobre.



3.4.2. Condiciones de operación

Los transformadores deberán suministrar su potencia nominal, para una tensión en bornas de Alta Tensión entre el 95 % y el 105 % de la tensión nominal, con un factor de potencia en la red de 0,9 o más alto, sin que se sobrepasen los siguientes valores de calentamiento:

| | |
|---------------------------|-------|
| Capa superior del aceite | 60° C |
| Cobre, valor medio | 60° C |
| Cobre, punto más caliente | 78° C |

Los transformadores deberán ser capaces de funcionar continuamente a plena carga con una sobreexcitación del 10%.

Los transformadores deberán estar diseñados para soportar sin daño, en cualquiera de las tomas, las solicitaciones mecánicas y térmicas producidas por un cortocircuito trifásico en bornas de BT durante al menos 2 s.

3.4.3. Accesorios

3.4.3.1. Cuba

La cuba del transformador deberá soportar, sin sufrir deformaciones permanentes, una presión 25% mayor que la presión máxima de trabajo resultante del sistema de preservación de aceite utilizado, así como soportar el vacío absoluto en su interior para el llenado de aceite.

La unión entre la parte superior e inferior de la cuba del transformador será atornillada.

El transformador dispondrá de los registros necesarios para montaje y conexión de las bornas y acoplamiento del mando del conmutador de tomas de vacío.

Las bridas para bornas, tapas, registros y demás accesorios atornillados deberán diseñarse de forma que la junta de estanqueidad no quede expuesta a la intemperie, e irán provistas de superficies de asiento que impidan el aplastamiento de dicha junta.

La cuba del transformador debe incorporar los siguientes elementos:

- Válvula de sobrepresión
- Placas de puesta a tierra
- Placa de características
- Válvulas de aceite de la cuba
- Juego completo de juntas



3.4.3.2. Aceite dieléctrico

Se suministrará un llenado completo de aceite dieléctrico en obra. El aceite será mineral, sin aditivos y de acuerdo con la norma CEI 60296.

3.4.3.3. Elementos de traslación, suspensión y elevación

El transformador deberá estar provisto de los siguientes elementos:

- Carretón de transporte orientable en dos direcciones perpendiculares con ruedas de una sola pestaña (indicar distancias requeridas entre carriles).
- Ganchos de arrastre en ambas direcciones y sentidos de traslación.
- Ganchos para suspensión del transformador completo.
- Cáncamos para suspensión de la parte superior de la cuba.
- Apoyos para elevación por gatos hidráulicos.
- Accesorios para transporte por carretera.

3.4.3.4. Bornas

Se suministrarán 3 bornas de A.T., 1 de neutro de A.T. y 3 de M.T. Las bornas de A.T. serán de tipo condensador. Las de M.T. serán de porcelana esmaltada.

Las bornas deberán tener una intensidad nominal un 20% superior que la de su devanado y deberán ser capaces de soportar la sobrecarga e intensidad de cortocircuito especificada para el transformador.

Las bornas estarán de acuerdo con el nivel de aislamiento especificado para cada arrollamiento. La longitud específica de la línea de fuga de las bornas no deberá ser inferior a 25 mm/ kV.

El diseño de las bornas y del transformador deberá permitir la instalación y sustitución de las mismas sin que esto requiera reducir el nivel de aceite de la cuba por debajo del nivel de los arrollamientos.

Se deberán incluir los elementos de fijación necesarios para la bajada desde la borna de neutro hasta una grapa de puesta a tierra.

3.4.3.5. Equipo de conservación de aceite

El transformador deberá estar provisto de un sistema de conservación del aceite sellado de la atmósfera compuesto por:



- Depósito de expansión
- Deshidratador de aire
- Indicador de nivel de aceite con contactos de alarma por alto y bajo nivel
- Relé Buchholz con contactos de alarma y disparo

3.4.3.6. Conmutador de tomas en carga

Se proveerá un conmutador de tomas en carga tipo Jansen en el arrollamiento de alta tensión con un margen de variación de las tomas mínimo entre +15% y -15% distribuido en tomas del 1,5%. Todas las tomas estarán previstas para la potencia nominal del transformador. El conmutador de tomas deberá disponer de su propio relé de sobrepresión.

Se suministrará el motor actuador del conmutador de tomas completamente montado en un armario de control local con su correspondiente interruptor automático, térmico y contactor. El actuador se podrá maniobrar localmente mediante pulsadores o remotamente desde sala de control, para lo que incluirá un selector local-remoto.

Se proveerá una indicación local y remota de posición de toma, actuador en marcha y actuador en defecto.

El sistema permitirá el control local manual de la posición del conmutador mediante manivela. El actuador irá provisto de un indicador mecánico de posición de aguja o similar.

3.4.3.7. Instrumentos de medida de temperatura

El transformador estará provisto de los siguientes instrumentos:

- Un termómetro de temperatura del aceite de la capa superior y aguja indicadora de temperatura máxima. Dispondrá de cuatro contactos independientes ajustables para control de los ventiladores, alarma y disparo, normalmente abiertos.
- Dos detectores de temperatura de la capa superior de aceite tipo Pt 100.
- Dispondrá de imagen térmica que represente la temperatura del punto caliente del transformador.



3.4.3.8. Equipo de refrigeración

El sistema de refrigeración se basará en radiadores de aceite adosados a la cuba del transformador, divididos en dos grupos uno a cada lado de la cuba.

El sistema de refrigeración será ONAN/ONAF1/ONAF2. Se incluirá el número de ventiladores necesario y el cuadro de control necesario, situado junto al transformador.

Los radiadores deberán poder ser desmontados sin que se produzcan pérdidas del aceite de la cuba, disponiendo para ello de las correspondientes válvulas, y deberán estar provistos de tapones de purga y vaciado, así como de cáncamos de suspensión.

Los radiadores deberán estar diseñados para soportar las mismas condiciones de presión y vacío especificadas para la cuba.

3.4.3.9. Transformadores de intensidad

El transformador llevará montado en el neutro de alta tensión un transformador de intensidad tipo bushing de clase 5P20.

3.4.3.10. Armario de centralización de bornas

El transformador estará provisto de un armario que incluya la centralización de bornas de los aparatos de supervisión y el control de los ventiladores, anexo a la cuba del transformador.

El armario irá alimentado con tensión de 400 V 50 Hz, tendrá un grado de protección IP 55, y estará provisto de resistencias de caldeo controladas por un termostato de ambiente, toma auxiliar de fuerza y alumbrado interior.



3.5. APARAMENTA DE 30 kV

3.5.1. Embarrado rígido

Se instalará UN (1) embarrado rígido por cada devanado (2) de salida del transformador principal con las siguientes características:

| | |
|--|---------|
| Número de fases | 3 |
| Frecuencia nominal | 50 Hz |
| Tensión nominal | 30 kV |
| Tensión primaria de aislamiento | 36 kV |
| Tensión de ensayo 50 Hz 1 min: | 70 kV |
| Tensión de impulso tipo rayo (1,2/50 μ s): | 170 kV |
| Intensidad nominal: | 2.694 A |
| Intensidad de cortocircuito (1s) | 25 kA |

El embarrado se realizará con tubo de las siguientes características:

| | |
|------------------------------------|------------------|
| Aleación | E-ALMgSi0,5, F22 |
| Diámetro exterior (D) interior (d) | 120/ 104 mm |
| Intensidad admisible (85°C) | 3.671 A. |

Por cada embarrado se conectarán los siguientes equipos:

3.5.2. Autoválvulas

TRES (3) autoválvulas de 36 kV con las características especificadas a continuación.

| | |
|---------------------------------------|---------------------|
| Normativa aplicable | UNE-EN 60099-4:2016 |
| Instalación | Exterior |
| Tipo de neutro | Aislado |
| Tensión nominal (Ur) | 36 kV |
| Tensión de operación continua (Uc): | 28,8 kV |
| Tensión de operación temporal (10s): | 38,9 kV |
| Tensión residual 8/20 μ s (10 KA) | 86,4 kV |
| Corriente de descarga asignada | 10 KA |

3.5.3. Seccionador

Un (1) seccionador trifásico de apertura vertical de 36 kV con las características especificadas a continuación.



| | |
|--|-----------------------|
| Normativa aplicable | UNE-EN 62271-102:2021 |
| Tipo de montaje | vertical |
| Numero de polos | 3 |
| Intensidad nominal (servicio continuo) | 1250 A |
| Intensidad máxima de corta duración, 3s (I _{th}) | 25 KA |
| Intensidad máxima (I _{din}) | 62,5 KA |
| Nivel de aislamiento a impulso rayo | 170 kV |
| Nivel aislamiento a 50 Hz, 1 min | 70 kV |
| Sección mínima de cableado de control | 1,5 mm ² |

3.5.4. Reactancia de puesta a tierra

UNA (1) reactancia de puesta a tierra en zig-zag con las siguientes características:

3.5.4.1. Características

| | |
|--------------------------------|--|
| Normativa aplicable | UNE-EN 50588-1:2018 |
| Núcleo | Chapa de acero al silicio de grano orientado |
| Devanados | Cobre |
| Aislamiento | Aceite mineral |
| Instalación | Intemperie |
| Refrigeración | ONAN |
| Frecuencia nominal | 50 Hz |
| Grupo de conexión | Zo |
| Intensidad de defecto a tierra | 500 A |
| Servicio | 30 segundos |
| Protección contra corrosión | C4 |
| Color | RAL 7030 |

3.5.4.2. Accesorios

La reactancia se suministrará equipada con los siguientes elementos:

Bornas:

Las bornas serán de porcelana esmaltada fabricadas en una sola pieza y estarán montadas sobre la tapa superior del transformador.

Cuba:

La cuba será hermética sin conservador. En caso necesario estará provista de aletas de refrigeración. La unión entre la parte superior e inferior de la cuba del transformador será atornillada.

Todas las superficies metálicas irán protegidas contra la corrosión y pintadas de acuerdo con el estándar del fabricante.



Las bridas para bornas, tapas, registros y demás accesorios atornillados estarán diseñados de forma que la junta de estanqueidad no quede expuesta a la intemperie, e irán provistas de superficies de asiento que impidan el aplastamiento de dicha junta.

La cuba incorporará los siguientes elementos:

- Tomas de puesta a tierra
- Placa de características
- Tubo de llenado de aceite
- Tapón de vaciado de aceite
- Aceite dieléctrico de acuerdo con CEI 296

Relé de protección:

La reactancia estará provista de un equipo integrado de protección de transformadores herméticos.

Transformadores de intensidad:

La reactancia estará provista de transformador de intensidad tipo bushing en las fases y en el neutro. Las características del transformador son las siguientes:

- Relación: 300 / 5 A
- Potencia: 20 VA
- Clase: 5P20

Elementos de traslación y elevación

Los equipos estarán provistos de los siguientes elementos:

- Orejas de arrastre del transformador.
- Ganchos para suspensión del transformador completo.
- Cáncamos para suspensión de la parte superior de la cuba.

3.5.5. Conexiones

Se incluyen las interconexiones con cable aislado de 30 kV.

Las conexiones a las cabinas de 30 kV se realizarán con conectores enchufables de acuerdo con la norma UNE 211028:2013, mientras que las conexiones al embarrado de 30 kV y a la reactancia se realizará con botellas de exterior de acuerdo con la norma UNE 211027:2013.

3.5.6. Cabinas de 30 kV



DOS (2) conjuntos de cabinas modulares aisladas en SF₆ con las siguientes características generales:

| | |
|---|-----------------------|
| Normativa aplicable | UNE-EN 62271-200:2012 |
| Normativa aplicable | UNE-EN 62271-104:2015 |
| Normativa aplicable (Grado de protección IP) | UNE-EN 20324 |
| Normativa aplicable (Grado de protección IK) | UNE-EN 50102 |
| Tensión de servicio | 30 kV |
| Tensión asignada | 36 kV |
| Numero de fases | 3 |
| Frecuencia asignada | 50 Hz |
| Intensidad nominal embarrado | 2010 A |
| Intensidad de corta duración (1 s) | 25 KA |
| Intensidad de cortocircuito (valor de cresta) | 63 KA |
| Temperatura ambiente máxima | +40° C |
| Temperatura ambiente mínima | -5° C |
| Instalación | Interior IP65 |
| Aislamiento | SF ₆ |
| Tensión auxiliar de mando | 125 V c.c. |
| Tensión auxiliar de iluminación | 220 V c.a. |

3.5.6.1. Cabina de salida a transformador

UNA (1) cabina equipada con los siguientes accesorios:

- 1 interruptor automático tripolar 3150 A 25 KA con bobina de cierre y doble bobina de disparo y contactos auxiliares de posición
- 3 transformadores de intensidad:

| | |
|---------------------------------------|----------------------------|
| Relación de transformación en los TI, | 1600- <u>3200</u> /5-5-5 A |
| Secundario 1 | Potencia: 5 VA |
| | Precisión: CL 0,2s |
| Secundario 2 | Potencia: 5 VA |
| | Precisión: CL0,5-5P20 |
| Secundario 3 | Potencia: 5 VA |
| | Precisión: 5P20 |

- 3 transformadores de intensidad de relación:

| | |
|---------------------------------------|------------------------|
| Relación de transformación en los TI, | 1600- <u>3200</u> /5 A |
|---------------------------------------|------------------------|



| | |
|--------------|--------------------|
| Secundario 1 | Potencia: 5 VA |
| | Precisión: CL 0,2s |

- 1 seccionador tripolar de tres posiciones (cerrado-abierto-tierra) con contactos auxiliares (mínimo 3 NA +3 NC) y mando manual.
- 3 detectores capacitivos de presencia de tensión.
- 1 analizador de redes.
- Alumbrado interior del cajón de baja tensión alimentado a 220 V c.a.
- Automáticos, relés auxiliares, y bornas según necesidad.
- Enclavamientos:
 - Bloqueo de maniobra del seccionador con interruptor cerrado.
 - Bloqueo de apertura del cajón de media tensión con seccionador de puesta a tierra no conectado.
 - Disparo y bloqueo del interruptor de 220 kV cuando cierra el seccionador de puesta a tierra.
- Un relé de protección digital multifunción programado con las siguientes funciones de control y protección:
 - Máxima intensidad instantánea de fases (50)
 - Máxima intensidad instantánea de neutro (50N)
 - Máxima intensidad de fases temporizada (51)
 - Máxima intensidad de neutro temporizada (51N)
 - Mínima tensión entre fases (27)
 - Sobretensión (59)
 - Máxima tensión homopolar (59N)
 - Máxima/mínima frecuencia (81M/81m)
 - Fallo interruptor (50S-62)
 - Supervisión de los dos circuitos de disparo del interruptor (3)
 - Osciloperturbógrafo (99)
 - Registro de eventos con fechado hasta el mseg
 - Unidad de control de posición (UCP) incluyendo mando y monitorización del interruptor, del seccionador de línea y del seccionador de puesta a tierra. Mímico local.
 - Indicación local y remota de intensidades, tensiones, frecuencia, potencias...
 - Comunicación con la unidad de control de subestación (UCS) mediante fibra óptica multimodo y protocolo IEC 61850.

3.5.6.2. Transformador de medida de Tensión

- 3 transformadores de tensión colocados en las barras, con las siguientes características:

| | |
|--------------------------------------|---|
| Relación de transformación en los TT | $33:\sqrt{3} \text{ kV} / 110:\sqrt{3} - 10:\sqrt{3} - 110:3 \text{ V}$ |
| Secundario 1 | Potencia: 10 VA |



| | |
|--------------|-----------------------------|
| | Precisión: CL 0,2 |
| | Conexión: estrella |
| Secundario 2 | Potencia: 10 VA |
| | Precisión: CL 0,5-3P |
| | Conexión: estrella |
| Secundario 3 | Potencia: 25 VA |
| | Precisión: CL 3P |
| | Conexión: triángulo abierto |

- 3 transformadores de tensión colocados en las barras, con las siguientes características:

| | |
|--------------------------------------|--|
| Relación de transformación en los TT | $33:\sqrt{3} \text{ kV} / 110:\sqrt{3}-110:\sqrt{3} \text{ V}$ |
| Secundario 1 | Potencia: 10 VA |
| | Precisión: CL 0,2 |
| | Conexión: estrella |
| Secundario 2 | Potencia: 10 VA |
| | Precisión: CL 0,5-3P |
| | Conexión: estrella |

De cada secundario en estrella se facilitarán dos salidas protegidas cada una por un interruptor automático tetrapolar y llevadas a bornas seccionables.

La salida del secundario en triángulo abierto irá conectada a una resistencia antiferroresonancia protegida por un interruptor automático bipolar, se facilitarán otras dos salidas protegidas cada una por un interruptor bipolar y llevadas a bornas seccionables.

Todos los interruptores automáticos tendrán contactos indicadores de posición NA+NC llevados a bornas.

3.5.6.3. Cabinas de salida a línea

SIETE (7) + (3R) cabinas equipadas con los siguientes accesorios:

- 1 interruptor automático tripolar 630 A 25 KA con bobina de cierre y doble bobina de disparo y contactos auxiliares de posición
- 3 transformadores de intensidad:

| | |
|---------------------------------------|-------------------------|
| Relación de transformación en los TI, | $300-600/5-5 \text{ A}$ |
| Secundario 1 | Potencia: 5 VA |



| | |
|--------------|---------------------|
| | Precisión: CL. 0,5 |
| Secundario 2 | Potencia: 5 VA |
| | Precisión: CL. 5P20 |

- 1 seccionador tripolar de tres posiciones (cerrado-abierto-tierra) con contactos auxiliares (mínimo 3 NA +3 NC) y mando manual.
- 3 detectores capacitivos de presencia de tensión.
- Alumbrado interior del cajón de baja tensión alimentado a 220 V c.a.
- Automáticos, relés auxiliares, y bornas según necesidad.
- Enclavamientos:
 - Bloqueo de maniobra del seccionador con interruptor cerrado.
 - Bloqueo de apertura del cajón de media tensión con seccionador de puesta a tierra no conectado.
- Un relé de protección digital multifunción programado con las siguientes funciones de control y protección:
 - Máxima intensidad instantánea de fases (50)
 - Máxima intensidad instantánea de neutro (50N)
 - Máxima intensidad de fases temporizada (51)
 - Máxima intensidad de neutro temporizada (51N)
 - Sobretensión (59)
 - Máxima tensión homopolar (59N)
 - Fallo interruptor (50S-62)
 - Supervisión de los dos circuitos de disparo del interruptor (3)
 - Osciloperturbógrafo (99)
 - Registro de eventos con fechado hasta el mseg
 - Unidad de control de posición (UCP) incluyendo mando y monitorización del interruptor, del seccionador de línea y del seccionador de puesta a tierra. Mímico local.
 - Indicación local y remota de intensidades, tensiones, frecuencia, potencias...
 - Comunicación con la unidad de control de subestación (UCS) mediante fibra óptica multimodo y protocolo IEC 61850.

3.5.6.4. Cabinas de transformador de SSAA.

Una (1) cabina equipada con los siguientes accesorios:

- 1 interruptor seccionador de mando manual de tres posiciones (cerrado-abierto-tierra) 36 kV 200 A con fusible de 20A.
- 3 detectores capacitivos de presencia de tensión
- Alumbrado interior del cajón de baja tensión alimentado a 220 V c.a.
- Indicación y mando local de interruptor seccionador
- Automáticos, relés auxiliares, y bornas según necesidad.

Nota: esta cabina solo se instalará en embarrado B1.



3.5.6.5. Cabina de banco de condensadores

UNA (1) cabina equipada con los siguientes accesorios:

- 1 interruptor automático tripolar 630 A 25 KA con bobina de cierre y doble bobina de disparo y contactos auxiliares de posición.
- 3 transformadores de intensidad:

| | |
|---------------------------------------|--------------------|
| Relación de transformación en los TI, | 150-300/5-5 A |
| Secundario 1 | Potencia: 5 VA |
| | Precisión: Cl. 0,5 |
| Secundario 2 | Potencia: 5 VA |
| | Precisión: Cl.5P20 |

- 1 seccionador tripolar de tres posiciones (cerrado-abierto-tierra) con contactos auxiliares (mínimo 3 NA +3 NC) y mando manual.
- 3 detectores capacitivos de presencia de tensión.
- Alumbrado interior del cajón de baja tensión alimentado a 220 V c.a.
- Automáticos, relés auxiliares, y bornas según necesidad.
- Enclavamientos:
 - Bloqueo de maniobra del seccionador con interruptor cerrado.
 - Bloqueo de apertura del cajón de media tensión con seccionador de puesta a tierra no conectado.
- Un relé de protección digital multifunción programado con las siguientes funciones de control y protección:
 - Máxima intensidad instantánea de fases (50)
 - Máxima intensidad instantánea de neutro (50N)
 - Máxima intensidad de fases temporizada (51)
 - Máxima intensidad de neutro temporizada (51N)
 - Sobretensión (59)
 - Máxima tensión homopolar (59N)
 - Fallo interruptor (50fi)
 - Sobrecarga de condensadores con medida RMS y curva inversa (59C)
 - Desequilibrio de neutro de transformadores (60C)
 - Supervisión de los dos circuitos de disparo del interruptor (3)
 - Osciloperturbógrafo (99)
 - Registro de eventos con fechado hasta el mseg
 - Unidad de control de posición (UCP) incluyendo mando y monitorización del interruptor, del seccionador de línea y del seccionador de puesta a tierra. Mímico local.
 - Indicación local y remota de intensidades, tensiones, frecuencia, potencias...
 - Comunicación con la unidad de control de subestación (UCS) mediante fibra óptica multimodo y protocolo IEC 61850.



3.5.7. Transformador de servicios auxiliares.

Un (1) transformador trifásico con las siguientes características:

3.5.7.1. Características

| | |
|------------------------------|-----------------------|
| Norma aplicable | UNE-EN 50708-1-1:2021 |
| Aislamiento | Seco clase F |
| Instalación | Interior |
| Índice de protección | IP31 |
| Refrigeración | Natural |
| Potencia nominal | 100 KVA |
| Servicio | Continuo |
| Tensión primario/ secundario | 30±2×2,5%/0,42 kV |
| Relación de transformación | Dyn11 |
| Impedancia de cortocircuito | 4% |
| Categoría climática | C2 |
| Resistencia a la humedad | E2 |
| Resistencia ante la llama | F1 |

3.5.7.2. Accesorios

El transformador se suministrará equipado con los siguientes accesorios:

- Envolvente metálica IP31 RAL 7035 con cerradura enclavada con el seccionador de la cabina de SS.AA.
- Cáncamos de elevación del transformador y su envolvente
- Agujeros de arrastre en el chasis
- Tomas de puesta a tierra del núcleo
- Placa de características en acero inoxidable
- Conjunto de tres sondas Pt100, una por fase, conectadas a un aparato indicador digital de medida de temperatura montado en la envolvente. El cableado de conexión será apantallado y la pantalla puesta a tierra en uno de los lados.

3.5.8. Batería de condensadores

UNA (1) batería de condensadores con las siguientes características:

3.5.8.1. Características



| | |
|---|---------------------|
| Norma aplicable | UNE-EN 60871-1:2014 |
| Instalación | Exterior |
| Índice de protección | IP23 |
| Potencia nominal | 5 MVAR |
| Número de fases | 3 |
| Frecuencia nominal | 50 Hz |
| Tensión nominal | 30 KV |
| Tensión primaria de aislamiento | 36 KV |
| Tensión de ensayo 50 Hz 1 min: | 70 KV |
| Tensión de impulso tipo rayo (1,2/50 µs): | 170 KV |

3.5.8.2. Accesorios

La batería se suministrará equipado con los siguientes accesorios:

- Envolvente metálica IP23 de acero galvanizado color RAL 7035 con cerradura enclavada con el seccionador de la cabina.
- Resistencia anti-condensación con termostato ambiente
- Reactancias limitadoras de corriente
- Fusibles internos
- Transformador de corriente en el neutro para protección de desequilibrio
- Tomas de puesta a tierra
- Placa de características en acero inoxidable

3.5.8.3. Automatismo

Se implementará un automatismo que conecte la batería de condensadores por la mañana al subir la potencia activa de un valor predeterminado, dejando conectada la batería el resto del día hasta que la potencia descienda de otro valor predeterminado, con una amplia histéresis para evitar conexiones y desconexiones innecesarias.

3.5.8.4. Conexiones

La interconexión entre las baterías de condensadores y las cabinas se realizan con cable aislado 3x (1x 95 mm²) K Al H16 18/30 KV RHZ-1

Las conexiones a las cabinas de 30 kV se realizarán con conectores enchufables de acuerdo a la norma UNE 211028:2013, mientras que las conexiones a las baterías se realizarán con botellas de exterior de acuerdo a la norma UNE 211027:2013.



3.6. CONTROL, MEDIDA Y PROTECCIONES

El suministro estará formado por los siguientes elementos:

3.6.1. Medida fiscal

Cada punto de medida incluye los siguientes equipos:

- Bloques de pruebas precintables homologados de REE.
- Contadores-registradores para medida a cuatro cuadrantes en trifásica desequilibrada a seis hilos clase 0,2s para activa y 0,5 para reactiva, homologados por REE. Dispondrán de alimentación auxiliar exterior y de dos puertos de comunicación de acceso simultáneo: P1 GSM para acceso telefónico y P2 para acceso vía Ethernet.
- Módem telefónico GSM multipunto para acceso telefónico del SIMEL.
- Concentrador de medidas/ Gateway para salida en Modbus TCP hacia la unidad de control de subestación

Los contadores se suministrarán ajustados y verificados.

Toda la instalación de medida y de comunicaciones asociadas cumplirá con los requisitos para el alta en el SIMEL y deben facilitarse los protocolos necesarios para la solicitud de dicha alta.

Un sistema de medida bidireccional totalizadora, el cual deberá de estar de acuerdo a lo preceptuado en el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico (Real Decreto 1110/2007).

Estarán alojados en armario precintable y en el propio edificio de la subestación.

3.6.1.1. Especial distribución

DOS (2) armarios de medida fiscal de energía de tipo I conforme al RUPM y las ITCs en vigor.

Corresponden al sistema de medida principal y redundante de punto de especial distribución de:

- **PFV AVUTARDA** (30 kV, 94 MW): La medida principal, se llevará a cabo a través de un secundario exclusivo de los 3 transformadores de intensidad (TI-310) colocados en la celda de acometida de transformador de 30 kV proyectado para tal efecto, se establece una potencia de precisión 5 VA y clase 0,2s, y del secundario de los 3 transformadores de tensión (3TT/P-B1) ubicados en las barras 1 de 30



kV, de potencia de precisión 10 VA y clase 0,2. La medida redundante, se llevará a cabo a través de un secundario exclusivo de los 3 transformadores de intensidad (TI-M310) colocados en la celda de acometida de transformador de 30 kV proyectado para tal efecto, se establece una potencia de precisión 5 VA y clase 0,2s, y del secundario de los 3 transformadores de tensión (3TT/R-B1) ubicados en las barras 1 de 30 kV, de potencia de precisión 10 VA y clase 0,2.

- **PFV ARDOZ** (30 kV, 94 MW): La medida principal, se llevará a cabo a través de un secundario exclusivo de los 3 transformadores de intensidad (TI-320) colocados en la celda de acometida de transformador de 30 kV proyectado para tal efecto, se establece una potencia de precisión 5 VA y clase 0,2s, y del secundario de los 3 transformadores de tensión (3TT/P-B2) ubicados en las barras 1 de 30 kV, de potencia de precisión 10 VA y clase 0,2. La medida redundante, se llevará a cabo a través de un secundario exclusivo de los 3 transformadores de intensidad (TI-M320) colocados en la celda de acometida de transformador de 30 kV proyectado para tal efecto, se establece una potencia de precisión 5 VA y clase 0,2s, y del secundario de los 3 transformadores de tensión (3TT/R-B2) ubicados en las barras 1 de 30 kV, de potencia de precisión 10 VA y clase 0,2.

3.6.1.2. Punto Frontera

UN (1) armario de medida fiscal de energía de tipo I conforme al RUPM y las ITCs en vigor.

Corresponden al sistema de medida principal y redundante de punto frontera de:

- Nudo ARROYO DE LA VEGA 220 kV REE

Dicho sistema de medida se materializará en el nivel de 220 kV a través de los sistemas de medida (Transformadores de intensidad y transformadores de tensión) incluidos en interior de la subestación de ARROYO DE LA VEGA RENOVABLES y una Estación de Medida, que conecta con la subestación de ARROYO DE LA VEGA (propiedad de REE).

La medida principal, se establecerá en la posición de línea en una Estación de Medida situada a menos de 500 m de la subestación ARROYO DE LA VEGA de REE.

La medida principal, se llevará a cabo a través de un secundario exclusivo de los 3 transformadores de intensidad (TI-EM) del recinto proyectado para tal efecto. Se establece una potencia de precisión 20 VA y clase 0,2s, y del



secundario de los 3 transformadores de tensión inductivos (3TT-EM) ubicados también en el mismo recinto de potencia de precisión 20 VA y clase 0,2.

Por otro lado, la medida comprobante, se llevará a cabo a través de un secundario exclusivo de los 3 transformadores de intensidad (TI-21) de la línea de salida de la subestación de 220 kV proyectado para tal efecto, se establece una potencia de precisión 20 VA y clase 0,2s, y del secundario de los 3 transformadores de tensión inductivos (3TT-21) ubicados también en la salida de línea de 400/220 kV, de potencia de precisión 20 VA y clase 0, 2. Dicha medida deberá de contar con características análogas a la medida principal, y estará contenida, igualmente, en un armario independiente, precintable, y en el propio edificio de la subestación.

3.6.2. Control y protección de subestación

Se incluyen los siguientes armarios de control y protecciones de subestación:

- UN (1) armario de unidad de control de subestación
- UN (1) armario de protección y control de línea
- UN (1) armario de protección y control de transformador
- UN (1) armario repartidor de F.O. de línea
- UN (1) Sistema de control de parques fotovoltaicos
- UN (1) armario de comunicaciones

3.6.2.1. Unidad de control de subestación

Se instalará una unidad de control de subestación (UCS) que dispondrá de:

- Una Unidad de Control de Subestación redundante (UCS-A, UCS-B), incluirá comunicación con los SCADA de cada parque fotovoltaico mediante protocolo a definir, puertos para comunicación con concentrador de medidas de los distintos parques fotovoltaicos, comunicación con el concentrador de medidas de los contadores para lectura mediante protocolo Modbus TCP.
- Un Interfaz Hombre-Maquina (HMI), desde el HMI se podrá controlar cualquiera de las posiciones, así como disponer de información relativa a medidas, alarmas y estado del sistema en general.
- Un reloj de sincronización por satélite (GPS), dotado con antena. La sincronización horaria se basará en el protocolo Irig-B y NTP.



- Una Unidad de Control de Posición (UCP) para la adquisición de las señales de los servicios auxiliares.
- Dos switches de capa 2 para comunicación con los equipos mediante red IEC 61850 en redundancia.

El HMI incluye una estación de trabajo completa en la subestación con todo el SW necesario para la programación de los relés de protección, los contadores, la UCS y las pantallas del SCADA de subestación.

Se incluirá al menos una pantalla de 132 kV y transformador y otra de 30 kV por cada parque fotovoltaico, más dos pantallas de SS.AA., arquitectura de red de comunicaciones, alarmas y eventos. Dichas pantallas permitirán:

- Mando de los interruptores de A.T. y M.T., y de los seccionadores motorizados, mediante orden de apertura y cierre. Los enclavamientos de seguridad necesarios se encontrarán a nivel de UCP. Para el mando existirán dos modos de operación: Local y remoto. La selección se hará en el propio aparato a través de un mando local-remoto.
- Monitorización de las medidas de tensión, corriente, potencia activa y reactiva, frecuencia y factor de potencia de cada posición, incluso históricos.
- Monitorización del estado de los interruptores de los cuadros de servicios auxiliares, las baterías, sistema contra incendios y otros equipos auxiliares.
- Mando de los interruptores de acometida de servicios auxiliares
- Monitorización del estado de los relés de protección de transformador principal y de línea e indicación de sus disparos.
- Mando y monitorización del regulador de tomas en carga.
- Alarmas y registro de eventos con fechado hasta el mseg.
- Registro de tendencias de medidas analógicas con lectura cada minuto.

3.6.2.2. Control y protección de posición de línea

Se instalará una unidad de protección y control de línea que dispondrá de:

Relés de protección principal/secundaria de línea (PLA/L-PLB/L), es decir 2 relés de protección digital multifunción, tienen que cumplir la norma IEC 61850 en su última edición y comunicación con redundancia.

Estarán equipados con las siguientes funciones:

- 87L: Protección diferencial de línea.



- 21/21N: Protección de distancia.
- 79: Renganche (con posibilidad de deshabilitar la función).
- 67N: Sobreintensidad direccional de neutro.
- 49: Sobrecarga térmica (si la línea es soterrada)
- 27: Mínima tensión.
- 59: Máxima tensión de fase.
- 2: Discordancia de polos (en caso de interruptores unipolares)
- 50FI: Fallo de interruptor
- 25: Verificación de sincronismo
- 86FI: Relé de disparo y bloqueo, con rearme local y remoto en caso de fallo interruptor, para el rearme se habilitará un pulsador luminoso en el frontal del bastidor.
- Medida local (I, V, W, Var)
- LOC: Localización de falta
- OSC: Registro Osciloperturbógrafo
- 3: Supervisión de circuito de disparo
- Sinóptico local con display gráfico integrado a color para proporcionar visualización y control en tiempo real de la bahía protegida, a través de un mímico de bahía, indicando los elementos principales (tensión en barras o presencia de tensión, medidas, otros indicadores, representación del interruptor y seccionador...)
- UCP: Unidad de control de la posición
- Bloques de Pruebas y peines

Las funciones de protección provocarán disparo de los interruptores a ambos lados de la línea de transmisión (canal disparo transmitido de línea 85D). Tanto alarmas como disparos estarán disponibles en las pantallas de operación del sistema de control.

Estos esquemas de protección diferencial serán utilizados asimismo para transferir disparos de una subestación a otra, asociados a la actuación de la función de falla de interruptor 50FI (canal de disparo transmitido directo 85D).

Las funciones de protección asociadas a lecturas de tensión (27/59/81) serán ajustadas de forma que se cumpla con el código de red y se protejan los equipos.

El sistema de protección de la línea está formado por dos canales completamente independientes y redundantes, cada uno con su propio juego de baterías, su relé de protección y su relé maestro, y disparando sobre una bobina independiente.



El relé de protección diferencial de línea que se instale será del mismo modelo que el instalado en la subestación remota.

3.6.2.3. Control y protección de transformador

Se instalará una unidad de protección y control de transformador que dispondrá de:

Relés de protección principal/secundaria de transformador (PTA/T-PTB/T), es decir 2 relés de protección digital multifunción, tienen que cumplir la norma IEC 61850 en su última edición y comunicación con redundancia.

Estarán equipados con las siguientes funciones:

- 87T, 87N: Diferencial de Transformador de los devanados que requiera el proyecto.
- 50/51H; 50/51L; 5051G: Sobreintensidad de fases por cada uno de los devanados del Transformador
- 50/51N: Sobreintensidad de neutro
- 24: Sobre excitación
- 81U: Baja frecuencia
- 81O: Sobre frecuencia
- 49: Imagen térmica
- 27: Baja tensión
- 86T: Relé de bloqueo por actuación de las protecciones de máquina y diferencial.
- Sinóptico local con display gráfico integrado a color para proporcionar visualización y control en tiempo real de la bahía protegida, a través de un mímico de bahía. indicando los elementos principales (tensión en barras o presencia de tensión, medidas, otros indicadores, representación del interruptor y seccionador...)
- UCP: Unidad de control de la posición

Además, la protección incluirá:

- Protección reactancia (PR/TZ): Relé de control y protección digital multifunción y sus funciones principales serán las de relé de sobreintensidad (50/51, 50/51N) de tres fases y neutro para la protección instantánea de las reactancias de puesta a tierra del sistema de media tensión. Tiene que cumplir la norma IEC 61850 en su última edición y comunicación con redundancia PRP. La captación de medidas (TT y TI) y captación de entradas digitales y el envío de mandos a apartamento se realizará por comunicaciones a través de las MU's. Este relé se puede integrar en las protecciones diferenciales del Transformador



- Regulador de tensión (REG/T): Incluye la función de regulación de tensión de los transformadores de potencia (90) a partir del control del cambiador de tomas. Tiene que cumplir la norma IEC 61850 en su última edición y comunicación con redundancia PRP. La captación de medidas (TT y TI) y captación de entradas digitales y el envío de mandos a apartamento se realizará por comunicaciones a través de las MU's. Este relé se puede integrar en las protecciones diferenciales del Transformador u otro IED del sistema.
- Bloques de Prueba y peines

La protección diferencial cubre también la conexión hacia la celda de media tensión, pues la lectura de corriente se toma del TI ubicado en la celda de media tensión.

Típicamente las funciones de protección la 87T y la 24 provocarán disparo del interruptor del lado de alta y baja del transformador. Tanto las alarmas como los disparos estarán disponibles en las pantallas de operación del sistema de control.

Todas las funciones de protección que provoquen disparo (excepto la función 24 y la 81) estarán asociadas a la función de bloqueo y disparo 86 del propio relé, que será reseteable por medio de pulsador luminoso (solo en local o desde remoto Nivel 2 o 3). Esta función 86 enclavará el disparo sobre los interruptores y bloqueará su cierre.

El sistema de protección está formado por dos canales completamente independientes y redundantes, cada uno con su propio juego de baterías, su relé de protección y su relé maestro, y disparando sobre una bobina independiente.

3.6.2.4. Sistema de control de parques fotovoltaicos

Se prevé espacio para la ubicación en la subestación de los equipos de control y monitorización de los distintos parques fotovoltaicos. Se prevé la instalación de los siguientes armarios, uno por parque:

- Analizador de redes (AR) conectado a TIs y TTs para medida de potencia activa y reactiva generada. Dichos equipos se instalarán en la sala eléctrica correspondiente.



- Armario de control de parque fotovoltaico (Power Plant Controller), incluyendo en su interior automático de control suministrado para el control del parque. Dichos armarios se instalarán en sala de control climatizada.

Asimismo, se prevé la instalación de un armario donde se agrupen los repartidores de fibra óptica que van a cada parque fotovoltaico. Se estima que serán necesarios un máximo de 3 repartidores de 24 fibras por parque.

3.6.3. Características constructivas comunes

3.6.3.1. Armarios

Armarios metálicos con estructura de perfiles laminados de 3 mm de espesor y chapa de acero de 1,5 mm de espesor mínimo. Dispondrán de cáncamos de elevación, zócalo metálico de 200 mm y sus anclajes de fijación al suelo.

| | |
|-----------------------------|----------------------|
| Dimensiones: | 800 x 800 x 2000 mm. |
| Protección contra corrosión | C2 |
| Color | RAL 7035. |
| Grado de protección | IP53 |

Deberán pintarse los bordes de los cortes que se realicen en la chapa. Los armarios sólo tendrán acceso frontal (no trasero) y dispondrán de bastidor pivotante con rack de 19" de 40 módulos.

La puerta delantera de los armarios tendrá una ventana de metacrilato de 2 mm de espesor y protegido con una junta de goma, bisagras ocultas para apertura a 135° como mínimo y cerradura con llave.

La entrada de cables será por la parte inferior de los armarios. Se dispondrán perfiles para el amarre de los cables.

Los armarios llevarán una barra de tierra de cobre electrolítico de 50 mm². Todas las partes metálicas no portadoras de corriente se conectarán a dicha barra.

Los armarios irán dotados de resistencia anticondensación accionada por termostato, alumbrado interior accionado por final de carrera en puerta y toma de corriente monofásica tipo Schuco. Dichos elementos se alimentan a 220 V 50 Hz desde un mismo interruptor de 16A.

Los relés de protección, switches y equipos de control principales se montarán en el bastidor giratorio. Bornas, automáticos, relés auxiliares y resto de elementos se montarán en el interior del armario.



Los equipos montados en los armarios se identificarán por medio de rótulos tanto interior como exteriormente. Los rótulos exteriores serán de plástico negro con letras de 6 mm en blanco, e irán sujetos con remaches de plástico.

Los textos indicarán los números de las funciones de protección realizadas por cada relé. Además, cada armario llevará un rótulo en la parte superior de plástico negro con letras de 30 mm en blanco con la designación del mismo.

3.6.3.2. Bornas y cableado

Los armarios deberán suministrarse completamente cableados hasta las regletas terminales. Todos los contactos de los relés estarán cableados hasta las regletas terminales, sean o no utilizados. No se podrán conectar más de dos cables a un mismo punto de conexión, en caso de que sea necesario se utilizarán regletas puenteables.

Todo el cableado deberá hacerse en el interior de canaletas provistas de tapas desmontables. Se dejará un 20% de espacio de reserva en las canaletas.

Todos los conductores tendrán sus dos extremos identificados y llevarán terminales de compresión. No se admitirán empalmes de cables ni encintados para restaurar el aislamiento.

El cableado interno se realizará con conductores de cobre especial para cableado de cuadros con aislamiento de PVC color gris para 750 V resistente a la llama según IEC 332. Las secciones mínimas a emplear serán las siguientes:

- | | |
|-----------------------------------|---------------------|
| • Cableado de control | 1,5 mm ² |
| • Circuitos de fuerza y alumbrado | 2,5 mm ² |
| • Circuitos de tensión | 2,5 mm ² |
| • Circuitos de corriente | 4 mm ² |

Para los cables de mando, señalización y control, así como los de alumbrado y fuerza se emplearán bornas de paso 8 con tornillos de apriete y montaje sobre perfil normalizado, tipo Phoenix o similar.

Para los circuitos de medida de tensión y de intensidad se emplearán bornas de paso 8 seccionables con tornillos de apriete y montaje sobre perfil normalizado, tipo Phoenix o similar.

Los regleteros de bornas se montarán sobre carril DIN y estarán situados a 250 mm del suelo como mínimo. Entre las bornas y las canaletas deberá hacer una distancia mínima de 6 cm. Se dispondrá de un 10 % de bornas de reserva por armario.



3.7. SERVICIOS AUXILIARES

Se incluyen los siguientes equipos de servicios auxiliares:

3.7.1. Armarios de rectificador y baterías de 125 V c.c.

DOS (2) armarios rectificadores con las siguientes características:

| | |
|-------------------------------------|-------------------------|
| Norma aplicable | UNE-EN IEC 62040-1:2019 |
| | IEC 60947-6 |
| Tensión de entrada | 230- 400V |
| Tensión de salida | 125 V c.c. |
| Rizado | 1% |
| Intensidad nominal del rectificador | 60 A c.c. |
| Grado de protección | IP 22 |
| Protección contra corrosión | C2 |
| Color | RAL 7035 |

Cada armario incluirá los siguientes accesorios:

Cuadro de control frontal con lámparas de señalización, y voltímetro y amperímetro de salida analógicos.

Detector de aislamiento a tierra preparado para el funcionamiento en paralelo de ambos rectificadores.

Puerto Ethernet con comunicación Modbus TCP

Contactos de alarma de los siguientes defectos:

- Fallo de aislamiento de tierra
- Máxima y mínima tensión
- Pérdida de alimentación de c.a.
- Defecto del rectificador

Cada armario rectificador irá asociado a un conjunto de baterías con las siguientes características:

| | |
|-------------------------------|-------------------|
| Normativa aplicable | UNE-EN 60623:2017 |
| Baterías | Ni-Cd |
| Tensión de flotación | 1,40-1,42 V |
| Tensión de carga rápida | 1,45-1,50 V |
| Número de elementos | 92 |
| Capacidad nominal de baterías | 240 Ah |

Las baterías irán montadas en bancadas metálicas e instaladas en salas climatizadas y debidamente ventiladas.

3.7.2. Grupo Electrónico

UN (1) grupo electrónico con las siguientes características y accesorios:



| | |
|--|------------------|
| Número de fases | 3F + N |
| Potencia aparente nominal en servicio continuo | 70 KVA |
| Tensión nominal de salida | 400/230 V |
| Frecuencia nominal | 50 Hz |
| Tipo de motor | Diesel 4 tiempos |
| Regulador de velocidad | Mecánico |
| Regulador de tensión | Electrónico |
| Índice de protección | Carrozado |
| Montaje | Exterior |
| Interruptor de protección | Automático |

El grupo podrá funcionar en modo automático o manual, en función del selector del cuadro de servicios auxiliares. Así podrá establecerse un control manual mediante los pulsadores del propio cuadro, o mediante contactos externos de forma automática (desatendida). En este modo de funcionamiento sin intervención humana el grupo deberá arrancar, acoplar la carga y funcionar a pleno rendimiento un mínimo de 24 horas.

El cuadro de control contendrá un conmutador - selector del modo de funcionamiento del grupo, con las siguientes posiciones:

- Desconectado (no podrá ser arrancado).
- Manual (solo podrá maniobrase desde el propio cuadro).
- Remoto / Automático (sólo podrá maniobrase desde el control central).
- Prueba.

Existirá un pulsador de parada de emergencia en el cuadro local de mando.

El carrozado del equipo deberá tener un acabado con pintura de poliuretano de color RAL 7035 y tendrá que disponer de un grado de protección para trabajar en intemperie.

3.7.3. Armarios de servicios auxiliares

3.7.3.1. Alcance

Se instalarán los siguientes armarios de servicios auxiliares, cuyos esquemas unifilares se definirán en fase de proyecto.

Un (1) Cuadro General de C.A., In=400 A e Icc=15 kA, con acometida a tres hilos y neutro desde el transformador de SS.AA. dotada de interruptor tetrapolar de protección de 320 A, medida de tensión de barras local (voltímetro) y remota (convertidor 4-20 mA), y salidas a definir en fase de proyecto, incluyendo al menos un 20% de reservas. Todos los automáticos irán dotados de contactos de posición auxiliares sacados a bornas. El régimen de neutro del sistema de 400 V será TN-S



Un (1) Cuadro General de C.C., $I_n=50$ A e $I_{cc}=6$ kA, con acometida proveniente del armario rectificador de 125 V. Las barras dispondrán de medida de tensión en barras local (voltímetro) y remota (convertidor 4-20 mA), y salidas a definir en fase de proyecto, incluyendo al menos un 20% de reservas. Todos los automáticos irán dotados de contactos de posición auxiliares sacados a bornas. El sistema de 125 V estará aislado de tierra en ambos polos.

3.7.3.2. Características constructivas

Armarios metálicos con estructura de perfiles laminados de 3 mm de espesor y chapa de acero de 1,5 mm de espesor mínimo. Dispondrán de cáncamos de elevación, bancada metálica de 200 mm y anclajes de fijación al suelo.

| | |
|-----------------------------|--|
| Normativa aplicable | UNE-EN IEC 61439-1:2021 UNE-EN IEC 60947-3:2022 |
| Dimensiones: | 800 x 600 x 2000 mm. |
| Protección contra corrosión | C2 |
| Color | RAL 7035. |
| Acceso | Frontal (únicamente) |
| Grado de protección | IP42 |
| Compartimentación | 2B |

La entrada de cables será por la parte inferior de los armarios. Se dispondrán perfiles para el amarre de los cables.

Los armarios llevarán una barra de tierra de cobre electrolítico de 50 mm². Todas las partes metálicas no portadoras de corriente se conectarán a dicha barra.

Los interruptores irán montados de forma que sea posible operarlos manualmente desde el frente del armario.

El frente del armario incluirá un mímico y rótulos exteriores de plástico negro con letras de 6 mm en blanco.

Además, cada armario llevará un rótulo en la parte superior de plástico negro con letras de 30 mm en blanco con la designación del mismo.

El cableado se realizará con conductores de cobre especial para cableado de cuadros con aislamiento PVC para 750 V resistente a la llama. La sección mínima de los circuitos de fuerza y alumbrado será 2,5 mm².

Todo el cableado se hará en el interior de canaletas provistas de tapas desmontables. Se dejará un 20% de espacio de reserva en las canaletas.



Todos los conductores tendrán sus dos extremos identificados y llevarán terminales de compresión. No se admitirán empalmes de cables ni encintados para restaurar el aislamiento.

Los aparatos se montarán sobre carril DIN como mínimo a 250 mm de la base. Entre las bornas y las canaletas deberá hacer una distancia mínima de 6 cm. Se dispondrá de un 10 % de bornas de reserva por armario.

Los armarios de CA estarán provistos de unas bornas para conectar un grupo electrógeno portátil de manera fácil y accesible.

3.7.4. Alumbrado y climatización

El alumbrado del parque de intemperie y del cuadro del transformador se realizará con proyectores orientables equipados con lámparas de vapor de sodio de alta presión, montados sobre estructura soporte.

El alumbrado de viales y de la entrada se realizará mediante luminarias montadas sobre báculos de 3 m de altura. El encendido de este alumbrado se controla manual o automáticamente por medio de célula fotoeléctrica o interruptor horario a elección.

En el edificio de control se dispondrá de alumbrado normal y de alumbrado de emergencia tipo LED. Se realizará el estudio de alumbrado interior correspondiente.

En la sala eléctrica se dispondrá de ventilación forzada. En la sala de control se dispondrá de calefacción y aire acondicionado. En ambos casos se realizará el estudio de ventilación y climatización correspondiente.

3.7.5. Sistemas de seguridad

3.7.5.1. Centralita de alarmas

El edificio de la subestación se equipará con:

- Detectores de movimiento en cada habitación
- Detectores magnéticos de apertura en puertas y ventanas
- Pulsadores manuales de alarma de incendios
- Detectores ópticos e iónicos de humo según proyecto para alarma de incendios

Toda la instalación de seguridad se instalará bajo tubo de acero cincado.



Se instalará una centralita de alarma integrada contra incendios y contra intrusismo con las siguientes características básicas:

- Dispondrá de batería de alimentación independiente
- Interfaz telefónico para transmisión a central receptora
- Posibilidad de comunicación con Unidad de Control de Subestación
- Permitirá alarmas separadas de incendios y de intrusos, con un mínimo de 12 particiones.

3.7.5.2. Panoplia de riesgo eléctrico

UN (1) paneles de riesgo eléctrico con los siguientes elementos:

Banqueta y guantes aislantes de 36 kV

Pértiga de salvamento con unidad detectora de tensión hasta 36 kV

Placa de instrucciones de primeros auxilios

DOS (2) esquemas unifilares de la instalación enmarcados, uno por sala

Un (1) panel soporte de palancas y llaves de la subestación, anillados e identificados según corresponde.

Placas de aviso de riesgo eléctrico en puertas del edificio y en el vallado perimetral

3.7.5.3. Sistema contra incendios

El sistema contra incendios se definirá en fase de proyecto.

Se prevé la instalación de un conjunto de extintores de CO₂ y de polvo ABC según necesidad.



4. CÁLCULOS

4.1. Intensidad nominal

Para los diferentes niveles de tensión, se procede a calcular la corriente nominal de cada uno de los circuitos:

$$S = \sqrt{3} * I * V$$

Siendo:

S , la potencia nominal del transformador en VA

I , la intensidad en A

V , la tensión nominal del lado de alta del transformador en V

- Nivel de 220 kV:

La intensidad nominal del primario del transformador es:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} * V} = \frac{280 * 10^6}{\sqrt{3} * 220 * 10^3} = 734,81 \text{ A}$$

- Nivel de 30 kV:

La intensidad nominal del secundario del transformador es:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} * V} = \frac{140 * 10^6}{\sqrt{3} * 30 * 10^3} = 2.694,30 \text{ A}$$

La intensidad nominal en las celdas es:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} * V} = \frac{15 * 10^6}{\sqrt{3} * 30 * 10^3} = 288,68 \text{ A}$$

La aparamenta de la subestación deberá estar diseñada para intensidades nominales superiores a las calculadas.



4.2. Distancias mínimas

El vigente "Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión" en la instrucción técnica complementaria ITC-RAT 12, especifica las normas a seguir para la fijación de las distancias mínimas a puntos en tensión.

Los valores de las distancias indicadas en las tablas de la Instrucción Técnica Complementaria anteriormente citada son solamente válidos para altitudes no superiores a 1.000 metros, siendo este el caso para la subestación objeto de este proyecto.

Estas distancias mínimas a los puntos en tensión son:

4.2.1. Parque de 220 kV

De acuerdo con todos los cálculos posteriores, se establecen las siguientes distancias:

| | |
|--|--------|
| Altura de embarrado principal | 10,8 m |
| Altura de embarrado de interconexión de aparatos | 6 m |
| Altura a zócalo de aparatos | 2,3 m |
| Anchura de calle | 13,5m |
| Entre ejes de conductores tendidos | 3,5 m |
| Entre ejes de aparellaje | 3,5 m |
| Altura libre de paso en los viales | 10 m |

Como se puede observar todas las distancias de seguridad igualan o superan las prescripciones del ITC-RAT 12.

- Distancias en pasillos de servicio:

Este nivel de tensión corresponde al nivel de aislamiento nominales para materiales del Grupo B.

Tabla distancias mínimas a puntos de tensión 220 kV, ITC RAT-12, tabla 2:

| | |
|---|------|
| Tensión nominal (kV) | 220 |
| Tensión más elevada para el material (Um) (kV eficaces) | 245 |
| Tensión soportada nominal a frecuencia industrial (kV eficaces) | 460 |
| Tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo (kV de cresta) | 1050 |
| Distancia mínima de aislamiento en aire fase a tierra (mm) | 2100 |
| Distancia mínima de aislamiento en aire entre fases | 2100 |



(mm)

Atendiendo a la instrucción ITC-RAT 15, apartado 4.1.2 los elementos en tensión no protegidos que se encuentran sobre los pasillos, deberán estar a una altura mínima " H " sobre el suelo, medida en centímetros, igual a:

$$H = 250 + d$$

Siendo " d " la distancia expresada en centímetros de la tabla 2 de la ITC-RAT-12, dadas en función de la tensión soportada nominal a impulsos tipo rayo adoptada por la instalación. En el caso que aplica es 210 cm.

Por lo tanto, la altura mínima H de los elementos en tensión respecto al suelo es de:

$$H = 250 + 210 = 460 \text{ cm.}$$

Según la instrucción ITC-RAT 15, apartado 4.1.3, en las zonas donde se prevea el paso de aparatos o máquinas deberá mantenerse una distancia mínima entre los elementos en tensión y el punto más alto de aquellos no inferior a:

$$T = d + 10$$

con un mínimo de 50 cm. Se señalará la altura máxima permitida para el paso de los aparatos o máquinas.

En el caso que aplica " d " es 210 cm. Por lo tanto:

$$T = 210 + 10 = 220 \text{ cm}$$

En cualquier caso, los pasillos de servicio estarán libres de todo obstáculo hasta una altura de 250 cm sobre el suelo, según ITC-RAT 15, apartado 4.1.4.

En las zonas accesibles, la parte más baja de cualquier elemento aislante, por ejemplo, el borde superior de la base metálica de los aisladores estará situado a la altura mínima sobre el suelo de 230 cm según ITC-RAT 15, apartado 4.1.5 (ver figuras 2, 3 y 4). En el caso en que dicha altura sea menor de 230 cm será necesario establecer sistemas de protección, tal como se indica en ITC-RAT 15, apartado 4.2 (ver figuras 1 y 5).

- Distancias en zonas de protección contra contactos accidentales en el interior del recinto de la instalación:

Los sistemas de protección que deban establecerse guardarán unas distancias mínimas medidas en horizontal a los elementos en tensión que se respetarán en toda zona comprendida entre el suelo y una altura de 200 cm que, según el sistema de protección elegido y expresadas en centímetros, serán:



1º De los elementos en tensión a paredes macizas de 180 cm de altura mínima:

$$B = d + 3$$

2º De los elementos en tensión a enrejados de 180 cm de altura mínima:

$$C = d + 10$$

3º De los elementos en tensión a cierres de cualquier tipo (paredes macizas, enrejados, barreras, etc.) con una altura que en ningún caso podrá ser inferior a 100 cm:

$$E = d + 30, \text{ con un mínimo de } 125 \text{ cm.}$$

4º Para barreras no rígidas y enrejados los valores de las distancias de seguridad en el aire deben incrementarse para tener en cuenta cualquier posible desplazamiento de la barrera o enrejado.

Siendo "d" la distancia expresada en centímetros de la tabla 2 de la ITC-RAT 12, dadas en función de la tensión soportada nominal a impulsos tipo rayo adoptada por la instalación. En el caso que aplica "d" es 210 cm. Por lo tanto:

$$B = 210 + 3 = 213 \text{ cm}$$

$$C = 210 + 10 = 220 \text{ cm}$$

$$E = 210 + 30 = 240 \text{ cm}$$

La cuadrícula del enrejado, cuando la hubiere, será como máximo de 50 x 50 mm. Para la aplicación de estos valores se tendrá en cuenta lo indicado en el apartado 6.2.2 de la ITC-RAT 14.

- Distancias en zonas de protección contra contactos accidentales desde el exterior del recinto de la instalación.

Para evitar los contactos accidentales desde el exterior del cierre del recinto de la instalación con los elementos en tensión, deberán existir entre éstos y el cierre las distancias mínimas de seguridad, medidas en horizontal y en centímetros, de los elementos en tensión al cierre cuando éste es un enrejado de cualquier altura $k \geq 220 \text{ cm}$.

$$G = d + 150$$

Siendo "d" la distancia expresada en centímetros de la tabla 2 de la ITC-RAT 12, dadas en función de la tensión soportada nominal a impulsos tipo rayo adoptada por la instalación.



En el caso que aplica "d" es 210 cm. Por lo tanto:

$$G = 210 + 150 = 360 \text{ cm}$$

La cuadrícula del enrejado será como máximo de 50 x 50 mm.



4.2.2. Parque de 30 kV

De acuerdo con todos los cálculos posteriores, se establecen las siguientes distancias:

| | |
|------------------------------------|-------|
| Altura de embarrado principal | 4,0 m |
| Altura a zócalo de aparatos | 2,3 m |
| Entre ejes de conductores tendidos | 0,6 m |
| Entre ejes de aparellaje | 2,5 m |

Como se puede observar todas las distancias de seguridad igualan o superan las prescripciones del ITC-RAT 12.

Distancias en pasillos de servicio:

Este nivel de tensión corresponde al nivel de aislamiento nominales para materiales del Grupo A.

Tabla distancias mínimas a puntos de tensión 30 kV, ITC RAT-12, tabla 1:

| | |
|--|-----|
| Tensión nominal (kV) | 30 |
| Tensión más elevada para el material (Um) (kV eficaces) | 36 |
| Tensión soportada nominal a frecuencia industrial (kV eficaces) | 70 |
| Tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo (kV de cresta) | 170 |
| Distancia mínima de aislamiento en aire fase a tierra (mm), instalación en interior o exterior | 320 |
| Distancia mínima de aislamiento en aire entre fases (mm), instalación en interior o exterior | 320 |

Atendiendo a la instrucción ITC-RAT 15, apartado 4.1.2 los elementos en tensión no protegidos que se encuentran sobre los pasillos, deberán estar a una altura mínima "H" sobre el suelo, medida en centímetros, igual a:

$$H = 250 + d$$

Siendo "d" la distancia expresada en centímetros de la tabla 1 de la ITC-RAT-12, dadas en función de la tensión soportada nominal a impulsos tipo rayo adoptada por la instalación. En el caso que aplica es 32 cm.

Por lo tanto, la altura mínima H de los elementos en tensión respecto al suelo es de:

$$H=250+32= 282 \text{ cm.}$$



La altura mínima al zócalo de los aparatos de acuerdo a la misma norma es de 230 cm, y la Según la instrucción ITC-RAT 15, apartado 4.1.3, en las zonas donde se prevea el paso de aparatos o máquinas deberá mantenerse una distancia mínima entre los elementos en tensión y el punto más alto de aquellos no inferior a:

$$T = d + 10$$

con un mínimo de 50 cm. Se señalizará la altura máxima permitida para el paso de los aparatos o máquinas.

En el caso que aplica "d" es 32 cm. Por lo tanto:

$$T = 32 + 10 = 42 \text{ cm}$$

En cualquier caso, los pasillos de servicio estarán libres de todo obstáculo hasta una altura de 250 cm sobre el suelo, según ITC-RAT 15, apartado 4.1.4.

En las zonas accesibles, la parte más baja de cualquier elemento aislante, por ejemplo, el borde superior de la base metálica de los aisladores estará situado a la altura mínima sobre el suelo de 230 cm según ITC-RAT 15, apartado 4.1.5 (ver figuras 2, 3 y 4). En el caso en que dicha altura sea menor de 230 cm será necesario establecer sistemas de protección, tal como se indica en ITC-RAT 15, apartado 4.2 (ver figuras 1 y 5).

Distancias en zonas de protección contra contactos accidentales en el interior del recinto de la instalación:

Los sistemas de protección que deban establecerse guardarán unas distancias mínimas medidas en horizontal a los elementos en tensión que se respetarán en toda zona comprendida entre el suelo y una altura de 200 cm que, según el sistema de protección elegido y expresadas en centímetros, serán:

1º De los elementos en tensión a paredes macizas de 180 cm de altura mínima:

$$B = d + 3$$

2º De los elementos en tensión a enrejados de 180 cm de altura mínima:

$$C = d + 10$$

3º De los elementos en tensión a cierres de cualquier tipo (paredes macizas, enrejados, barreras, etc.) con una altura que en ningún caso podrá ser inferior a 100 cm:



$$E = d + 30, \text{ con un mínimo de } 125 \text{ cm.}$$

4º Para barreras no rígidas y enrejados los valores de las distancias de seguridad en el aire deben incrementarse para tener en cuenta cualquier posible desplazamiento de la barrera o enrejado.

Siendo "d" la distancia expresada en centímetros de la tabla 2 de la ITC-RAT 12, dadas en función de la tensión soportada nominal a impulsos tipo rayo adoptada por la instalación. En el caso que aplica "d" es 32 cm. Por lo tanto:

$$B = 32 + 3 = 35 \text{ cm}$$

$$C = 32 + 10 = 42 \text{ cm}$$

$$E = 32 + 30 = 62 \text{ cm}$$



4.3. Red de tierras inferiores

4.3.1. Normativa aplicable

Los cálculos realizados a continuación cumplen y se basan en:

- La normativa vigente en España: RD 337/2014 ITC-RAT 13
- La guía: IEEE STANDARD 80-2000 IEEE. Guide for Safety in Substation Grounding.

4.3.2. Datos de partida

4.3.2.1. Intensidad de falta a tierra:

En base al Informe Anual de la Corriente de Cortocircuito en la red de transporte del Sistema Eléctrico Peninsular en el año 2020 de REE, tomamos la intensidad de cortocircuito más alta de los distintos niveles de tensión presentes en la subestación.

Esta intensidad de falta es de:

$$I_F = 23.600 \text{ A}$$

A efectos del cálculo de las tensiones de paso y contacto admisibles, consideramos que la falta durará:

$$t_F = 0,5 \text{ segundo}$$

Este valor está del lado de la seguridad ya que el sistema de protecciones de la subestación despejará la falta en menos de este tiempo.

4.3.2.2. Datos del terreno y de la capa de grava

En base a las medidas realizadas, el terreno se ha modelado como un terreno monocapa de resistividad:

$$\rho = 200 \Omega\text{m.}$$

Para mejorar la seguridad la parcela se terminará con una capa de grava uniforme de:

- $h_s = 0,15 \text{ m}$ de espesor
- Resistividad superficial de $\rho_s = 3.500 \Omega\text{m}$

4.3.2.3. Sección mínima del conductor



Con el fin de estandarizar el diseño de las líneas de puesta a tierra y sólo a efectos del cálculo de su sección consideraremos $I_F = 40$ kA superior a la que tiene la subestación.

La ITC-RAT 13-3.1, para las líneas de puesta a tierra de Cu establece que no podrá superarse 160 A/mm^2 de densidad de corriente para no superar los 200°C con una duración de la falta de 1 s.

Teniendo en cuenta que en todos los puntos de la malla hay al menos dos caminos para conducir los 40 kA podemos reducir a la mitad los 40 kA. Con la densidad de corriente indicada anteriormente tendríamos una sección de la línea de tierra de:

$$S = 125 \text{ mm}^2 = \frac{40000/2}{160}$$

La ITC-RAT 13-3.1 establece que puede dividirse esta sección por 1,2 cuando como es el caso no hay riesgo de incendio, por lo que la sección mínima de la línea de tierra es:

$$S = \frac{125}{1,2} = 104,17 \text{ mm}^2$$

No obstante, por seguridad elegimos una **sección 120 mm² para las líneas de tierra** que también supera los 50 mm^2 fijados como mínimo para el Cu en ITC-RAT-3.4b.

4.3.2.4. Diseño de la red de puesta a tierra

Como puede comprobarse en el plano de la red de puesta a tierra, las líneas de tierra formarán una retícula aproximada de 3×3 m enterrada a $h = 0,6$ m por debajo del nivel de terreno explanado. Las conexiones entre líneas de tierra se realizarán con soldadura aluminotérmica de alto poder de fusión.

A 1m por el exterior de la valla se enterrará una línea de tierra conectada a la malla para evitar que puedan aparecer tensiones de contacto peligrosas al tocar la valla metálica por el exterior. La valla estará conectada a la malla de tierra cada 10 m.

Las dimensiones de la malla de tierra serán las siguientes:

- $L_x = 67 \text{ m}$ $L_y = 48,1 \text{ m}$
- Área: $A = L_x \cdot L_y = 3.223 \text{ m}^2$
- Perímetro: $L_P = 230 \text{ m}$
- Longitud de líneas de tierra: $L_C = 2.315 \text{ m}$



4.3.3. Tensiones de paso y contacto admisibles

Según la instrucción ITC-RAT-13-tabla 1, para una duración del defecto de 0.5 s, la **tensión admisible máxima de contacto aplicada** puede ser:

$$U_{ca} = 204 \text{ V}$$

Según esta misma instrucción, la **tensión admisible máxima de paso aplicada** puede ser: $U_{pa} = 2.040 \text{ V} = 10 \cdot U_{ca}$

Según la misma ITC-RAT-13, a partir de estos valores de tensión aplicada pueden calcularse en la subestación las tensiones admisibles de contacto (U_c) y de paso (U_p) en base a las siguientes fórmulas:

$$U_c = U_{ca} \left[1 + \frac{R_{a1} + R_{a2}}{2 Z_B} \right] = U_{ca} \left[1 + \frac{\frac{R_{a1}}{2} + 1,5 \rho_s}{1000} \right] \quad (1)$$

$$U_p = U_{pa} \left[1 + \frac{2 R_{a1} + 2 R_{a2}}{Z_B} \right] = 10 U_{ca} \left[1 + \frac{2 R_{a1} + 6 \rho_s}{1000} \right] \quad (2)$$

- Z_B Impedancia del cuerpo humano. Se considerará un valor de 1000Ω
- R_{a1} Es la resistencia equivalente del calzado de un pie cuya suela sea aislante. Se puede emplear como valor 2000Ω
- R_{a2} Resistencia a tierra del punto de contacto con el terreno de un pie.

$R_{a2} = 3 \rho_s$, donde ρ_s es la resistividad superficial aparente del terreno

La resistividad superficial aparente del terreno (ρ_s) se calcula aplicando el coeficiente reductor (C_s) a la resistividad de la capa de grava según la siguiente fórmula:

$$\rho_s = C_s \rho^*$$

$$C_s = 1 - 0,106 \cdot \left(\frac{1 - \frac{\rho}{\rho^*}}{2 h_s + 0,106} \right) \quad (3)$$

Siendo:



- Espesor de la capa superficial de grava: $h_s = 0,15 \text{ m}$
- Resistividad de la capa superficial: $\rho' = 3.500 \text{ } \Omega\text{m}$
- Resistividad del terreno natural: $\rho = 200 \text{ } \Omega\text{m}$

Todas las partes metálicas no activas de la subestación estarán conectadas a la red de tierra, por lo que podemos considerar una $\rho_s > 0$.

Aplicando las fórmulas anteriores para la subestación podemos calcular:

- Tensión admisible de contacto: $U_c (1) = 1.215 \text{ V}$
- Tensión admisible de paso: $U_p (2) = 42.494 \text{ V}$

Aplicando la metodología IEEE 80/2000 obtenemos las siguientes tensiones:

- Tensión admisible de contacto: $U_c (1) = 1.356 \text{ V}$
- Tensión admisible de paso: $U_p (2) = 4.092 \text{ V}$

4.3.4. Resistencia de la malla

Para el cálculo de la resistencia de puesta a tierra de la malla (R_g) utilizamos la siguiente fórmula de la IEEE 80/2000 (fórmula de Sverak):

$$R_g = \rho * \left(\frac{1}{LM} + \frac{1}{\sqrt{20 * A}} * \left(1 + \frac{1}{1 + h * \sqrt{\frac{20}{A}}} \right) \right)$$

donde:

- R_g = resistencia de la malla en Ω
- ρ = resistividad del terreno natural en Ωm
- $LM=L_C$ = longitud de conductor de malla en m
- A = área cubierta por la red en m^2
- h = profundidad del enterramiento en m

Para los valores de esta subestación el resultado de la fórmula anterior es:

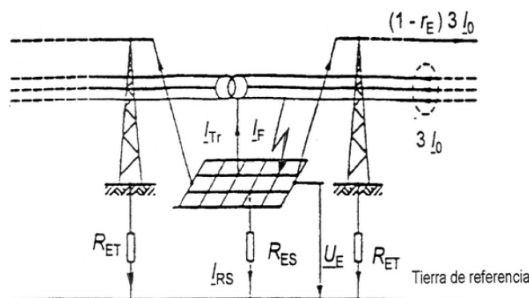
$$R_g = 1,63 \text{ } \Omega$$

4.3.5. Cálculo de la corriente de malla

ITC-RAT 13-5 permite considerar que parte de la corriente de falta se disipa por el cable de tierra de las líneas aéreas de AT y de las pantallas de los



cables que van a los parques fotovoltaicos, dejando sólo parte como corriente de puesta a tierra por el electrodo de la subestación (I_{RS}).



Empleamos la metodología de la IEEE80-2013 para calcular el factor divisor S_f para calcular $I_{RS} = S_f \cdot I_F$.

Este factor S_f depende de la resistencia de la malla de la subestación, de las impedancias de puesta a tierra y del número de líneas de AT y de MT que salen de la subestación.

$$S_f = 40 \%$$

con lo que la corriente disipada por la red de tierra de la subestación es:

$$I_{RS} = 9.424 \text{ A} = S_f \cdot I_F$$

El sistema de 30 kV tiene la intensidad de falta a tierra limitada por las reactancias de puesta a tierra de los transformadores limitada a 300 A, valor muy inferior al de AT por lo que generará menores tensiones de paso y contacto.

4.3.6. Tensiones de paso y contacto calculadas

Para calcular los valores de tensiones de paso y contacto que pueden aparecer en la malla de tierra cuando disipa la intensidad I_{RS} calculada en el punto anterior, utilizamos las fórmulas propuestas en IEEE80-2013:

$$E_m = \rho K_m K_i I_G / L \quad (\text{Eq 66})$$

and

$$E_s = \rho K_s K_i I_G / L \quad (\text{Eq 67})$$

Las fórmulas anteriores de las tensiones de paso y de contacto utilizan los siguientes factores:



$$n = n_a \cdot n_b \cdot n_c \cdot n_d$$

$$n_a = \frac{2 \cdot L_c}{L_p} \quad n_c = \left[\frac{L_x \cdot L_y}{A} \right]^{\frac{0,7 \cdot A}{L_x \cdot L_y}}$$

$$n_b = \sqrt{\frac{L_p}{4 \cdot \sqrt{A}}} \quad n_d = \frac{D_m}{\sqrt{L_x^2 + L_y^2}}$$

$$K_h = \sqrt{1 + h}$$

$$K_i = 0,644 + 0,148 \cdot n$$

$$K_{ii} = \frac{1}{(2n)^{\frac{2}{n}}}$$

$$K_m = \frac{1}{2\pi} \left[\ln \left(\frac{D^2}{16h \cdot d} + \frac{(D + 2h)^2}{8D + d} - \frac{h}{4d} \right) + \frac{K_{ii}}{K_h} \ln \left(\frac{8}{\pi(2n - 1)} \right) \right]$$

$$K_s = \frac{1}{\pi} \left[\frac{1}{2h} + \frac{1}{D + h} + \frac{1}{D} (1 - 0,5^{n-2}) \right]$$

Que utilizan los siguientes datos:

- ρ Resistividad del terreno natural
- D Espaciado medio entre conductores
- h Profundidad del conductor enterrado
- d Diámetro del conductor
- L Longitud del conductor enterrado (incluye picas)
- L_c Longitud de conductor de malla (sin picas)
- L_p Longitud de perímetro de malla
- L_x Longitud de malla en dirección x
- L_y Longitud de malla en dirección y
- D_m Distancia máxima entre dos puntos de la malla
- $I_G = I_{RS}$ Intensidad disipada por la red de tierra de la subestación
- $E_m = E_c$ Tensión de contacto calculada
- $E_s = E_p$ Tensión de paso calculada

Las tensiones de contacto y de paso y calculadas son obtenidas como un producto de factores geométricos (K_m y K_s respectivamente), de un factor (K_i) que tiene en cuenta el incremento de la densidad de corriente en los extremos de la red, la resistividad del terreno natural (ρ) y la densidad de corriente media por unidad de longitud (I_G/L).

En base a estos resultados podemos comprobar que las tensiones de paso y contactos calculadas son menores que las admisibles:



| PASO | Calculada | Admisible | |
|------------------------|-----------|-----------|--------|
| Ep (V) s/ IEEE-80-2000 | 1.817 | 4.092 | CUMPLE |
| Ep (V) s/ ITC-RAT 13 | 1.461 | 42.494 | CUMPLE |
| | | | |
| CONTACTO | | | |
| Ec (V) s/ IEEE-80-2000 | 1.248 | 1.356 | CUMPLE |
| Ec (V) s/ ITC-RAT 13 | 1.004 | 1.215 | CUMPLE |

4.3.7. Conclusiones

La malla de puesta a tierra diseñada cumple los criterios de protección definidos por el ITC-RAT 13 y la IEEE GUIDE FOR SAFETY IN AC SUBSTATION GROUNDING, edición 2013 en todos los aspectos:

1. Dimensionamiento del conductor
2. Seguridad frente a contactos tanto interiores como exteriores en presencia de cortocircuito
3. Seguridad frente a tensiones de paso en el exterior de la subestación sobre terreno natural



5. ORGANISMOS AFECTADOS:

Llevado a cabo el correspondiente análisis, la relación de Administraciones públicas, organismos, empresas de servicio público o de servicios de interés general con bienes o servicios a su cargo que pudieran verse afectadas por la instalación objeto del presente proyecto es la siguiente:

- Ayuntamiento de Paracuellos de Jarama
- Confederación hidrográfica del Tajo
- AESA



6. NORMATIVA DE APLICACIÓN

Se aplicarán las normas citadas en los documentos que conforman el presente proyecto. Asimismo, se tendrán en cuenta las actualizaciones posteriores a las normas citadas en el presente proyecto.

6.1. Normativa del sector eléctrico

- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico que tiene por objeto establecer la regulación del sector eléctrico con la finalidad de garantizar el suministro de energía eléctrica, y de adecuarlo a las necesidades de los consumidores en términos de seguridad, calidad, eficiencia, objetividad, transparencia y al mínimo coste.
- 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.
- Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.
- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.
- Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.
- Orden TEC/1281/2019 del 19 de diciembre con las Instrucciones técnicas complementarias al Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.
- Real Decreto 1075/1986, de 2 de mayo, por el que se establecen normas sobre las condiciones de los suministros de energía eléctrica y la calidad de este servicio, publicado en BOE número 135 de 6 de junio de 1986.
- Real Decreto 542/2020, de 26 de mayo, por el que se modifican y derogan diferentes disposiciones en materia de calidad y seguridad industrial, declarando de obligado cumplimiento las especificaciones técnicas de los cables conductores desnudos de aluminio-acero, aluminio homogéneo y aluminio comprimido.
- Real Decreto 187/2016, de 6 de mayo, por el que se regulan las exigencias de seguridad del material eléctrico destinado a ser utilizado en determinados límites de tensión.
- Real Decreto 223/2008 de 15 de febrero por el que se aprueba el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias.



- Real Decreto 1066/2001, de 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.
- Reglamento Electrotécnico de baja tensión aprobado por Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto, publicado en BOE N.º 224 de 18 de septiembre de 2003.
- Instrucciones Complementarias del Reglamento Electrotécnico para baja tensión.
- Guía Técnica de Aplicación del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, editada por el Ministerio de Ciencia y Tecnología.

6.2. Normativa de seguridad y salud

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Ley 50/1998. Modificación de la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales.
- Ley 54/2003, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención y su modificación en el Real Decreto 604/2006, de 19 de mayo 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 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- 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 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo, publicado en BOE número 97 de 23 de abril de 1997.
- 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, publicado en BOE número 188 de 7 de agosto de 1997.
- Real Decreto 773/1997. Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud relativas a la utilización por los trabajadores de Equipos de Protección Individual.
- Demás disposiciones oficiales relativas a la Seguridad, Higiene y Medicina del Trabajo, que puedan afectar a los trabajos que se realicen en la obra.



6.3. Normativa de obra civil

- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Real Decreto 470/2021, de 29 de junio, por el que se aprueba el Código Estructural
- Real Decreto 256/2016, de 10 de junio, por el que se aprueba la Instrucción para la recepción de cementos (RC-16)
- Orden Circular 15/2003 sobre señalización de los tramos afectados por la puesta en servicio de las obras. -Remates de obras.
- 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, normativa de carreteras, enero de 1967
- Orden FOM/273/2016, de 19 de febrero, por la que se aprueba la Norma 3.1-IC de Trazado, de la Instrucción de Carreteras.
- Orden FOM/3460/2003, de 28 de noviembre, por la que se aprueba la Norma 6.1-IC de Secciones de firme, de la Instrucción de Carreteras.
- Orden FOM298/2016, de 15 de febrero, por la que se aprueba la Norma 5.2-IC de Drenaje superficial, de la Instrucción de Carreteras.
- Orden FOM/534/2014, de 20 de marzo, por la que se aprueba la Norma 8.1-IC de Señalización Vertical, de la Instrucción de Carreteras.
- Orden, de 16 de julio de 1987, por la que se aprueba la Norma 8.2-IC de Marcas Viales, de la Instrucción de Carreteras.
- Orden Ministerial de 31 de agosto de 1987, por la que se aprueba la Instrucción 8.3-IC sobre Señalización, Balizamiento, Defensa, Limpieza y Terminación de Obras Fijas en Vías fuera de poblado.
- Manual de Ejemplos de Señalización de Obras Fijas de la DGC del Ministerio de Fomento.
- Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de carretera y puentes de la Dirección General de Carreteras (PG-3). Aprobada por Orden Ministerial de 6 de febrero de 1976.

6.4. Otras normativas

- Ordenanzas Municipales del Ayuntamiento.



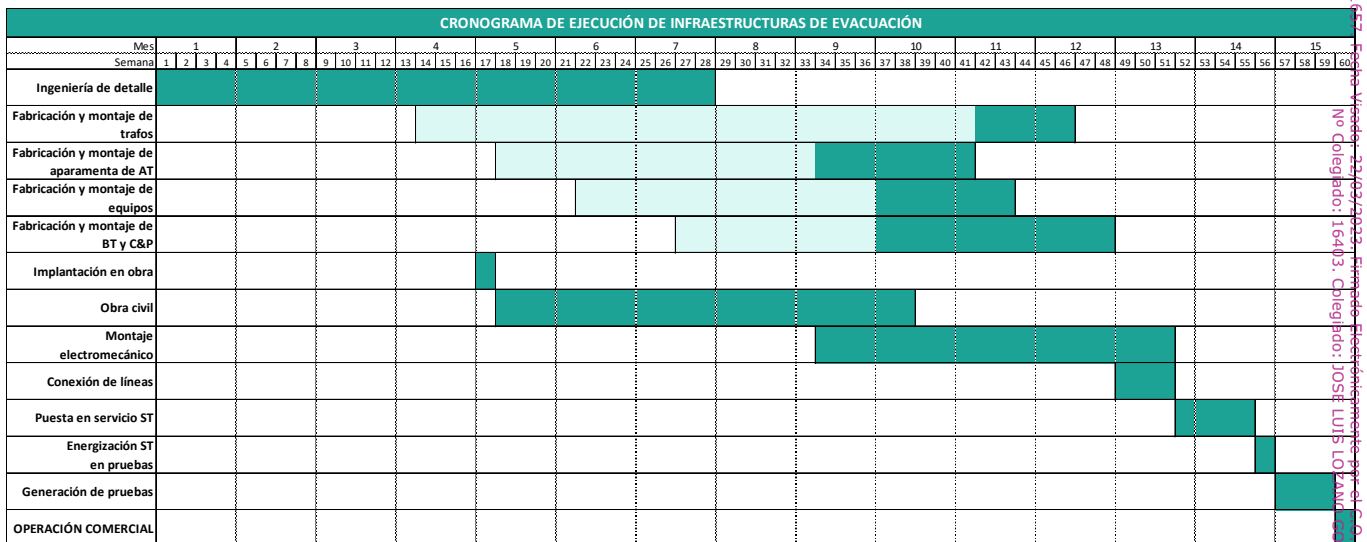
7. PLANIFICACIÓN

Se estima una duración total de los trabajos de QUINCE (15) meses equivalentes a 60 semanas.

La fecha prevista de los principales hitos del proyecto es la siguiente:

- Inicio de construcción: Semana 18
- Finalización de la instalación de equipos: Semana 48
- Primera energización: Semana 56
- Primer vertido a red: Semana 57
- Puesta en operación comercial: Semana 60

Cronograma detallado:





8. ESTUDIO DE CAMPOS MAGNÉTICOS

La subestación estará diseñada según el Reglamento de Instalaciones de Alta tensión en virtud de lo establecido en el real decreto 337/2014, de 9 de mayo, como indica el ITC-RAT 15 apartado 3.15 "Limitación de los campos magnéticos en la proximidad de instalaciones de alta tensión" para que no se supere el valor establecido en el real decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, por el que se aprueba el reglamento que establece las condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas.

El Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre establece unos límites de exposición máximos que se deberán cumplir en las zonas en las que puedan permanecer habitualmente las personas.

Según dicho Real Decreto, el campo magnético deberá ser:

- Inferior a 100 μT para el público en general
- Inferior a 500 μT para los trabajadores (medido a 200 mm de la zona de operación)

La comprobación de que no se superan dichos valores se realizará mediante los cálculos para el diseño correspondiente, antes de la puesta en marcha de las instalaciones que se ejecuten siguiendo el citado diseño.

Asimismo, con objeto de verificar que en la proximidad de las instalaciones de alta tensión no se sobrepasen los límites máximos admisibles, la Administración podrá requerir al titular de la instalación que se realicen las medidas de campos magnéticos por organismos de control habilitados. Las medidas deben realizarse en condiciones de funcionamiento con carga, y referirse a los valores máximos previstos de corriente.

El campo magnético producido por un conductor rectilíneo en un punto determinado vendrá dado por la ley de Biot-Savart:

$$B = \frac{\mu_o * I * 10^6}{2 * \pi * r}$$

Siendo,

B Campo magnético producido en microTesla (μT)

μ_o Permeabilidad del medio, su valor es de $4 \pi 10^{-7} \text{ T}\cdot\text{m/A}$

I Corriente eléctrica de la línea de transmisión, en Amperios (A)

r Distancia del conductor al punto de medida, en metros (m)

El campo magnético producido por un conductor es proporcional a la intensidad e inversamente proporcional a la distancia del conductor al punto de medida. Por lo tanto, la primera medida para reducir el campo magnético



en las proximidades de la subestación es el alejamiento de los conductores desnudos de mayor intensidad de los límites de dicha subestación.

Por otra parte, dado que en corriente alterna trifásica equilibrada la suma de la corriente de las tres fases es siempre cero, así también el campo magnético producido por las tres fases se anula entre sí en un punto de medida suficientemente alejado. Por lo tanto, para minimizar la generación de campos magnéticos por los cables subterráneos es recomendable la disposición en triángulo de los mismos formando ternas.

Aplicando la ley de Biot-Savart y utilizando el programa PYTHON, se ha realizado un cálculo del campo magnético en el interior de la subestación (a 1 m de altura), cuyo resultado puede verse en el plano ARR2-AVE-IGI-PLN-1030 que se presenta en el apartado de planos.

De dicho cálculo, se comprueba que el valor del campo magnético en los cuatro lados del perímetro de la subestación es muy inferior al límite establecido de 100 μ T, debido fundamentalmente a las grandes distancias de seguridad observadas.



ANEXO.1 RBDA

| SUBESTACIÓN ARROYO DE LA VEGA | | | | | | |
|-------------------------------|----------|---------|--------------------------|-----------|--------------------|--------------|
| DATOS PARCELA | | | | | SET | |
| TERMINO MUNICIPAL | POLÍGONO | PARCELA | REF. CATASTRAL | ÁREA (M²) | SUP. AFECTADA (M²) | ACCESOS (M²) |
| PARACUELLOS DE JARAMA | 14 | 4 | 28104A01400 0040000UJ | 165.077 | 3.512,12 | 361,99 |

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202301657. Fecha Visado: 22/03/2023. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: <https://www.colim.es/Verificacion>. Cod.Ver: 70781577. Nº Colegiado: 16403. Colegiado: JOSE LUIS LOZANO GOMEZ

LAAT 220kV ARROYO DE LA VEGA RENOVABLES - ARROYO DE LA VEGA REE



PROYECTO OFICIAL DE EJECUCIÓN

L/220 kV ARROYO DE LA VEGA RENOVABLES - ARROYO DE LA VEGA REE

Términos Municipales de Paracuellos de Jarama, San Sebastián de
los Reyes y Alcobendas
(Provincia de Madrid)



VISADO: 0267/23 - Fecha: 20/4/2023
Documento sellado con firma electrónica

DOCUMENTO Nº1: MEMORIA

ANEXO Nº1: CÁLCULOS

ANEXO Nº2: FICHA TÉCNICA DEL CABLE

ANEXO Nº3: CÁLCULOS DETALLADOS SUBTERRÁNEO

DOCUMENTO Nº2: PLIEGO DE CONDICIONES

DOCUMENTO Nº3: PRESUPUESTO

DOCUMENTO Nº4: PLANOS

DOCUMENTO Nº5: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

DOCUMENTO Nº6: RELACIÓN DE BIENES Y DERECHOS AFECTADOS

DOCUMENTO Nº7: ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS

DOCUMENTO Nº8: PROYECTO DE DESMANTELAMIENTO

DOCUMENTO Nº9: PROYECTO DE ESTACIÓN DE MEDIDA FISCAL

DOCUMENTO Nº1: MEMORIA

ÍNDICE

| | | |
|------------|---|-----------|
| 1. | Antecedentes y Finalidad | 3 |
| 2. | Objeto | 3 |
| 3. | Normativa Aplicable | 4 |
| 3.1. | Normativa del Sector Eléctrico..... | 4 |
| 3.2. | Normativa Ambiental..... | 4 |
| 4. | Titular de la Instalación | 5 |
| 5. | Descripción del Trazado | 6 |
| 5.1. | Descripción del Trazado Aéreo de la Línea | 6 |
| 5.2. | Descripción del Trazado Subterráneo de la Línea..... | 7 |
| 6. | Características de la Línea | 10 |
| 6.1. | Características Generales de la Línea Aérea | 10 |
| 6.2. | Características de los Materiales del Tramo Aéreo | 11 |
| 6.3. | Características Generales de la Línea Subterránea..... | 18 |
| 6.4. | Características de los Materiales del Tramo Subterráneo | 18 |
| 7. | Cronograma de Ejecución..... | 26 |
| 8. | Cruzamientos..... | 28 |
| 8.1. | Normas Aplicables a líneas aéreas..... | 28 |
| 8.2. | Normas Aplicables a líneas subterráneas | 32 |
| 8.3. | Resumen de Distancias | 39 |
| 8.4. | Relación de Cruzamientos, Paralelismos y Organismos Afectados | 40 |
| 9. | Organismos Afectados | 42 |
| 10. | Conclusión..... | 42 |

1. ANTECEDENTES Y FINALIDAD

En noviembre de 2020 se elaboró el Anteproyecto L220 kV Arroyo de la Vega Renovables- Arroyo de la Vega REE, en los términos municipales de Paracuellos de Jarama, Alcobendas y San Sebastian de los Reyes.

Dicho Anteproyecto, junto con sus infraestructuras asociadas dentro del mismo expediente, fue presentado ante la Secretaría de Estado de Energía de la Dirección General de Política Energética y Minas del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico el 20 de noviembre de 2020 y fue aceptado a trámite el 11 de diciembre del mismo año. Con fecha 19 de noviembre 2021 se inició el proceso de Información Pública y de consultas a organismos con una actualización del Anteproyecto firmado en fecha 22 de julio de 2021 donde se corregían erratas identificadas.

Una vez finalizado el proceso de Información Pública y Consultas a Organismos, se han recogido las distintas alegaciones/informes presentados por los agentes afectados e interesados. El resultado de este procedimiento de Información Pública y consultas a organismos ha sido el otorgamiento de la Declaración de Impacto Ambiental (“DIA”) por parte de la Subdirección General de Evaluación Ambiental del MITERD publicada en Boletín Oficial del Estado en fecha 31 de enero de 2023, que ha resultado favorable con condicionantes y, en consecuencia, se ha procedido a adaptar el proyecto de la Línea para dar respuesta a los condicionantes indicados en la DIA.

2. OBJETO

El motivo de la realización del presente Proyecto Oficial de Ejecución es recoger las modificaciones necesarias en el Anteproyecto, para incluir en el presente Proyecto Oficial de Ejecución a los condicionantes impuestos en la DIA o aceptados por parte del promotor durante el procedimiento de información pública, en este caso relacionados con el soterramiento de la totalidad de la línea.

Se ha realizado el presente Proyecto, de forma que pasa de ser aérea en su totalidad a ser soterrado en su totalidad a excepción de la Estación de Media Fiscal (EMF) y la entrada a la subestación de REE que son en aéreo.

3. NORMATIVA APLICABLE

Se aplicarán las normas citadas en los documentos que conforman el presente proyecto. Asimismo, se tendrán en cuenta las actualizaciones posteriores a dichas normas y que sean aplicables a este proyecto.

3.1. NORMATIVA DEL SECTOR ELÉCTRICO

- Ley 24/2013, que tiene por objeto establecer la regulación del sector eléctrico con la finalidad de garantizar el suministro de energía eléctrica, y de adecuarlo a las necesidades de los consumidores en términos de seguridad, calidad, eficiencia, objetividad, transparencia y al mínimo coste.
- 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
- Real Decreto 1432/2008, de 29 de agosto, por el que se establecen medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y la electrocución en líneas eléctricas de alta tensión
- 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.
- Real Decreto 1183/2020, de 29 de diciembre, de acceso y conexión a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica.
- Real Decreto-ley 23/2020, de 23 de junio, por el que se aprueban medidas en materia de energía y en otros ámbitos para la reactivación económica.
- Real Decreto 187/2016, de 6 de mayo, por el que se regulan las exigencias de seguridad del material eléctrico destinado a ser utilizado en determinados límites de tensión.
- Real Decreto 1074/2015, de 27 de noviembre, por el que se modifica distintas disposiciones en el sector eléctrico.
- Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.
- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión, y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.

3.2. NORMATIVA AMBIENTAL

La necesidad de realización del Estudio de Impacto Ambiental de este proyecto queda supeditada al Procedimiento de Autorización Ambiental Unificada (AAU) al que se encuentra sometida la actividad, y según lo dispuesto en el Decreto 356/2010, de 3 de agosto, por el que se regula la Autorización Ambiental

Unificada y se modifica el contenido del Anexo I de la mencionada Ley 7/2007. En concreto, la actuación se encuadra en el siguiente epígrafe de la categoría 2. Instalaciones energéticas, del Anexo I de la Ley 7/2007, y en concreto el 2.6.

Cualquier otra normativa ambiental de aplicación estará recogida en el Estudio de Impacto Ambiental asociado a la presente instalación.

4. TITULAR DE LA INSTALACIÓN

Cualquiera de las sociedades señaladas en el objeto del presente proyecto podrá resultar titular de la instalación, una vez obtenga de la Administración competente las correspondientes autorizaciones.

A efectos de notificaciones, el interlocutor será:

IGNIS DESARROLLO S.L.

C.I.F.: B- 87973327

Dirección: Calle Cardenal Marcelo Spínola, 4, 1ºD - 28016 Madrid, España

Teléfono: 910059775

Email: arroyo@ignis.es

5. DESCRIPCIÓN DEL TRAZADO

La línea Aéreo-Subterránea “L/220 kV Arroyo de la Vega Renovables – Arroyo de la Vega REE”, de simple circuito y a la tensión de 220kV tiene su origen en la subestación Arroyo de la Vega Renovables situada en el término municipal de Paracuellos de Jarama (Madrid) y discurre en subterráneo hasta el apoyo denominado como PAS 1, discurrendo por los términos municipales de Paracuellos de Jarama, San Sebastián de los Reyes y Alcobendas (Madrid). La línea, continúa en aéreo desde el apoyo PAS 1, situado en Alcobendas (Madrid) hasta la subestación de Arroyo de la Vega REE situada en el término municipal de Alcobendas (Madrid).

La estación de medida fiscal estará situada a menos de 500 metros de la subestación de Arroyo de la Vega REE, estando descrita en el documento N°9 de este proyecto. La estación de medida fiscal será instalada en el propio apoyo PAS 1.

La línea objeto del presente proyecto “L/220 kV Arroyo de la Vega Renovables – Arroyo de la Vega REE” tiene una **longitud de 0,07 km en aéreo y 4,75 km en subterráneo**, por tanto, la **longitud total de la línea es de 4,82 km** y está distribuida de la siguiente manera:

- TRAMO 1 SUBTERRÁNEO: 4,75 km
- TRAMO 1 AÉREO: 0,07 km

La línea discurre por los términos municipales de Paracuellos de Jarama, San Sebastián de los Reyes y Alcobendas (Madrid)

5.1. DESCRIPCIÓN DEL TRAZADO AÉREO DE LA LÍNEA

La línea aérea tiene su origen en el apoyo PAS 1, situado en el término municipal de Alcobendas (Madrid) y discurre a través de 1 alineación y 1 apoyo que a su vez tiene la función de estación de medida fiscal, hasta la subestación de Arroyo de la Vega REE de la citada línea, situado en el término municipal de Alcobendas (Madrid).

Tiene una longitud de 0,07 km, y discurre por el término municipal ya citado de Alcobendas, situado en la provincia de Madrid.

5.1.1. ALINEACIONES Y TÉRMINOS MUNICIPALES AFECTADOS

A continuación, se muestra el municipio por el que discurren las distintas alineaciones de la línea aérea.

Provincia: Madrid

| | |
|--------------------------|--|
| Término municipal | Alcobendas |
| Apoyos | APOYO PAS 1 - P-ST Arroyo de la Vega REE |

En la siguiente tabla se presentan las alineaciones de la línea objeto del presente Proyecto, junto con sus características fundamentales:

- Apoyos inicial y final
- Ángulo con siguiente alineación en grados sexagesimales
- Longitud en metros

| Nº Alineación | Apoyo inicio | Apoyo final | Ángulo con la siguiente alineación (º) | Longitud (m) |
|---------------|--------------|--------------------------|--|--------------|
| 1 | PAS 1 | ST Arroyo de la Vega REE | 0 | 69,85 |

5.1.2. COORDENADAS DE LOS APOYOS

En la siguiente tabla se presentan las coordenadas de los apoyos de la línea aérea (Zona 30N UTM):

| Nº Apoyo | Denominación | Ángulo (º) | Vano posterior (m) | X _{UTM} | Y _{UTM} | Z _{UTM} |
|-----------------------|-----------------------|------------|--------------------|------------------|------------------|------------------|
| PAS 1 | Apoyo HIGHMETER 220kV | 0 | 69,85 | 449373,5 | 4487422,24 | 614,67 |
| Arroyo de la Vega REE | P-220 | 0 | 0 | 449442,97 | 4487429,49 | 613,44 |

5.2. DESCRIPCIÓN DEL TRAZADO SUBTERRÁNEO DE LA LÍNEA

La línea subterránea tiene una longitud total de 4,75 km, dividida en un único tramo:

- TRAMO 1 SUBTERRÁNEO: 4750 metros, en planta. Discurre por los términos municipales de Paracuellos de Jarama, San Sebastián de los Reyes y Alcobendas (Madrid).

Por tanto, dentro de las longitudes anteriores, no se incluye lo siguiente:

- 11,5 metros de bajada de cable desde el soporte del terminal de transición aéreo subterráneo en los apoyos: PAS 1

El trazado de la línea subterránea tendrá dos (2) perforaciones dirigidas, con las siguientes longitudes:

- Primera perforación dirigida, PD-1 a PD-2: 139,25 metros, para el cruce con el Río Jarama
- Segunda perforación dirigida, PD-3 a PD-4: 142,63 metros, para el cruce con la carretera M-50.

La ubicación de las cámaras de empalme, distribuidas en este proyecto, pueden ser modificadas/eliminadas en una fase posterior de ejecución.

El detalle del recorrido de la línea subterránea se especifica en el documento “Planos” del presente Proyecto.

5.2.1. COORDENADAS DE LOS VÉRTICES Y DE LOS POZOS DE PERFORACIÓN

En la siguiente tabla se presentan las coordenadas de los vértices y de los pozos de perforación dirigida de los tramos de línea subterránea (Zona 30N UTM):

| Vértice Nº | Coord Xutm | Coord Yutm |
|------------|------------|------------|
| 1 | 453162,35 | 4488589,65 |
| PD-1 | 452857,46 | 4488559,47 |
| PD-2 | 452718,21 | 4488559,47 |
| 4 | 452604,66 | 4488562,74 |
| 5 | 452598,27 | 4488564,71 |
| 6 | 452552,71 | 4488593,94 |
| 7 | 452547,16 | 4488595,86 |
| 8 | 452472,21 | 4488603,09 |
| 9 | 452462,39 | 4488609,64 |
| 10 | 452423,89 | 4488681,76 |
| 11 | 452422 | 4488684,39 |
| 12 | 452290,75 | 4488825,16 |
| 13 | 452287,75 | 4488830,73 |
| 14 | 452260,37 | 4488942,95 |
| 15 | 452259,34 | 4488945,71 |
| 16 | 452223,38 | 4489015,67 |
| 17 | 452220,21 | 4489019,61 |
| 18 | 452176,51 | 4489055,59 |
| 19 | 452166,74 | 4489058,31 |
| 20 | 452118,05 | 4489051,12 |
| 21 | 452113,86 | 4489049,71 |
| 22 | 452065,98 | 4489023,41 |
| 23 | 452062,82 | 4489022,2 |
| 24 | 451987,42 | 4489004,48 |
| 25 | 451929,51 | 4488995,22 |
| 26 | 451928,47 | 4488995,1 |
| 27 | 451833,52 | 4488987,95 |
| 28 | 451832,01 | 4488987,93 |
| 29 | 451652,84 | 4488996,01 |
| 30 | 451597,95 | 4489002,61 |
| 31 | 451595,53 | 4489002,67 |

| Vértice Nº | Coord Xutm | Coord Yutm |
|------------|------------|------------|
| 32 | 451494,3 | 4488995,12 |
| 33 | 451492,57 | 4488994,87 |
| 34 | 451375,63 | 4488969,39 |
| 35 | 451286,87 | 4488958,33 |
| 36 | 451283,95 | 4488958,31 |
| 37 | 451209,84 | 4488966,52 |
| 38 | 451201,67 | 4488964,59 |
| PD-3 | 451126,04 | 4488915,63 |
| PD-4 | 451022,98 | 4488817,11 |
| 41 | 450988,68 | 4488794,78 |
| 42 | 450987,05 | 4488793,52 |
| 43 | 450811,21 | 4488632,41 |
| 44 | 450668,48 | 4488511,49 |
| 45 | 450662,94 | 4488508,79 |
| 46 | 450319,33 | 4488437,32 |
| 47 | 450273,1 | 4488424,38 |
| 48 | 450248,17 | 4488415,78 |
| 49 | 450244,28 | 4488415,1 |
| 50 | 450203,34 | 4488414,49 |
| 51 | 450192,83 | 4488408,46 |
| 52 | 450187,15 | 4488399,05 |
| 53 | 450165,09 | 4488367,11 |
| 54 | 450139,4 | 4488325,67 |
| 55 | 450138,25 | 4488323,28 |
| 56 | 450116,72 | 4488262,8 |
| 57 | 450115,57 | 4488260,42 |
| 58 | 450100,37 | 4488235,85 |
| 59 | 450099 | 4488234,04 |
| 60 | 450067,17 | 4488198,87 |
| 61 | 450042,15 | 4488172,77 |
| 62 | 450006,57 | 4488137,79 |
| 63 | 450003,9 | 4488133,92 |
| 64 | 449990,4 | 4488103,26 |
| 65 | 449974,67 | 4488070,3 |
| 66 | 449958,96 | 4488032,04 |
| 67 | 449957,92 | 4488030,04 |
| 68 | 449941,64 | 4488004,65 |
| 69 | 449940,18 | 4488002,79 |
| 70 | 449909,13 | 4487970,13 |
| 71 | 449882,08 | 4487941,97 |
| 72 | 449825,98 | 4487895,91 |
| 73 | 449670,6 | 4487774,67 |

| Vértice Nº | Coord Xutm | Coord Yutm |
|------------|------------|------------|
| 74 | 449619,98 | 4487723,63 |
| 75 | 449580,43 | 4487677,81 |
| 76 | 449578,11 | 4487675,72 |
| 77 | 449533,45 | 4487644,61 |
| 78 | 449529,5 | 4487640,1 |
| 79 | 449493,09 | 4487569,87 |
| 80 | 449491,08 | 4487567,05 |
| 81 | 449470,45 | 4487545,17 |
| 82 | 449451,3 | 4487526,8 |
| 83 | 449448,67 | 4487523,17 |
| 84 | 449441,37 | 4487507,91 |
| 85 | 449432,12 | 4487486,31 |
| 86 | 449429,61 | 4487482,54 |
| 87 | 449419,54 | 4487472,15 |
| 88 | 449409 | 4487460,1 |
| 89 | 449395,52 | 4487449,35 |
| 90 | 449393,54 | 4487447,37 |
| 91 | 449377,95 | 4487433,9 |
| 92 | 449370,2 | 4487427,2 |

5.2.2. COORDENADAS DE LAS CÁMARAS DE EMPALME

Se han proyectado un total de 5 cámaras de empalme, y en la siguiente tabla se recogen las coordenadas de las mismas y los tramos subterráneos en los que se sitúan:

| Tramo LSAT | Cámara de empalme | XUTM | YUTM |
|------------|-------------------|-----------|------------|
| TRAMO 1 | CE 1 | 452425.96 | 4488677.87 |
| TRAMO 1 | CE 2 | 451862.26 | 4488990.11 |
| TRAMO 1 | CE 3 | 451148.69 | 4488930.29 |
| TRAMO 1 | CE 4 | 450458.74 | 4488465.58 |
| TRAMO 1 | CE 5 | 449917.30 | 4487978.73 |

6. CARACTERÍSTICAS DE LA LÍNEA

6.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA LÍNEA AÉREA

Los tramos aéreos de la línea objeto del presente Proyecto tiene como principales características las siguientes:

Sistema Corriente Alterna Trifásica

| | |
|---|--------------------------------------|
| Frecuencia (Hz) | 50 |
| Tensión nominal (KV) | 220 |
| Tensión más elevada de la red (KV) | 245 |
| Potencia máxima de diseño (MVA) | 250 |
| Potencia máxima de transporte (MVA) | 304,46 |
| Categoría | Especial |
| Nº de circuitos | 1 |
| Nº de conductores aéreos por fase | 1 |
| Tipo de conductor aéreo | LA-455 CONDOR |
| Número de cables de fibra óptica | 2 |
| Tipo de cable de fibra óptica | OPGW 64k78 (7540) |
| Número de apoyos | 1 |
| Número de EMF | 1 |
| Longitud total tramos aéreos (m) | 69,85 |
| Provincias afectadas | Madrid |
| Zona de aplicación | ZONA B |
| Nivel de contaminación | IV |
| Tipo de aislamiento | Vidrio |
| Apoyos | Torres Metálicas de Celosía |
| Cimentaciones | Tetrabloque, cilíndricas con cueva |
| Puesta a tierra (frecuentados – tipo PAS) | Anillo cerrado de acero descarburado |
| Origen Línea aérea | AP PAS 1 |
| Final Línea aérea | ST ARROYO DE LA VEGA REE |

6.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES DEL TRAMO AÉREO

6.2.1. CONDUCTORES

El conductor que se va a emplear en la construcción de la línea será de aluminio y acero recubierto de aluminio. A continuación, se definen sus principales características:

| | |
|--|-----------------------------|
| Tipo | SX CONDOR-ACSR-AW |
| Material | Aluminio – Acero recubierto |
| Diámetro (mm) | 27,72 |
| Sección total (mm ²) | 454,5 |
| Peso (daN/m) | 1,491 |
| Carga de rotura (daN) | 12.544 |

| | |
|---|-----------------------|
| Módulo de elasticidad (daN/mm ²) | 6.900 |
| Coefficiente de dilatación lineal (°C ⁻¹) | 19,3·10 ⁻⁶ |
| Resistencia eléctrica con cc a 20°C (Ω/Km) | 0,0718 |
| Composición | 54+7 |

6.2.2. CABLE DE FIBRA ÓPTICA

El cable de tierra compuesto de fibra óptica OPGW a utilizar en la construcción de la línea tendrá las siguientes características:

| | |
|---|-----------------------|
| Denominación..... | OPGW 64k78 (7540) |
| Nº de fibras | 48 |
| Corriente máxima de falta 2s (kA) | 151 |
| Sección total (mm ²) | 143,7 |
| Diámetro total (mm) | 16,4 |
| Peso del cable (kg/m) | 0,773 |
| Carga de rotura (kg) | 11.390 |
| Módulo de elasticidad(daN/mm ²) | 11.410 |
| Coefficiente de dilatación lineal (°C ⁻¹) | 14,8·10 ⁻⁶ |

6.2.3. AISLADORES

Se utilizarán cadenas de aislamiento de vidrio compuestas por aisladores tipo U160BS, para ambos circuitos.

| | |
|--|---------|
| Denominación..... | U160BSP |
| Paso (mm) | 146 |
| Diámetro (mm) | 320 |
| Línea de fuga (mm) | 550 |
| Carga mecánica (daN) | 16.000 |
| Unión normalizada IEC-60120 | 20 |
| Tensión soportada a 50 Hz bajo lluvia (kV) | 55 |
| Tensión soportada Impulso tipo rayo en seco (kV) | 140 |
| Peso neto aproximado (kg) | 8,3 |

6.2.4. HERRAJES

En el Documento “Planos” del presente proyecto, se muestra en detalle las siguientes cadenas de aislamiento que contienen los siguientes herrajes:

- **HERRAJES DEL CONDUCTOR**

Los herrajes serán de acero galvanizado en caliente, y estarán adecuadamente protegidos frente a la corrosión. Éstos cumplirán lo indicado en la norma UNE 21 006.

La cadena de suspensión tendrá los siguientes elementos principales:

- Grillete recto
- Anilla de bola de protección
- Rótula larga de protección
- Grapa de suspensión armada
- Aislador de cadena

La carga de rotura mínima de la cadena de suspensión es 16.000 daN.

La cadena de amarre tendrá los siguientes elementos principales:

- Grillete recto
- Eslabón plano N20
- Tensor de corredera N20
- Horquilla bola protección N20
- Rótula larga de protección N20
- Grapa de compresión para conductores de acero-aluminio
- Aislador cadena de vidrio

La carga de rotura mínima de la cadena de amarre es 16.000 daN.

- **HERRAJES DEL CABLE DE OPGW**

Los herrajes del cable de cable OPGW 64k78 (7540) pueden ser de suspensión o de amarre. En el caso de amarre pueden ser de amarre bajante o de amarre pasante.

Las cadenas de suspensión están compuestas por los siguientes elementos:

- Grillete recto
- Eslabón revirado
- Grapa de suspensión armada
- Manguito
- Varillas de grapa
- Grapa de conexión paralela
- Grapa de conexión a torre

- Tapón terminal

La carga de rotura mínima de la cadena de suspensión es de 5.000 daN.

Las cadenas de amarre bajante están compuestas por los siguientes elementos:

- Grillete recto
- Eslabón revirado
- Tensor de corredera
- Guardacabos
- Retención preformada
- Empalme de protección
- Grapa de conexión a torre

La carga de rotura mínima de la cadena de amarre bajante es de 12.000 daN.

Las cadenas de amarre pasante están compuestas por los siguientes elementos:

- Grillete recto
- Eslabón revirado
- Tensor de corredera
- Guardacabos
- Empalme de protección
- Retención de anclaje
- Grapa de conexión a torre

La carga de rotura mínima de la cadena de amarre pasante es de 12.000 daN.

6.2.5. EMPALMES

La unión de conductores y cables de tierra se efectuará por medio de empalmes comprimidos, con resistencia mecánica, al menos, igual al 95% de la carga de rotura del cable y resistencia eléctrica, igual o menor a la de un cable de la misma longitud.

Los empalmes del cable de tierra serán de acero inoxidable.

6.2.6. BALIZAS

Su función consiste en hacer más visibles los cables de tierra. Se colocarán para señalar la presencia de tendidos eléctricos en zonas con mayor densidad de tráfico aéreo, siguiendo los criterios siguientes:

- En vanos de cruce con autopistas y autovías, para prevenir accidentes de helicópteros que las recorren. Se instalarán 3 balizas, las extremas sobre cada calzada y la tercera en medio de las dos. En caso de existencia de dos hilos de tierra, se colocarán al tresbolillo.
- En zonas próximas a aeropuertos o de especial densidad de tráfico aéreo se seleccionarán los vanos que se encuentren en dicha zona y se instalarán balizas cada 30 m. En caso de existencia de dos hilos de tierra, se colocarán al tresbolillo, quedando separadas en este caso 60 m. en cada hilo de tierra. En cualquier caso se cumplirá lo que especifique la autoridad en materia de navegación aérea.

6.2.7. PUESTA A TIERRA

Todos los apoyos de material conductor, como es el caso de los apoyos metálicos empleados en este proyecto, deberán conectarse a tierra mediante una conexión específica. Para el diseño de la puesta a tierra se tendrá en cuenta el efecto de los cables de tierra a lo largo de la línea

Para poder identificar los apoyos en los que se deben garantizar los valores admisibles de las tensiones de contacto, en el aptdo. 7.3.4.2 del ITC 07 se establece la clasificación de los apoyos según su ubicación:

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

Los apoyos de la línea cumplen las condiciones de Frecuentados.

Por tanto, los apoyos no frecuentados con cimentación tetrabloque tendrán una puesta a tierra en cada pata mediante grapa de conexión, conductor de cobre y pica de puesta a tierra. Los apoyos tipo PAS, también con cimentaciones tetrabloque, tendrán una puesta a tierra con anillo cerrado de acero descarbonado.

El sistema de puesta a tierra se muestra detallado en el documento Planos.

6.2.8. NUMERACIÓN Y AVISO DE PELIGRO

En cada apoyo se marcará el número de orden que le corresponda, el fabricante, la función, denominación según fabricante y el año de fabricación.

La placa de señalización de "riesgo eléctrico" se colocará en el apoyo a una altura visible y legible desde el suelo, pero suficiente para que no pueda ser retirada desde el suelo (aprox. 4 m).

6.2.9. AMORTIGUADORES

En general, tal como expone el apdo. 3.2.2 de la ITC-LAT 07 del RLAT, se recomienda que la tracción a temperatura de 15°C no supere el 22% de la carga de rotura, si se realiza el estudio de amortiguamiento y se instalan dichos dispositivos, o que bien no supere el 15% de la carga de rotura si no se instalan.

Será preciso un estudio de amortiguamiento que se solicitará al fabricante de estos para determinar el número real de amortiguadores y la colocación exacta de estos.

6.2.10. DISPOSITIVOS SALVAPÁJAROS

Según el Real Decreto 1432/2008, de 29 de agosto, por el que se establecen medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y la electrocución en líneas eléctricas de Alta Tensión en su artículo 7 relativo a medidas de prevención contra colisión, se establece que los nuevos tendidos se proveerán de salvapájaros o señalizadores visuales cuando así lo determine el órgano competente de la comunidad autónoma. Se han de colocar en los cables de tierra y si éstos no existiesen, en las líneas en las que únicamente exista un conductor por fase, y se colocarán directamente sobre aquellos conductores que su diámetro sea inferior a 20 mm.

Se estima la utilización de balizas salvapájaros de dos tipos:

- Tipo BAGTR: para las zonas con presencia de aves crepusculares o identificadas como alto riesgo de colisión.
 - Instalación manual o semiautomática mediante máquina sobre el cable de tierra.
 - Cadencia: cada 5 metros en un cable de tierra único y cada 10 metros alternos cuando la línea disponga de dos cables de tierra.

En el Documento Planos se mencionan las características de los salvapájaros descritos.

El tipo de dispositivos salvapájaros, su ubicación, el número total y su colocación definitiva será confirmado en el Estudio de Impacto Ambiental.

6.2.11. APOYOS Y CIMENTACIONES

Los apoyos que se van a utilizar en la construcción de la línea aérea serán del tipo metálicos de celosía de las series HIGHMETER del fabricante IMDEXSA, o similar. La configuración de los apoyos para la línea aérea del presente proyecto será en capa. Esta configuración facilita el respeto de distancias eléctricas y los cruzamientos con otras líneas de tensión.

Los apoyos seleccionados están contruidos con perfiles angulares totalmente atornillados, con el cuerpo formado por tramos tronco-piramidales de sección cuadrada con extensiones de 3 ó 5 m de altura hasta conseguir la altura útil deseada.

El apoyo dispondrá de una simple cúpula en la cual se instalarán dos cables de fibra óptica para realizar la entrada a la subestación de REE.

Las cimentaciones serán de patas separadas, tetrabloque y tipo circular con cueva para todos los apoyos de la línea. Las características dimensionales de las cimentaciones para cada tipo de apoyo pueden consultarse en el documento Anexo1. Cálculos.

| Nº Apoyo | Nombre del Apoyo | Función | Altura Max (m) | GEOMETRÍA DEL APOYO (m) | | | | | |
|----------|-----------------------|------------------|----------------|-------------------------|---|---|------|---|---|
| | | | | b | a | c | h | d | e |
| PAS 1 | Apoyo HIGHMETER 220kV | PAS-FIN DE LÍNEA | 27,65 | 8,5 | 6 | 6 | 7,65 | - | - |

| Nº Apoyo | Nombre del Apoyo | CIMENTACIONES | | | | | | | | | | |
|----------|-----------------------|---------------|---------------------|-------------|------|-----|------|-----|------|-----------------|------------|-------------|
| | | Terreno | Tipo de Cimentacion | Nº de patas | h | a | c | b | H | V exc unit (m3) | V exc (m3) | V horm (m3) |
| PAS 1 | Apoyo HIGHMETER 220kV | Normal | Circular | Tetrabloque | 1,15 | 2,7 | 5,27 | 1,3 | 3,65 | 7,08 | 28,32 | 29,48 |

6.3. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA LÍNEA SUBTERRÁNEA

Estas son las características generales de la línea subterránea:

| | |
|---|---------------------------------------|
| Sistema | Corriente Alterna Trifásica |
| Frecuencia (Hz) | 50 |
| Tensión nominal (KV) | 220 |
| Tensión más elevada de la red (KV) | 245 |
| Categoría | Especial |
| Potencia a transportar (MVA) | 250 |
| Potencia máxima de transporte Circuito (MVA) | 342,38 |
| Número de circuitos | n = 1 |
| Número de cables por fase | n' = 1 |
| Denominación | RHZ1+2OL 127/220 kV 1x1200 MAI + H250 |
| Longitud total subterráneo (km) | 4,75 |
| Provincias afectadas | Madrid |
| Número de cables de fibra óptica | 1 |
| Tipo de cable de fibra óptica | PKP 48 |
| Tipo de instalación | Canalización tubular hormigonada |
| Disposición de los cables | Simple Circuito |
| Inicio tramo subterráneo | SET Arroyo de la Vega Renovables |
| Fin tramo subterráneo | AP PAS 1 |
| Anchura de la zanja | 0,8 m |
| Profundidad de la zanja en terreno de cultivo | 1,8 m |
| Profundidad de la zanja en camino de tierra | 1,45 m |
| Longitud (m) / Puesta a tierra de SUBTERRÁNEO | 4750 / Cross Bonding |

6.4. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES DEL TRAMO SUBTERRÁNEO

6.4.1. CARACTERÍSTICAS DEL CABLE

A continuación, se definen las principales características del conductor de fase subterráneo:

El cable propuesto es un cable de 220 kV con denominación RHZ1+2OL 127/220 kV 1x1200 MAI + H250.

Es un cable de aluminio 127/220 kV de 1x1200 mm² de sección, con aislamiento XLPE, pantalla metálica compuesta de alambres y láminas de cobre unidas a la cubierta exterior con sección de 251,9 mm², y cinta semiconductora de bloqueo al agua, con una cubierta exterior de polietileno ST7 con capa semiconductora de recubrimiento extruido. A continuación, se definen las principales características del cable:

| | |
|---|---------------------------------------|
| Denominación..... | RHZ1+2OL 127/220 kV 1x1200 MAI + H250 |
| Tensión nominal del cable (kV)..... | 127/220 |
| Tensión más elevada en el cable (kV) | 245 |
| Tensión soportada a impulsos tipo rayo (kV) | 1050 |
| Temperatura máxima del conductor (en servicio normal) | 90°C |
| Temperatura máxima del conductor (en cortocircuito) | 250°C |
| Diámetro del conductor (mm) | 43,5 |
| Sección del conductor..... | 1200 mm ² Aluminio |
| Resistencia del conductor cc a 20°C (Ω/km)..... | 0,0247 |
| Aislamiento | XLPE |
| Pantalla | Alambres y Láminas de Cobre |
| Sección de la pantalla (mm ²) | 251,9 |
| Resistencia de la pantalla cc a 20°C (Ω/km) | 0,07187 |
| Diámetro nominal exterior (mm)..... | 108,24 |
| Peso aproximado del cable (kg/km) | 12,064 |
| Esfuerzo máximo de tiro (daN)..... | 3600 |

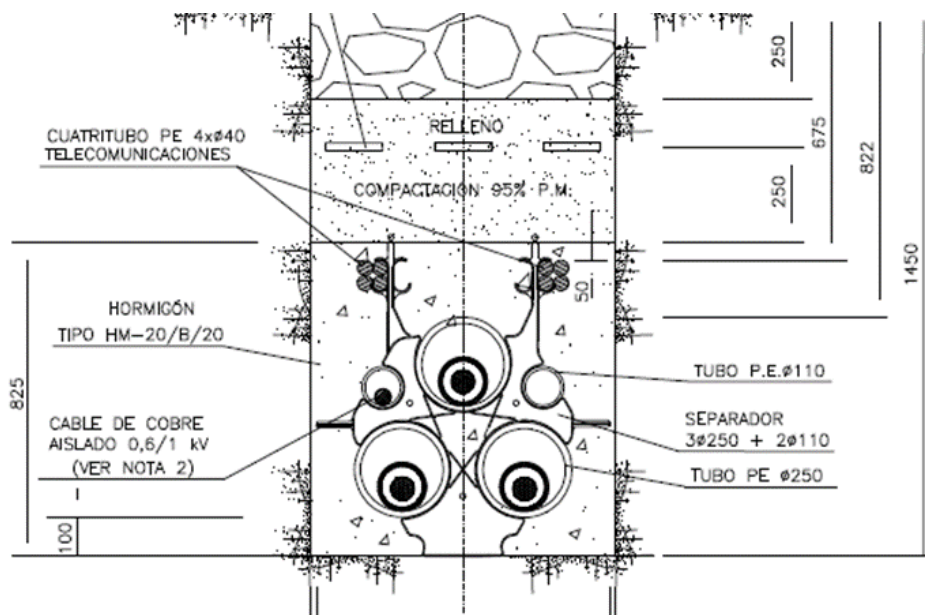
6.4.2. CARACTERÍSTICAS DE LA ZANJA

La canalización de la línea se realizará en configuración de tresbolillo, bajo tubo hormigonado (hormigón HM-20/B/20) de 250 mm de diámetro. Se incluyen unas canalizaciones de tubo de plástico de 110 mm de diámetro para la configuración de puesta a tierra “Cross-Bonding”.

Se enterrarán una distancia tal que el exterior del tubo superior se encuentre a una distancia de la superficie de 0,82 metros y el exterior del tubo inferior se encuentre a 1,35 metros de profundidad. La disposición relativa de los tubos se especifica en la figura.

La puesta a tierra sigue el sistema “Cross-Bonding” a fin de mejorar la ampacidad del conductor.

Se señalizará todo el recorrido mediante cintas de señalización. Se rellenarán las capas superiores de la forma que se indica en la figura atendiendo a la colocación de los cables de comunicaciones.



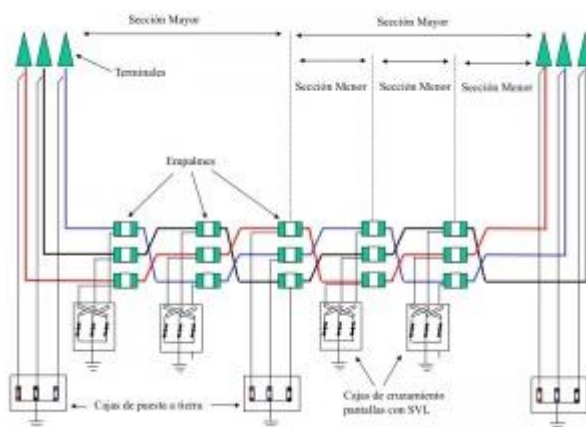
6.4.3. TIPO DE CONEXIÓN PARA PUESTA A TIERRA

Cross - Bonding

Este método consiste esencialmente en la distribución de las pantallas de cable en secciones elementales llamadas secciones menores, y cruzando las pantallas de tal manera que se neutralice la totalidad del voltaje inducido en 3 secciones consecutivas.

Tres secciones menores juntas conforman una sección mayor. En un sistema de cruzamiento de pantallas, la ruta se divide en grupos de 3 longitudes iguales (así el sistema quedará eléctricamente equilibrado), con las pantallas puestas a tierra en los dos extremos de cada sección mayor pero no en todos los otros puntos.

De esta manera se induce una tensión entre la pantalla y tierra, pero se eliminan las corrientes inducidas.



Las 3 pantallas conectadas en serie están asociadas a conductores de diferentes fases y cuando los cables están dispuestos al tresbolillo, sus intensidades, y por lo tanto las tensiones inducidas en las pantallas, tienen la misma magnitud, pero con un desplazamiento de 120°. El resultado global es que la corriente inducida resultante en las tres pantallas son cero.

Este tipo de conexión no requiere un cable de continuidad de tierra.

Con esta conexión de pantallas se puede incrementar considerablemente la intensidad admisible del circuito, particularmente para conductores de sección muy grande. Este sistema se puede aplicar a longitudes grandes. No obstante, en los puntos donde se conecten las pantallas y esta conexión sea accesible, las tensiones inducidas no podrán superar los 65 voltios.

6.4.4. LIMITADORES DE Tensión (SVL)

Cuando el sistema de puesta a tierra lo precise, se instalarán limitadores de tensión de óxido de cinc, dimensionados para no tener ningún efecto limitador frente a sobretensiones temporales, a frecuencia industrial en condiciones normales de funcionamiento y en las condiciones de intensidad máxima de cortocircuito. Deberán conducir para las perturbaciones breves de origen atmosférico o de maniobra, que originan tensiones muy elevadas en los extremos y en los puntos de discontinuidad, limitando estas tensiones a valores admisibles. Se dimensionarán de acuerdo con las condiciones de la instalación a proteger, y cumplirán con los requisitos indicados en la norma UNE-EN 60099-4.

El cálculo referente a los limitadores de tensión se puede encontrar en el Anexo 3 de Cálculo.

6.4.5. CAJAS DE CONEXIÓN TRIPOLARES DE PUESTA A TIERRA

Las cajas de conexión serán de dos tipos, enterradas, cross bonding con descargadores de sobretensión y conexiones directas a tierra y tipo intemperie.

Las tapas serán de acero inoxidable y garantizarán un grado de protección mínimo IP 58 para las cajas de tipo intemperie e IP 68 para cajas enterradas

6.4.6. CARACTERÍSTICAS DEL CONDUCTOR DE FIBRA ÓPTICA SUBTERRÁNEO

El cable de fibra óptica será de tipo OPSYCOM PKP de 48 fibras y estará constituido por un núcleo de fibra de vidrio, en donde se soportarán los cables de fibra óptica.

Contará con cubierta de polietileno de baja densidad de mínimo 0.8 mm de espesor. El cable está reforzado con hilos de poliamida y con una cubierta de polietileno de baja densidad mínimo de 1.5 mm de espesor.

6.4.7. EMPALMES

Se instalarán empalmes prefabricados o premoldeados. Las unidades prefabricadas que conforman el empalme se ensayarán en fábrica.

El empalme se realizará con el enfrentamiento de ambos cables, por lo que serán precisos dos conos deflectores opuestos de control del campo y un recubrimiento para la reducción de dicho campo. Finalmente será necesario un revestimiento conductivo de la superficie del empalme.

Para proteger el empalme contra la humedad y contra posibles daños mecánicos, se recubrirá mediante un alojamiento metálico protegido contra la corrosión y que pueda depositarse directamente enterrado.

El empalme debe poseer buenas características eléctricas y térmicas, siendo capaz de soportar los ciclos de calentamiento y las contracciones/expansiones de los cables. Por ello, se recomiendan los materiales de goma de silicona o EPR.

Por encima del a semiconductora externa debe instalarse un dispositivo para evitar cualquier propagación del agua en el empalme.

La cubierta exterior del empalme debe asegurar la protección mecánica del cuerpo del empalme, constituir una barrera radial de estanqueidad que facilite la reconstrucción del aislamiento y proporcionar un aislamiento eléctrico equivalente al de la cubierta del cable.

6.4.8. CÁMARAS DE EMPALME

Los empalmes y terminales de los conductores subterráneos se efectuarán siguiendo métodos que garanticen una perfecta continuidad del conductor y de su aislamiento, utilizando los materiales adecuados y de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

Las líneas se tenderán en tramos de la mayor longitud posible, de tal forma que el número de empalmes necesario sea el mínimo.

Los empalmes y terminales no deberán disminuir en ningún caso las características eléctricas y mecánicas del cable, debiendo cumplir las siguientes condiciones básicas:

- La conductividad del empalme o terminal deberá ser igual o superior a la de un solo conductor de la misma longitud.
- El aislamiento ha de ser tan efectivo como el aislamiento propio del cable.

- El empalme o terminal debe estar protegido para evitar el deterioro mecánico y la entrada de humedad.
- El empalme o terminal debe resistir los esfuerzos electrodinámicos en caso de cortocircuito, sí como el efecto térmico de la corriente, tanto en régimen normal como en caso de sobrecargas y cortocircuitos.
- Los empalmes y terminales serán premoldeados o preformados y ensayados en fábrica según especificaciones. En el caso de encontrarse con un nivel de tensión de 45, los empalmes y terminales serán preferentemente contráctiles en frío o deslizantes, serán totalmente secos, no admitiéndose ningún tipo de aceite aislante entre el elemento de control de campo y la envolvente exterior.

6.4.9. TERMINALES DE EXTERIOR (TRANSICIÓN AÉREO – SUBTERRÁNEO)

Los terminales de exterior serán de composite y para una tensión de 220 kV nominales. Estos terminales tienen el aislador de composite de pedestal anclado a una base metálica de fundición que a su vez está soportada por una placa metálica. Estos terminales se colocarán en el apoyo PAS y en la subestación de Arroyo de la Vega renovables..

El arranque del conector está protegido por una pantalla contra las descargas parciales.

Se emplea un cono deflector elástico preformado para el control del campo en la terminación del cable, que queda instalado dentro del aislador. El aislador se rellena de aceite de silicona, que no requiere un control de la presión de este.

Se utilizarán manguitos de conexión a presión diseñada para resistir esfuerzos térmicos y electromecánicos durante su funcionamiento habitual y los eventos de cortocircuito.

Esta descripción no corresponde a un tipo de terminal específico, en el momento de la construcción los terminales se determinarán en función de las ofertas reales del fabricante que cumplan con los requisitos de diseño.

6.4.10. AUTOVÁLVULAS

Con objeto de proteger los cables contra las sobretensiones de origen atmosférico, se instalará una autoválvula o pararrayos en cada uno de los extremos de los cables unipolares. Estos elementos se dispondrán entre el tramo aéreo y el terminal.

Serán de óxido de cinc, como elemento activo, y en cada uno de los pararrayos instalados se dispondrá un cable de puesta a tierra aislado independiente en el que se instalará un contador de descargas.

La conexión a tierra del pararrayos no podrá efectuarse a través de la estructura del propio apoyo, sino que dispondrá de una línea de tierra propia.

6.4.11. PERFORACIÓN DIRIGIDA

Los cruzamientos con carreteras, ríos, vías de tren, etc, que no permitan la apertura de zanja a través de ellos, se emplearán el método de la perforación dirigida, que consiste en un topo que realiza una excavación parabólica bajo el cruzamiento a realizar.

Podrán realizarse perforación mediante tubos independientes para cada conductor o bien una vaina de polietileno de alta densidad que agrupe varios conductores.

La perforación subterránea horizontal dirigida sustituye la apertura de zanjas en aquellos ámbitos en los que no sea una opción viable. Se trata de un método rápido, limpio y ecológico.

Anterior al trabajo en campo, debe realizarse un estudio previo. El diseño del trabajo debe ser preciso para la elección de la máquina y útiles adecuados para cada obra. Así pues, es necesario realizar una topografía exacta de la zona de trabajo y una investigación geológica con sondeos de recuperación de testigo continuo para determinar el terreno a perforar.

Una vez en campo, la primera operación a realizar es la construcción del pozo de trabajo con unas dimensiones que dependerán del espacio de trabajo, del diámetro del tubo de revestimiento y de la máquina perforadora a emplear, entre otros. Las dimensiones se medirán desde el eje de la conducción, donde se ubicará la maquinaria de perforación. Los laterales de este pozo se deberán hormigonar o entibar o ataluzar si la profundidad de este, o las condiciones del terreno, así lo exigiesen.

Se deberá realizar una solera para que la máquina perforadora quede asentada bien en el suelo y así evitar el error que pudiera implicar el movimiento de la perforadora (debido a terrenos poco compactos, posibles vibraciones, niveles freáticos...)

En la cara posterior del pozo, visto éste en el sentido de avance, se deberá cuidar la perpendicularidad del eje, y si por la longitud y el diámetro del paso fuese necesario, se construirá un muro de reacción para soportar el empuje máximo a realizar. Una vez instalada la máquina en el pozo de trabajo y comprobadas la línea y cota, se procederá a la bajada del primer tubo de acero, con una longitud habitual de 6 metros, que aloja en su interior la broca de corte y los sinfines de extracción.

La máquina está dotada de un motor-reductor hidráulico que da giro al conjunto de broca y sinfines y de dos mecanismos de empuje, uno para el tubo y otro para el sinfín, lo que permite independizar el avance de cada uno, siendo la naturaleza del terreno, la que determine la posición de la broca dentro de la vaina,

que solo estará avanzada respecto al tubo unos centímetros en terrenos donde la dureza y la estabilidad así lo requieran.

Cuando el primer tubo esté introducido en el terreno, se retirará hacia atrás el mecanismo de empuje, procediéndose a la bajada, alineación y soldadura del segundo tubo. Este ciclo se repite, hasta alcanzar la longitud deseada, tras lo cual se retiran los sinfines del interior de la vaina, quedando ésta dispuesta para colocar en su interior. La conducción deseada, que debe de tener unos centímetros menos de diámetro exterior para facilitar su instalación.

En la salida se necesita abrir un pozo de recepción para recuperar el escudo dirigible este tendrá 3 metros de largo (en el sentido de avance) x 2.5 metros de anchura x 0.80 metros (desde el eje de la perforación).

La tubería que se va a instalar contará con un revestimiento exterior de fibra de vidrio para protección catódica.

Una vez realizada la instalación del tubo principal, se procederá a introducir los conductores eléctricos en sus respectivos tubos. En la misma conducción principal se dispondrán un tubo de telecomunicaciones, así como dos tubos de reserva, uno para el circuito eléctrico y otro para la fibra óptica.

Todas las perforaciones dirigidas necesarias en el proyecto serán estudiadas en cada caso de manera detallada en una fase posterior a la que corresponde este proyecto administrativo. La configuración de dichas perforaciones será elegida en dicha fase.

7. CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN

El programa previsto para la ejecución de la línea, una vez realizado el Proyecto de ejecución y obtenidos todos los permisos y autorizaciones pertinentes por parte de los organismos afectados, tendrá una duración aproximada de siete meses, distribuidos de acuerdo con el siguiente cronograma:

Para el tramo aéreo:

| | | MES 1 | | | | | | | | | | | |
|------|--|-------|--|--|------|--|--|------|--|--|------|--|--|
| | | SEM1 | | | SEM2 | | | SEM3 | | | SEM4 | | |
| 1.0 | L/220kV Arroyo de la Vega Renovables – Arroyo de la Vega REE | | | | | | | | | | | | |
| 1.1 | Replanteo de apoyos | | | | | | | | | | | | |
| 1.2 | Desbroce y tala de arbolado (sólo si aplica) | | | | | | | | | | | | |
| 1.3 | Adecuación de accesos | | | | | | | | | | | | |
| 1.4 | Adecuación de campos de acopio | | | | | | | | | | | | |
| 1.5 | Acopio y clasificación de materiales | | | | | | | | | | | | |
| 1.7 | Excavación de cimentaciones | | | | | | | | | | | | |
| 1.8 | Hormigonado de cimentaciones | | | | | | | | | | | | |
| 1.9 | Montaje de estructuras e izado | | | | | | | | | | | | |
| 1.10 | Tendidos conductores | | | | | | | | | | | | |
| 1.11 | Tensado, regulado y engrapado de conductores | | | | | | | | | | | | |
| 1.12 | Tendidos conductores | | | | | | | | | | | | |
| 1.13 | Tensado, regulado y engrapado de FO | | | | | | | | | | | | |
| 1.14 | Instalación de balizas protección avifauna | | | | | | | | | | | | |
| 1.15 | Señalización | | | | | | | | | | | | |
| 1.16 | Limpieza de áreas afectadas | | | | | | | | | | | | |
| 1.17 | Restauración de terrenos | | | | | | | | | | | | |
| 1.18 | Verificación e inspección inicial | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|---------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 2.0 | Vigilancia medioambiental | | | | | | | | | | | | |
| 3.0 | Seguridad y salud | | | | | | | | | | | | |

Para el tramo subterráneo:

| | | MES 1 | | | | MES 2 | | | | MES 3 | | | | MES 4 | | | | MES 5 | | | | MES 6 | | | |
|------|--|-------|---|---|---|-------|---|---|---|-------|---|---|---|-------|---|---|---|-------|---|---|---|-------|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1.0 | L/220kV Arroyo de la Vega Renovables – Arroyo de la Vega REE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.1 | Replanteo de canalización | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.2 | Desbroce y tala de arbolado (sólo si aplica) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.3 | Adecuación de accesos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.4 | Adecuación de campos de acopio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.5 | Acopio y clasificación de materiales | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.6 | Excavación de zanja | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.7 | Colocación de tubos en la canalización | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.8 | Hormigonado de zanja | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.9 | Reposición del firme | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.10 | Mandrilado de canalización | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.11 | Tendido de conductores | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.12 | Confección de terminales | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.13 | Confección de empalmes (sólo si aplica) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.14 | Pruebas de la instalación en vacío | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.15 | Señalización | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.16 | Limpieza de áreas afectadas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.17 | Restauración de terrenos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.18 | Verificación e inspección inicial | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.0 | Vigilancia medioambiental | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3.0 | Seguridad y salud | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

8. CRUZAMIENTOS

8.1. NORMAS APLICABLES A LÍNEAS AÉREAS

Las normas aplicables a los cruzamientos de esta línea están recogidas en el 5º apartado de la ITC-LAT-07 del vigente Reglamento de condiciones técnicas y de seguridad en líneas de alta tensión aprobado por el Real Decreto 223/2008 de 15 de febrero.

A continuación, se incluye la tabla base a partir de la cual se determinarán las distancias, y posteriormente se detallarán las distancias de seguridad en los distintos casos de cruzamientos necesarios en este Proyecto.

| Tensión más elevada de la red U_s (kV) | D_{el} (m) | D_{pp} (m) |
|--|--------------|--------------|
| 3,6 | 0,08 | 0,10 |
| 7,2 | 0,09 | 0,10 |
| 12 | 0,12 | 0,15 |
| 17,5 | 0,16 | 0,20 |
| 24 | 0,22 | 0,25 |
| 30 | 0,27 | 0,33 |
| 36 | 0,35 | 0,40 |
| 52 | 0,60 | 0,70 |
| 72,5 | 0,70 | 0,80 |
| 123 | 1,00 | 1,15 |
| 145 | 1,20 | 1,40 |
| 170 | 1,30 | 1,50 |
| 245 | 1,70 | 2,00 |
| 420 | 2,80 | 3,20 |

Donde:

- D_{el} : Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase y objetos a potencial de tierra en sobretensiones de frente lento o rápido, D_{el} puede ser tanto interna, cuando se consideran distancias del conductor a la estructura de la torre, como externas, cuando se considera una distancia del conductor a un obstáculo.
- D_{pp} : Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase durante sobretensiones de frente lento o rápido, D_{pp} es una distancia interna.

Distancias entre conductores y a partes puestas a tierra

Este apartado corresponde al 5.4.2 de la ITC-LAT-07 citada anteriormente.

La separación mínima entre los conductores y sus accesorios en tensión y los apoyos no será inferior a D_{el} con un mínimo de 0,2 m.

Por tanto, la distancia mínima será de 1,7 m para líneas de 220 kV.

Distancias al terreno, caminos, sendas y a cursos de agua no navegables

Este apartado corresponde al 5,5 de la ITC-LAT-07 citada anteriormente.

La distancia mínima de los conductores a cualquier punto del terreno, senda, vereda o superficie de agua no navegable será de:

$$D_{add} + Del = 5,3 + Del [m]$$

Con un mínimo de 6 metros.

Por tanto, la distancia mínima será de 7 metros para líneas de 220 kV.

Distancias a otras líneas eléctricas aéreas o líneas aéreas de telecomunicación

Este apartado corresponde al 5,6 de la ITC-LAT-07 citada anteriormente.

Las líneas de telecomunicación serán consideradas como de baja tensión.

En caso de cruzamiento entre líneas eléctricas aéreas, se situará a mayor altura la de tensión más elevada.

Se procurará que el cruce se efectúe en la proximidad de uno de los apoyos de la línea más elevada, pero la distancia entre los conductores de la línea inferior y las partes más próximas de los apoyos de la línea superior no deberá ser inferior a:

$$D_{add} + Del = 1,5 + Del [m]$$

Con un mínimo de:

- 2 metros para líneas de tensión hasta 45kV,
- 3 metros para líneas de tensión superior a 45kV y hasta 66kV,
- 4 metros para líneas de tensión superior a 66kV y hasta 132kV,
- 5 metros para líneas de tensión superior a 132kV y hasta 220kV,
- 7 metros para líneas de tensión superior a 220kV y hasta 400kV.

La mínima distancia vertical entre los conductores de fase de ambas líneas en las condiciones más desfavorables no deberá ser inferior a:

$$D_{add} + D_{pp} [m]$$

| Tensión nominal de la red (kV) | D_{add} (m) |
|--------------------------------|---------------|
| 66 | 2,5 |

| Tensión nominal de la red (kV) | D _{add} (m) |
|--------------------------------|----------------------|
| 132 | 3 |
| 220 | 3,5 |
| 400 | 4 |

Siendo en este caso:

- D_{add} = 3,5 metros
- D_{pp} = 2 metros

Por tanto, la distancia mínima vertical entre los conductores de fase de ambas líneas en el punto de cruce será de 5,5 metros para líneas de 220 kV.

La mínima distancia vertical entre los conductores de fase de la línea superior y los cables de tierra convencionales o compuestos tierra-óptico (OPGW) de la línea inferior en el caso de que existan, no deberá de ser inferior a:

$$D_{add} + Del = 1,5 + Del [m]$$

Con un mínimo de 2 metros.

Por tanto, esta distancia mínima será de 3,2 metros para líneas de 220 kV.

Distancias a carreteras, ferrocarriles, tranvías y trolebuses

Este apartado corresponde a los subapartados 5.7, 5.8 y 5.9 de la ITC-LAT-07 citada anteriormente.

La distancia mínima de los conductores sobre la rasante de las carreteras o por las cabezas de los carriles de los ferrocarriles sin electrificar será de:

$$D_{add} + Del [m]$$

Con una distancia mínima de 7 metros, siendo D_{add} igual a 7,5 para líneas de categoría especial.

Por tanto, esta distancia mínima será de 9,2 metros para líneas de 220 kV.

Para ferrocarriles electrificados, tranvías y trolebuses, la distancia mínima vertical de los conductores de la línea eléctrica, con su máxima flecha vertical, sobre el conductor más alto de todas las líneas de energía eléctrica, telefónicas y telegráficas del ferrocarril será:

$$D_{add} + Del = 3,5 + Del [m]$$

Con un mínimo de 4 metros.

Por tanto, esta distancia mínima será de 5,2 metros para líneas de 220 kV.

Distancias a ríos y canales, navegables o flotables

La distancia mínima vertical de los conductores, con su máxima flecha vertical, sobre la superficie del agua para el máximo nivel que pueda alcanzar ésta será en líneas que sean de categoría especial de:

$$G + D_{add} + D_{el} = G + 3,5 + D_{el} [m]$$

siendo G el gálibo. En el caso de que no exista gálibo definido se considerará este igual a 4,7 metros.

Por tanto, esta distancia mínima será de 9,9 metros (considerando un gálibo de 4,7 metros) para líneas de 220 kV conforme a lo establecido en la ITC 07.

Además, tomando el criterio que marcan varias confederaciones hidráulicas para los cursos de agua, la altura mínima de los conductores en su condición de máxima flecha sobre el nivel de máxima crecida del curso de agua se debe determinar mediante la expresión:

$$H = G + 2,3 + 0,01 \cdot U_N [m]$$

Por defecto, y a expensas de confirmación por parte de las confederaciones afectadas por la línea objeto del presente proyecto, se considerará un gálibo de 10,5 metros sobre embalses y ríos navegables, y de 4,7 metros en el resto de los cruces.

De este modo, la altura mínima de los conductores en su condición de máxima flecha sobre el nivel de máxima crecida del curso de agua resulta ser:

- 15 metros para cruzamientos con embalses y ríos navegables
- 9,2 metros para cruzamientos con el resto de cauce de agua

Esta es la altura mínima que se considerará en el proyecto, dado que es más restrictiva que la establecida por la ITC LAT 07.

Paso por bosques, árboles y masas de arbolado

Este apartado corresponde al 5.12.1 de la ITC-LAT-07 citada anteriormente.

Para evitar las interrupciones del servicio y los posibles incendios producidos por el contacto de ramas o troncos de árboles con los conductores de una línea eléctrica aérea, deberá establecerse una zona de protección de la línea definida por la zona de servidumbre de vuelo, incrementada por la siguiente distancia de seguridad a ambos lados de dicha proyección:

$$D_{add} + D_{el} = 1,5 + D_{el} [m]$$

Con un mínimo de 2 metros.

Por tanto, la zona de servidumbre de vuelo se verá incrementada 3,2 metros a ambos lados de su proyección para líneas de 220 kV.

Edificios, construcciones y zonas urbanas

Este apartado corresponde al 5.12.2 de la ITC-LAT-07 citada anteriormente.

Conforme a lo establecido en el Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, no se construirán edificios e instalaciones industriales en la servidumbre de vuelo, incrementada por la siguiente distancia mínima de seguridad a ambos lados:

$$D_{add} + D_{el} = 3,3 + D_{el} [m]$$

Con un mínimo de 5 metros.

Entonces, para la línea de 220 kV objeto del presente Proyecto, esta distancia será 5 m.

Análogamente, no se construirán líneas por encima de edificios e instalaciones industriales en la franja definida anteriormente.

No obstante, en los casos de mutuo acuerdo entre las partes, las distancias mínimas que deberán existir en las condiciones más desfavorables, entre los conductores de la línea eléctrica y los edificios o construcciones que se encuentren bajo ella, serán las siguientes:

- Sobre puntos accesibles a las personas:

$$5,5 + D_{el} [m]$$

Con un mínimo de 6 metros.

Entonces, para la línea de 220 kV objeto del presente Proyecto, esta distancia será 7,2 metros.

- Sobre puntos no accesibles a las personas:

$$3,3 + D_{el} [m]$$

Con un mínimo de 4 metros.

Entonces, para la línea de 220 kV objeto del presente Proyecto, esta distancia será 5 metros.

Se procurará asimismo en las condiciones más desfavorables, el mantener las anteriores distancias, en proyección horizontal, entre los conductores de la línea y los edificios y construcciones inmediatos.

8.2. NORMAS APLICABLES A LÍNEAS SUBTERRÁNEAS

Las normas aplicables a los cruzamientos de esta línea están recogidas en el 5º apartado de la ITC-LAT-06 del vigente Reglamento de condiciones técnicas y de seguridad en líneas de alta tensión.

8.2.1. CRUZAMIENTOS

Atendiendo a la ITC-LAT 06: LÍNEAS SUBTERRÁNEAS CON CABLES AISLADOS se presentan las características que deben cumplir los cruzamientos de cables subterráneos de alta tensión.

Calles y carreteras

Los cables subterráneos en calles y carreteras se deben colocar en canalizaciones entubadas y hormigonadas en toda su longitud. Se debe cumplir que la profundidad hasta la parte superior del tubo más próximo a la superficie no sea inferior a 0,6 m. Además, siempre que sea posible, el cruce se deberá hacer perpendicular al eje del vial.

Ferrocarriles

Al igual que en calles y carreteras, los cables se colocarán en canalizaciones entubadas hormigonadas y perpendiculares a la vía siempre que sea posible. Se debe cumplir que la profundidad hasta la parte superior del tubo más próximo a la superficie no sea inferior 1,1 m respecto de la cara inferior de la traviesa. Las canalizaciones entubadas rebasarán las vías férreas en 1,5 m por cada extremo.

Otros cables de Energía Eléctrica

Siempre que sea posible, los cables de alta tensión deben discurrir por debajo de los cables de baja tensión. La distancia mínima entre los cables de alta tensión y cualquier otro cable de energía eléctrica debe de ser de 0,25 m. La distancia del punto de cruce a los empalmes no será inferior a 1 m.

En caso de que estas distancias no puedan respetarse, el cable de instalación más reciente se dispondrá separado mediante tubos, conductor o divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y que soporten un impacto de energía de 20 J si el diámetro exterior del tubo no es superior a 90 mm, 28 J si es superior a 90 mm y menor o igual a 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm.

Cables de Telecomunicación

La distancia mínima entre cables de comunicación y cables de energía eléctrica no debe ser inferior a 0,20 m, La distancia del punto de cruce a los empalmes, tanto del cable de energía como del cable de telecomunicación, será superior a 1 m.

Al igual que en cables de energía eléctrica, si estas separaciones mínimas no pueden respetarse el cable instalado más recientemente se dispondrá separado mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y que soporten un impacto de energía de 20 J si el diámetro exterior del tubo no es superior a 90 mm, 28 J si es superior a 90 mm y menor o igual 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm.

Canalizaciones de Agua

La distancia mínima entre cables de energía eléctrica y canalizaciones de agua será de 0,2 m. Por motivos de seguridad, se evitarán tanto el cruce por la vertical de las juntas de canalizaciones de agua como el cruce de los empalmes de canalización eléctrica, situando unas y otros a una distancia siempre superior a 1 m del cruce. En caso de que estas distancias no puedan mantenerse, se realizará el mismo procedimiento que en los dos puntos anteriores: la canalización más reciente se dispondrá separada mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y que soporten un impacto de energía de 20 J si el diámetro exterior del tubo no es superior a 90 mm, 28 J si es superior a 90 mm y menor o igual 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm.

Canalizaciones de Gas

Se mantendrán las distancias mínimas que se presentan en la *Tabla: Distancias En Cruzamientos con Canalizaciones de Gas*, recogida en la ITC 06:

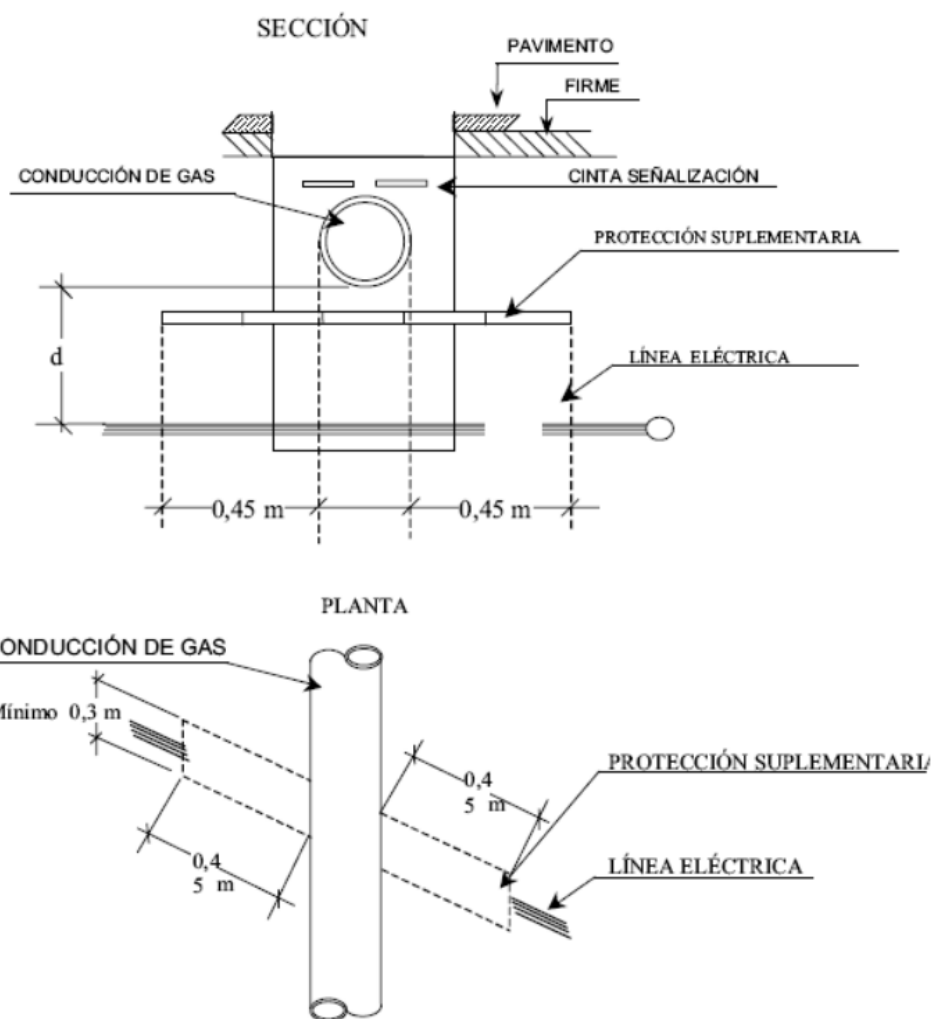
| | Presión de la instalación de gas | Distancia mínima (d) sin protección suplementaria | Distancia mínima (d) con protección suplementaria |
|------------------------------------|----------------------------------|---|---|
| Canalizaciones y acometidas | En alta presión > 4 bar | 0,40 m | 0,25 m |
| | En media y baja presión ≤ 4 bar | 0,40 m | 0,25 m |
| Acometida interior* | En alta presión > 4 bar | 0,40 m | 0,25 m |
| | En media y baja presión ≤ 4 bar | 0,40 m | 0,25 m |

Distancias en Cruzamientos con Canalizaciones de Gas

** Acometida interior: Es el conjunto de conducciones y accesorios comprendidos entre la llave general de acometida de la compañía suministradora (sin incluir ésta) y la válvula de seccionamiento existente en la estación de regulación y medida. Es la parte de acometida propiedad del cliente.*

Según establece la normativa, en caso de que por causa justificada no se puedan mantener las distancias expuestas, podrá reducirse mediante colocación de una protección suplementaria hasta los mínimos establecidos en la tabla anterior. Esta protección deberá estar constituida por materiales preferentemente cerámicos.

La protección suplementaria garantizará una mínima cobertura longitudinal de 0,45 metros a ambos lados del cruce y 0,30 metros de anchura centrada con la instalación que se pretende proteger, de acuerdo con la figura adjunta:



Sección de Canalizaciones de Gas

En caso de no poder cumplirse con la distancia mínima con protección suplementaria se pondrá en conocimiento de la empresa propietaria de la conducción de gas, para que indique las medidas a aplicar en cada caso.

En el caso de línea subterránea de alta tensión con canalización entubada, se considerará como protección suplementaria el propio tubo, no siendo de aplicación las coberturas mínimas indicadas anteriormente. Los tubos estarán constituidos por materiales con adecuada resistencia mecánica, una resistencia a la compresión de 450 N y que soporten un impacto de energía de 20 J si el diámetro exterior del tubo no es superior a 90 mm, 28 J si es superior a 90 mm y menor o igual 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm.

Conducciones de Alcantarillado

Siempre que sea posible, los cables deberán pasar por encima de las conducciones de alcantarillado, y nunca se deberá incidir en su interior. Únicamente se admitirá incidir en su pared si se asegura que ésta no ha quedado debilitada. En caso contrario, se pasará por debajo y los cables quedarán separados mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y que soporten un impacto de energía de 20 J si el diámetro exterior del tubo no es superior a 90 mm, 28 J si es superior a 90 mm y menor o igual 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm.

Depósitos de Carburante

Los cables se dispondrán separados mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y que soporten un impacto de energía de 20 J si el diámetro exterior del tubo no es superior a 90 mm, 28 J si es superior a 90 mm y menor o igual 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm. Los tubos distarán, como mínimo, 1,20 metros del depósito, Los extremos de los tubos rebasarán al depósito, como mínimo, 2 metros por cada extremo.

8.2.2. PARALELISMOS

Otros cables de Energía Eléctrica

Los cables subterráneos de alta tensión se podrán instalar paralelamente a otros (de baja o alta tensión) manteniendo entre ellos una distancia mínima de 0,25 m.

En caso de que no sea posible aplicar esta distancia, se procederá de igual modo que en casos anteriores, es decir, cuando no se pueda respetar esta distancia la conducción más reciente se dispondrá separada mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y que soporten un impacto de energía de 20 J si el diámetro exterior del tubo no es superior a 90 mm, 28 J si es superior a 90 mm y menor o igual 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm.

En el caso que un mismo propietario canalice a la vez varios cables de A.T. del mismo nivel de tensiones, podrá instalarlos a menor distancia, pero los mantendrá separados entre sí con cualquiera de las protecciones citadas anteriormente.

Cables de Telecomunicación

La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y los de telecomunicación será de 0,20 metros. Cuando no pueda mantenerse esta distancia, la canalización más reciente instalada se dispondrá separada mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica, con

una resistencia a la compresión de 450 N y que soporten un impacto de energía de 20 J si el diámetro exterior del tubo no es superior a 90 mm, 28 J si es superior a 90 mm y menor o igual 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm.

Canalizaciones de Agua

La distancia mínima entre las canalizaciones de agua y los cables de energía eléctrica será de 0,20 m. Por otro lado, la distancia mínima entre los empalmes de los cables y las juntas de las canalizaciones será de 1 m. Al igual que en casos anteriores, si no se puede mantener esta distancia mínima, la canalización más reciente se dispondrá separada mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y que soporten un impacto de energía de 20 J si el diámetro exterior del tubo no es superior a 90 mm, 28 J si es superior a 90 mm y menor o igual 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm.

Por otro lado, siempre que sea posible, se deberá mantener una distancia mínima de 0,20 m en proyección horizontal y la canalización del agua debe quedar por debajo del nivel del cable eléctrico.

Por último, las arterias importantes de agua se dispondrán alejadas de forma que se aseguren distancias superiores a 1 metro respecto a los cables eléctricos de alta tensión.

Canalizaciones de Gas

Se mantendrán las distancias mínimas que se presentan en la *Tabla: Distancias En Paralelismos con Canalizaciones de Gas*, recogida en la ITC 06:

| | Presión de la instalación de gas | Distancia mínima (d) sin protección suplementaria | Distancia mínima (d) con protección suplementaria |
|------------------------------------|----------------------------------|---|---|
| Canalizaciones y acometidas | En alta presión > 4 bar | 0,40 m | 0,25 m |
| | En media y baja presión ≤ 4 bar | 0,25 m | 0,15 m |
| Acometida interior* | En alta presión > 4 bar | 0,40 m | 0,25 m |
| | En media y baja presión ≤ 4 bar | 0,20 m | 0,10 m |

Distancias en Paralelismos con Canalizaciones de Gas

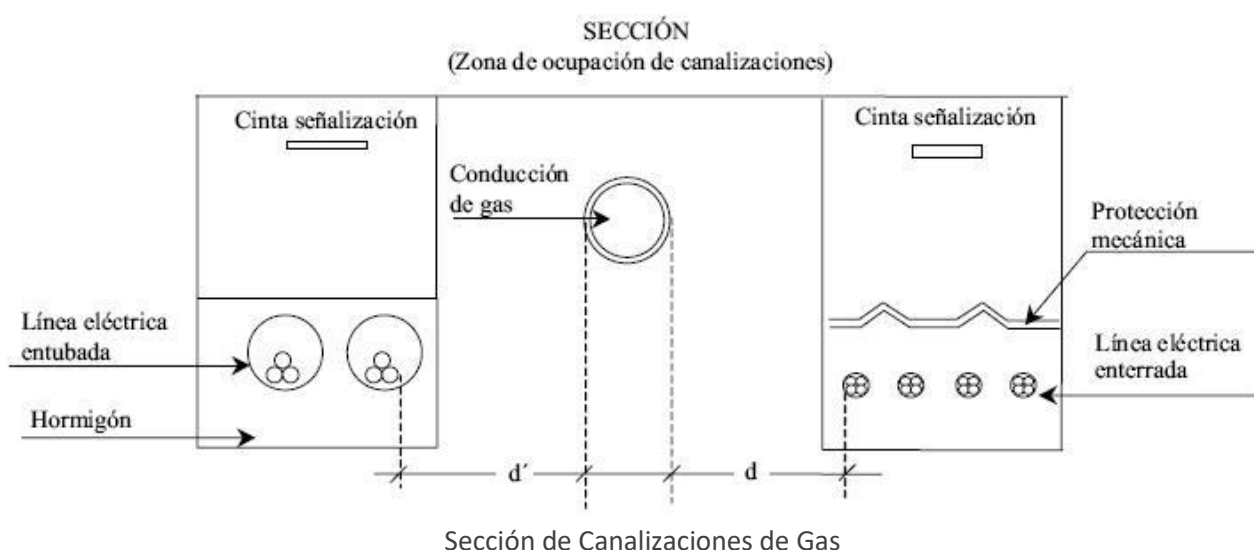
* *Acometida interior: Es el conjunto de conducciones y accesorios comprendidos entre la llave general de acometida de la compañía suministradora (sin incluir ésta), y la válvula de seccionamiento existente en la estación de regulación y medida. Es la parte de acometida propiedad del cliente.*

Según establece la normativa, en caso de que por causa justificada no se puedan mantener las distancias expuestas, podrá reducirse mediante colocación de una protección suplementaria hasta los mínimos

establecidos en la tabla anterior. Esta protección deberá estar constituida por materiales preferentemente cerámicos o por tubos de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y que soporten un impacto de energía de 20 J si el diámetro exterior del tubo no es superior a 90 mm, 28 J si es superior a 90 mm y menor o igual 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm.

La distancia mínima entre los empalmes de los cables de energía eléctrica y las juntas de las canalizaciones de gas será de 1 metro.

Se presenta en la siguiente imagen un diagrama de la zona de ocupación de canalizaciones:



8.2.3. ACOMETIDAS (CONEXIONES DE SERVICIO)

En el caso de que alguno de los dos servicios que se cruzan o discurren paralelos sea una acometida o conexión de servicio a un edificio, deberá mantenerse entre ambos una distancia mínima de 0,30 metros.

Cuando no pueda respetarse esta distancia, la conducción más reciente se dispondrá separada mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y que soporten un impacto de energía de 20 J si el diámetro exterior del tubo no es superior a 90 mm, 28 J si es superior a 90 mm y menor o igual 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm.

La entrada de las acometidas o conexiones de servicio a los edificios, tanto cables de baja tensión como de alta tensión en el caso de acometidas eléctricas, deberá taponarse hasta conseguir su estanqueidad.

8.3. RESUMEN DE DISTANCIAS

A continuación, se muestra un resumen de las distintas distancias de seguridad en los distintos casos particulares:

8.3.1. LÍNEAS AÉREAS

| Distancias de aislamiento | |
|---------------------------------|------------------------|
| Distancia | Tensión nominal 220 kV |
| Distancia a masa (m) | 1,7 |
| Distancia a fase (m) | 2,0 |
| Distancia mínima al terreno (m) | 7 |
| Bosques y árboles (m) | 3,2 |

| Distancias verticales en cruzamientos | |
|---|--|
| Distancia mínima a | Tensión nominal 220 kV |
| Caminos o sendas (m) | 7 |
| Cursos de agua no navegables (m) | 7 |
| Líneas eléctricas o líneas de telecomunicación (distancia a conductores) (m) | 5,5 |
| Líneas eléctricas o líneas de telecomunicación (distancia a cables de guarda) (m) | 3,2 |
| Carreteras y ferrocarriles sin electrificar (m) | 9,2 |
| Ferrocarriles electrificados, tranvías o trolebuses (m) | 5,2 a conductor más alto de todas las líneas del ferrocarril |
| Ríos y canales, navegables o flotables (m) | G+5,2 |

8.3.2. LÍNEAS SUBTERRÁNEAS

| Distancias en cruzamientos | |
|---------------------------------------|---|
| Distancia mínima a | Distancia mínima (salvo excepciones) |
| Calles y carreteras (m) | 0,6 |
| Ferrocarriles (m) | 1,1 |
| Otros cables de Energía Eléctrica (m) | 0,25 |
| Cables de Telecomunicación (m) | 0,20 |
| Canalizaciones de Agua (m) | 0,20 |
| Canalizaciones de Gas | Ver tabla: Distancias En Cruzamientos con Canalizaciones de Gas |
| Conducciones de Alcantarillado | No se rigen por norma general |
| Depósitos de Carburante | |
| Acometidas | 0,30 |

| Distancias en paralelismos | |
|---------------------------------------|---|
| Distancia mínima a | Distancia mínima (salvo excepciones) |
| Otros cables de Energía Eléctrica (m) | 0,25 |
| Cables de Telecomunicación (m) | 0,20 |
| Canalizaciones de Agua (m) | 0,20 |
| Canalizaciones de Gas | Ver tabla: Distancias En Paralelismos con Canalizaciones de Gas |
| Acometidas | 0,30 |

8.4. RELACIÓN DE CRUZAMIENTOS, PARALELISMOS Y ORGANISMOS AFECTADOS

A continuación, se muestra un resumen de los cruzamientos de la línea, así como sus organismos afectados:

Tramo subterráneo:

| Cruzamiento | Vértice inicial | Vértice final | Cruzamientos | Paralelismos | Organismos afectados |
|-------------|-----------------|---------------|---|-----------------------------|--|
| Csat-1 | PD-1 | PD-2 | Laguna de Belvis | | Confederación Hidrográfica del Tajo |
| Csat-2 | | | Río Jarama | | Confederación Hidrográfica del Tajo |
| Csat-3 | 5 | 6 | Colada del Camino del Monte | | Vías Pecuarias. Dirección General de Agricultura, Ganadería y Alimentación de la Comunidad de Madrid |
| Csat-4 | 11 | 12 | Línea Eléctrica M.T.20 kV | | i-DE |
| Csat-5 | | | Colada del Camino del Monte | | Vías Pecuarias. Dirección General de Agricultura, Ganadería y Alimentación de la Comunidad de Madrid |
| Csat-6 | 21 | 22 | Colada del Camino de Barajas a Torrelaguna | | Vías Pecuarias. Dirección General de Agricultura, Ganadería y Alimentación de la Comunidad de Madrid |
| Csat-7 | 24 | 27 | Línea Eléctrica M.T.20 kV | | i-DE |
| Csat-8 | | | Línea Eléctrica de 400 kV "400LOE-SSR/400MOT-SSR" | | REE |
| Csat-9 | PD-3 | PD-4 | Autovía M-50 | | Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana |
| Csat-10 | 43 | 45 | Colada del Camino del Monte | | Vías Pecuarias. Dirección General de Agricultura, Ganadería y Alimentación de la Comunidad de Madrid |
| Csat-11 | | | Colada del Camino del Monte | | Vías Pecuarias. Dirección General de Agricultura, Ganadería y Alimentación de la Comunidad de Madrid |
| Psat-1 | 45 | 48 | | Colada del Camino del Monte | Vías Pecuarias. Dirección General de Agricultura, Ganadería y Alimentación de la Comunidad de Madrid |
| Csat-12 | 49 | 50 | Colada del Camino de Burgos | | Vías Pecuarias. Dirección General de Agricultura, |

| Cruzamiento | Vértice inicial | Vértice final | Cruzamientos | Paralelismos | Organismos afectados |
|-------------|-----------------|---------------|---|-----------------------------|--|
| Psat-2 | 50 | 78 | | Colada del Camino de Burgos | Ganadería y Alimentación de la Comunidad de Madrid Vías Pecuarias. Dirección General de Agricultura, Ganadería y Alimentación de la Comunidad de Madrid |
| Csat-13 | 60 | 61 | Canal Isabel II Saneamiento | | Canal de Isabel II |
| Csat-14 | 72 | 73 | Canal Isabel II Saneamiento | | Canal de Isabel II |
| Csat-15 | 73 | 74 | Canal Isabel II Saneamiento | | Canal de Isabel II |
| Csat-16 | 74 | 75 | Línea Eléctrica de M-T. | | i-DE |
| Csat-17 | | | Camino del Juncal (Asfalto) | | Ayuntamiento de San Sebastián de los Reyes |
| Csat-18 | | | Línea Eléctrica de 220kV San Sebastián de los Reyes - AENA | | REE |
| Csat-19 | | | Línea Eléctrica de 220kV San Sebastián de los Reyes – Arroyo de la Vega | | REE |
| Csat-20 | 80 | 82 | Colada del Arroyo de la Vega | | Vías Pecuarias. Dirección General de Agricultura, Ganadería y Alimentación de la Comunidad de Madrid |
| Csat-21 | | | Arroyo de la Vega | | Confederación Hidrográfica del Tajo |

Tramo aéreo:

| Alineación | Cruzamiento | Apoyo inicial | Apoyo final | Cruzamientos | Paralelismos | Organismos afectados |
|------------|-------------|---------------|---------------------------|-----------------------------|--------------|--|
| 1 | C-1 | PAS 1 | SET Arroyo de la Vega REE | Escorrentía | | Confederación Hidrográfica del Tajo |
| | C-2 | | | Línea Telefónica | | Telefónica, S.A. |
| | C-3 | | | Colada del Camino de Burgos | | Vías Pecuarias. Dirección General de Agricultura, Ganadería y Alimentación de la Comunidad de Madrid |

9. ORGANISMOS AFECTADOS

A continuación, se presenta un listado resumen de los organismos afectados por la presente L/220kV Arroyo de la Vega Renovables – Arroyo de la Vega REE.

- Ayuntamiento de Paracuellos de Jarama (Madrid)
- Ayuntamiento de San Sebastián de los Reyes (Madrid)
- Ayuntamiento de Alcobendas (Madrid)
- Confederación Hidrográfica del Tajo
- I-DE Redes Eléctricas Inteligentes S.L.U.
- Vías Pecuarias. Dirección General de Agricultura, Ganadería y Alimentación de la Comunidad de Madrid
- Canal de Isabel II.
- Red de Carreteras del Estado. Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana
- Red Eléctrica de España, S.A.
- Telefónica, S.A.
- Agencia Española de Seguridad Aérea, AESA. Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana.

10. CONCLUSIÓN

Considerando expuestas en esta memoria del Proyecto de Ejecución de la Línea “L/220kV Arroyo de la Vega Renovables – Arroyo de la Vega REE”, todas las razones que justifican la construcción de la misma, se espera sea concedida **la Autorización Administrativa de Construcción, así como la Declaración, en concreto, de Utilidad Pública** a efecto de imposición de servidumbres para el paso de la línea a través de los terrenos afectados por las obras de acuerdo con la ley 24/2013 de 26 de diciembre del Sector Eléctrico.

Madrid, abril de 2023

Dña. María Inmaculada Blázquez García

Ingeniera Industrial y del ICAI

Col. Nº 3694/2924